

# **Cœur et sports à contraintes particulières** **- Les sports aériens -**

## **Données actuelles avec les activités/aéronefs de nouvelle génération**

**M. MONTEIL, N. HUIBAN, L. CORGIE, F-X. BROCCQ, H. GOMMEAUX**  
**CEMPN, HIA Sainte-Anne, Toulon**

Conflit d'intérêt : aucun, si ce n'est  
... 27 ans de médecine aéro

**PN = Personnel Navigant**

# Sports aériens ?

## Vocabulaire des sports

- Académie française ?
- Legifrance ?

## Autres

### Vocabulaire des sports

Enrichissement de la langue française

2011  
Termes, expressions et définitions publiés au Journal officiel  
Premier ministre  
Commission générale de terminologie et de néologie



### Sports aériens

- Aviation
- Deltaplane
- Hélicoptère
- Montgolfière avec compétition
- Parachutisme
- Parapente
- Planeur
- ULM
- Vol à voile
- Voltige et autres sports aéronautiques
- Autre(s) sport(s) aérien(s)

Fédération Française Aéronautique (FFA)



Delta Parapente Cerf-volant Kite Boomerang

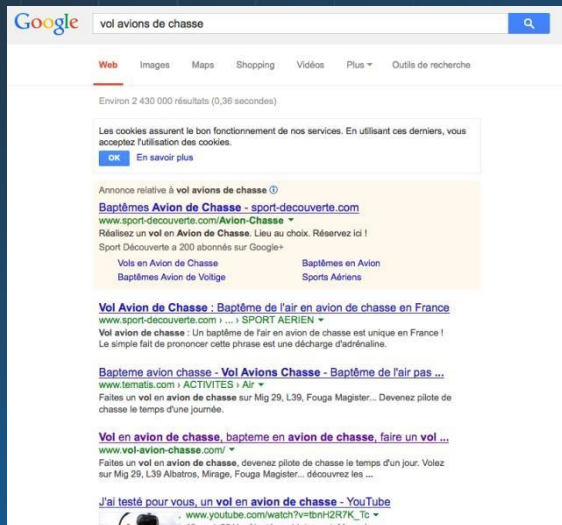
### Liste des sports aériens

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| <b>LETTRE A</b><br>Accrobranche<br>Aéromodélisme<br>Aérostation<br>Aviation | <b>LETTRE G</b><br>Giraviation                             | <b>LETTRE U</b><br>ULM         |
| <b>LETTRE C</b><br>Cerf volant  | <b>LETTRE H</b><br>Handisport                              | <b>LETTRE V</b><br>Vol à voile |
| <b>LETTRE D</b><br>Deltaplane   | <b>LETTRE M</b><br>Modélisme                               |                                |
|   | <b>LETTRE P</b><br>Parachutisme<br>Paramoteur<br>Parapente |                                |

Et pourquoi pas le kitesurf ... ?

# □ et puis ...

## • vol occasionnel sur avion de chasse



Google vol avions de chasse

Web Images Maps Shopping Vidéos Plus Outils de recherche

Environ 2 430 000 résultats (0,36 secondes)

Les cookies assurent le bon fonctionnement de nos services. En utilisant ces derniers, vous acceptez l'utilisation des cookies.

OK En savoir plus

Annonce relative à vol avions de chasse

**Baptêmes Avion de Chasse - sport-decouverte.com**  
www.sport-decouverte.com/Avion-Chasse  
Réalisez un vol en Avion de Chasse. Lieu au choix. Réservez ici !  
Sport Découverte a 200 abonnés sur Google+  
Vols en Avion de Chasse Baptêmes en Avion Sports Aériens  
Baptêmes Avion de Voltige

**Vol Avion de Chasse : Baptême de l'air en avion de chasse en France**  
www.sport-decouverte.com > ... > SPORT AERIEN  
Vol avion de chasse : Un baptême de l'air en avion de chasse est unique en France !  
Le simple fait de prononcer cette phrase est une décharge d'adrénaline.

**Baptême avion chasse - Vol Avions Chasse - Baptême de l'air pas ...**  
www.tematta.com > ACTIVITES > Air  
Faites un vol en avion de chasse sur Mig 29, L39, Fouga Magister... découvrez les temps de chasse le temps d'une journée.

**Vol en avion de chasse, baptême en avion de chasse, faire un vol ...**  
www.vol-avion-chasse.com/ >  
Faites un vol en avion de chasse, devenez pilote de chasse le temps d'un jour. Volez sur Mig 29, L39 Albatros, Mirage, Fouga Magister... découvrez les ...

**J'ai testé pour vous, un vol en avion de chasse - YouTube**  
www.youtube.com/watch?v=bnH2R7K\_Tc  
18 sept. 2011 - Alcatraz par l'InternetMarketing

### Choisissez votre base d'envol

Le vol en avion de chasse est possible dans de nombreux pays. Choisissez votre base d'envol en fonction du choix de l'avion sur lequel vous souhaitez voler. Et pendant que vous êtes à destination, profitez-en pour faire un peu de tourisme et découvrir des lieux parfois surprenants.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <br>Vols en France     | <br>Vols en Afrique du Sud | <br>Vols en Russie |
| <br>Vols en Angleterre | <br>Vols aux USA           | <br>Vols en Suisse |
| <br>Vols en Lettonie   |  |   |

## • vol Zéro G

# Principes Généraux

Sécurité des vols et des personnes transportées (et survolées) + accomplissement des missions (militaires)  
= 3 règles

- Absence de cause susceptible de mettre le navigant dans l'incapacité d'exercer ses fonctions : *incapacité subite et subtile*
- Absence de **pathologie** susceptible d'être **aggravée par le vol**
- Capacité d'exercer toutes les tâches liées à la fonction **en toutes circonstances** (conditions nominales mais aussi dégradées)

# La cardiologie en médecine aéronautique

Affections CV =  
les plus susceptibles d'entraîner  
une **incapacité en vol**

**Mort subite/Syncope/Lipothymie/Dyspnée/  
Palpitations ...**

# La cardiologie en médecine aéronautique

- Affections CV = **chez les professionnels/militaires** :  
**2° cause d'inaptitude** en visite révisionnelle (1° OPH) et **3°**  
en admission (1° OPH, 2° ORL)
- Vieillesse du système cardiovasculaire  
= variable et difficile à évaluer  
et ↑ population âgée en aéronautique « *loisirs* »
- **Nombreuses interactions  
entre vol et système cardiovasculaire**

# Les contraintes aéronautiques

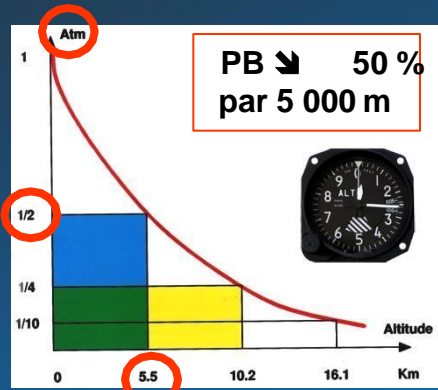
## Effets du vol ?

- \* Aigus = risques immédiats
- \* Cumulatifs = risques à terme

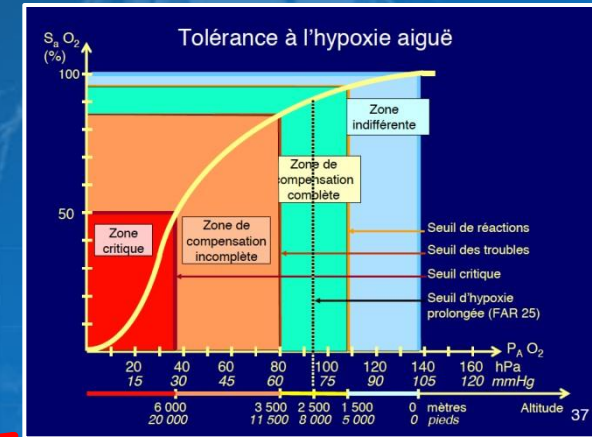


# Contraintes liées au milieu

## • Diminution de la pression barométrique et variations de pression



|                         |  |                       |  |
|-------------------------|--|-----------------------|--|
| Variations de $P_B$     | Gaz oclus dans des cavités closes ou semi-closes | Loi de Boyle-Mariotte | Barotraumatismes                         |
| Diminution de $P_B$     | (cas particulier)                                |                       | Ébullisme                                |
| Diminution de $P_{N_2}$ | Gaz dissous dans les liquides de l'organisme     | Loi de Henry          | Maladie de décompression (aéroembolisme) |
| Diminution de $P_{O_2}$ | Gaz combiné chimiquement dans l'organisme        |                       | Hypoxie                                  |



- Conditions thermiques et hygrométriques
- Turbulences (conditions météo)
- *Microgravité, Radiations*  
(espace)

# Contraintes liées à l'aéronef

- **Accélération**s
- **Vibrations**
- **Confinement**
- **Bruit**
- **Mouvement (cinétose, illusions sensorielles)**
- **Accidents (toxiques, crash, éjection)**

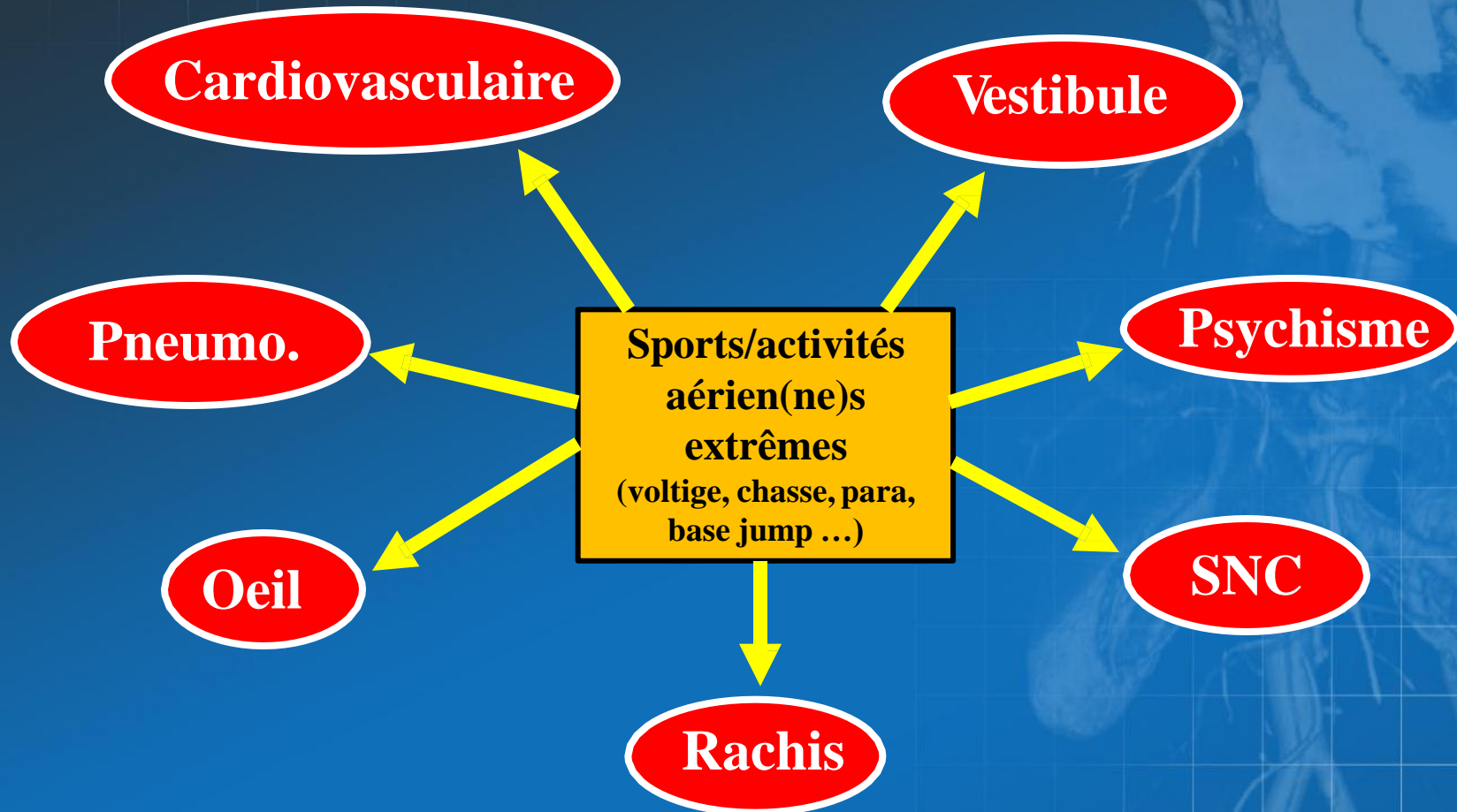
# Contraintes liées aux activités

- **Pression temporelle**
- **Stress (combat, panne...)**
- **Fatigue**
- **Horaires décalés et Jet-Lag**
- **Champs électromagnétiques (CEM)**

# Contraintes aéronautiques générales

|                                  | AVIONS<br>de<br>LIGNE | AVIONS<br>PRIVES<br>(LOISIR) | TRANSPORT<br>/SURVEILLANCE<br>MILITAIRE | HELICO.<br>HELICOPTÈRES | AVIONS<br>de<br>CHASSE | SPORTS<br>AERIENS                                |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|---|-------------------------|------------------------|--|
| <u>Liées au milieu</u>           |                       |                              |   |                         |                        |  |
| <b>HYPOXIE</b>                   | (2400 m)              | ++                           | ++                                      | +                       | +++                    | ++ vol à voile                                   |
| BAROTRAUMATISMES                 | (0)                   | 0                            | +                                       | +                       | ++                     |  |
| DECOMPRESSION                    | (plongée)             | 0                            | +                                       | 0                       | +                      |  |
| TEMPERATURE                      | 0                     | +                            | ++                                      | +++                     | +++                    | +++ para, V à V                                  |
| HYGROMETRIE                      | +                     | 0                            | ++                                      | ++                      | 0                      |  |
| RADIATIONS                       | 0 (sauf Concorde)     | 0                            | 0                                       | 0                       | +                      |  |
| <u>Liées à l'aéronef</u>         |                       |                              |   |                         |                        |  |
| <b>ACCELERATIONS</b>             | 0                     | voltige                      | 0                                       | 0                       | +++                    | +++<br>nouvelles voiles para                     |
| VIBRATIONS                       | +                     | +                            | +                                       | +++                     | ++                     | ++ V à V   |
| CONFINEMENT                      | ++                    | +                            | ++                                      | ++                      | +++                    |  |
| BRUIT                            | +                     | ++                           | ++                                      | ++                      | ++                     |  |
| MOUVEMENTS                       | +                     | +                            | ++                                      | ++                      | +++                    |  |
| ACCIDENTS                        | 0                     | +                            | +                                       | ++                      | +++                    | +++ traumato arrivée<br>sol = para, ballon libre |
| <u>Liées au x activités</u>      |                       |                              |   |                         |                        |  |
| PRESSION TEMPORELLE              | +++                   | 0                            | ++                                      | ++                      | +++                    |  |
| <b>STRESS</b> (= catécholamines) | +                     | ++                           | ++                                      | ++                      | +++                    | +++ para = sortie<br>avion,                      |
| FATIGUE                          | ++                    | +                            | ++                                      | ++                      | ++                     | Base Jump/Wingsuit                               |
| JET-LAG                          | +++                   | 0                            | +++                                     | 0                       | 0                      | /paralpinisme                                    |
| CEM                              | +                     | 0                            | ++                                      | ++                      | +++                    | = poussée/exit                                   |

# Contraintes CV, mais pas que !



# Contraintes aéronautiques et système cardiovasculaire

1) ACCELERATIONS

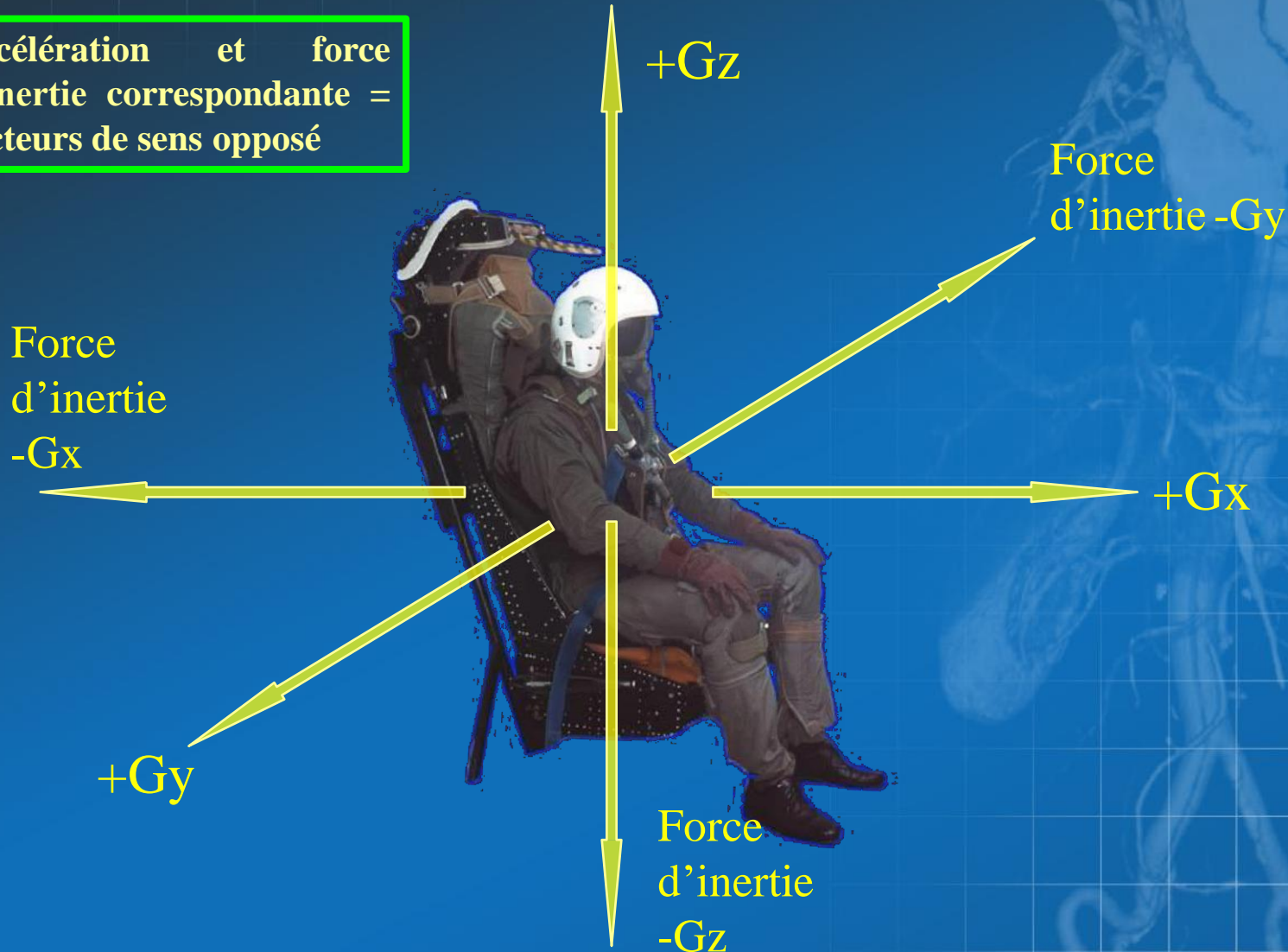
2) Hypoxie

3) Autres (stress, charge de travail, confinement, immobilité, chaleur...)

4) Cas particulier : microgravité = **ESPACE**

# Classification des accélérations en fonction de leur direction

Accélération et force d'inertie correspondante = vecteurs de sens opposé



# Rôle des accélérations +Gz sur le système cardiovasculaire

| +G <sub>z</sub> | Intensité | Durée        | Facteur limitant |
|-----------------|-----------|--------------|------------------|
| 1945 - 1950     | + 5 Gz    | 1 sec        | AVION            |
| 1950 - 1970     | + 7 Gz    | quelques sec | Avion + pilote   |
| ➤ 1970 (M 2000) | > + 7 Gz  | 15 sec       | <u>PILOTE</u>    |
| ➤ 1990 (Rafale) | > + 9 Gz  | No limit !   | <u>PILOTE</u>    |

## Accélérations + Gz

- ❖ ressources, virages
- ❖ refoulement/déplacement masse sanguine  
tête → pieds

## Accélérations actuelles (« haut niveau »)

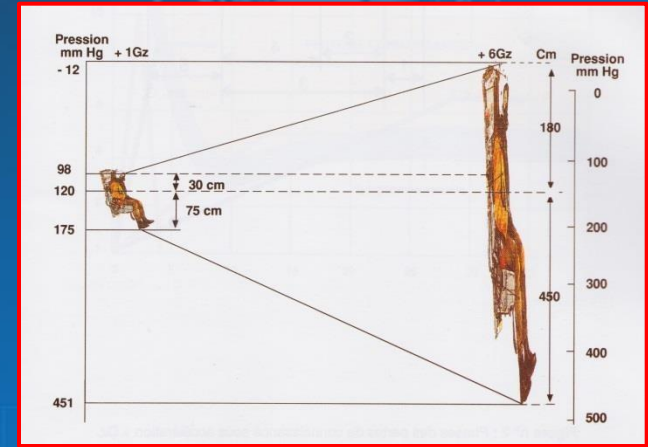
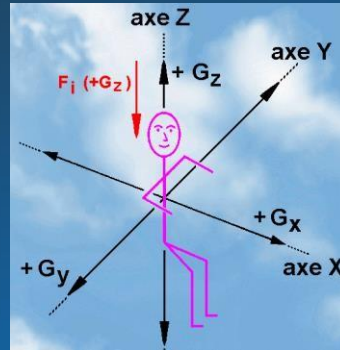
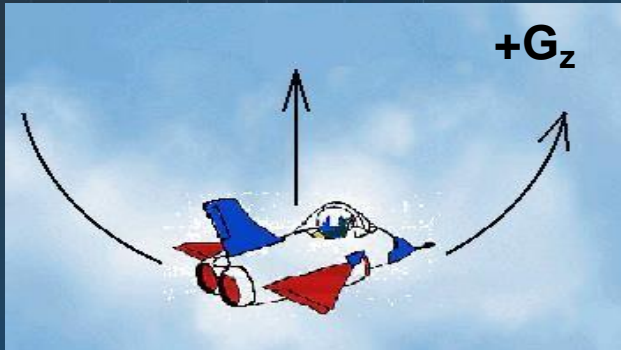
- ❖ HAUTE INTENSITE > 7 GZ
- ❖ SOUTENUES > 15 sec
- ❖ JOLT ELEVE > 3 G/sec

## Quelle tolérance

- hémodynamique ?
- rythmique ?
- ~~myocardique~~ ?



# Tolérance hémodynamique



Accélérations soutenues de haut niveau :  $> 7 G_z$  /  $> 3 G \cdot s^{-1}$  /  $> 15 s$

## RISQUES MEDICOPHYSIOLOGIQUES

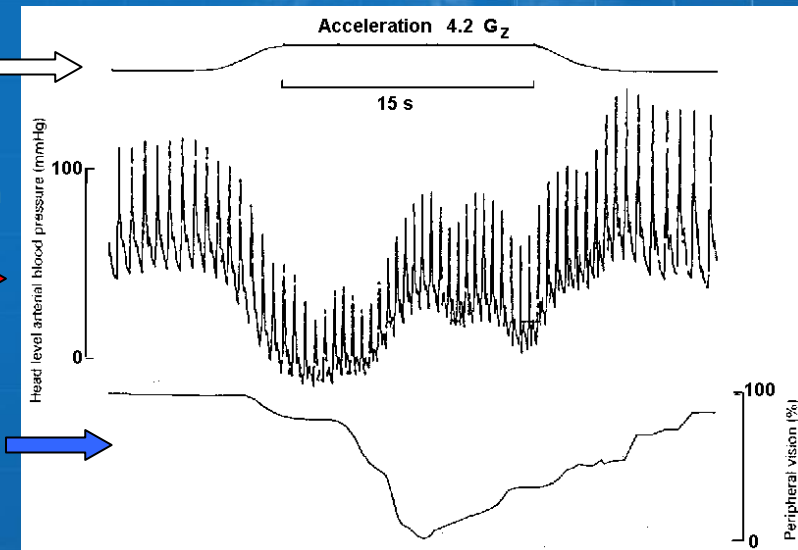
Effets hémodynamiques ++

Voiles  $\rightarrow$  G-LOC

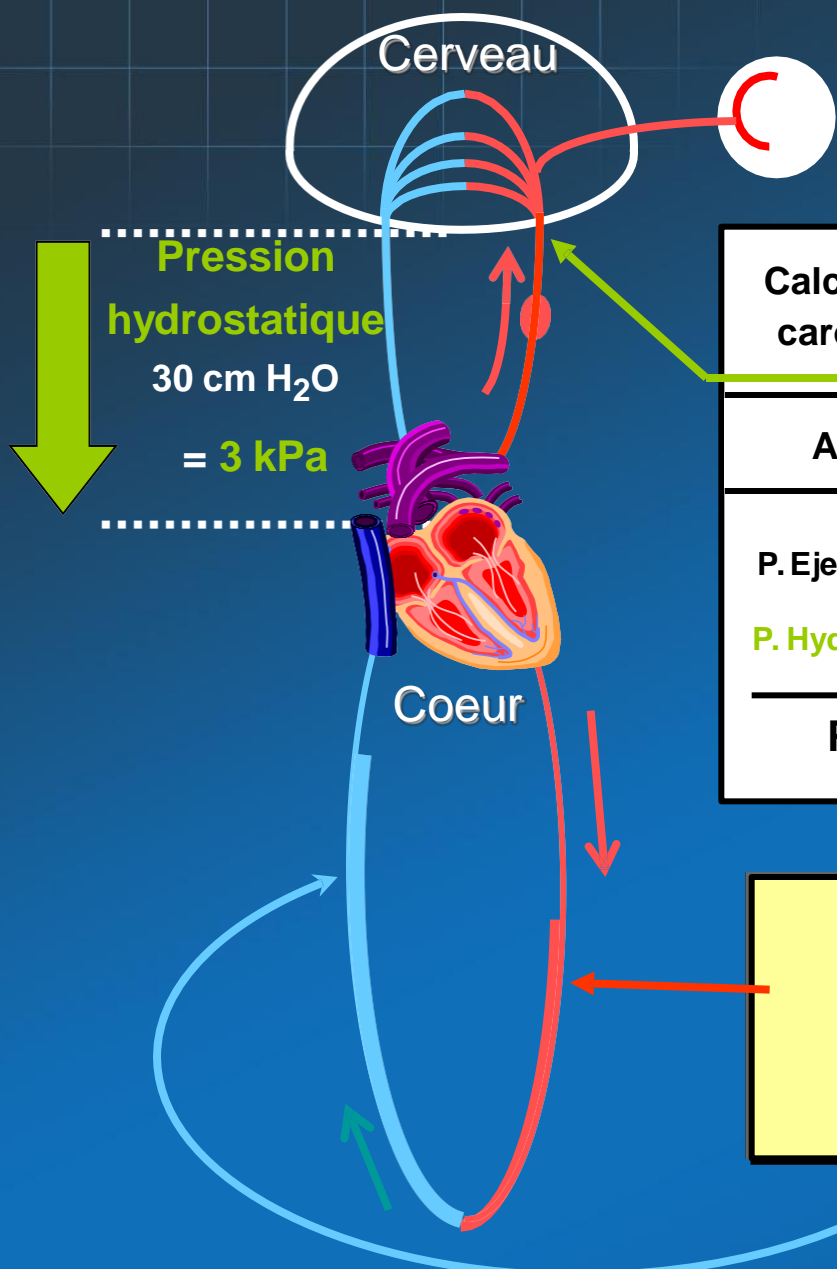
$+G_z$

Pression artérielle

Champ visuel

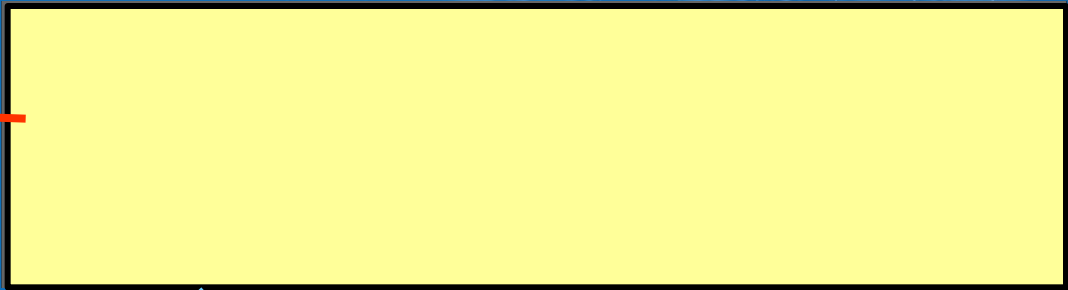


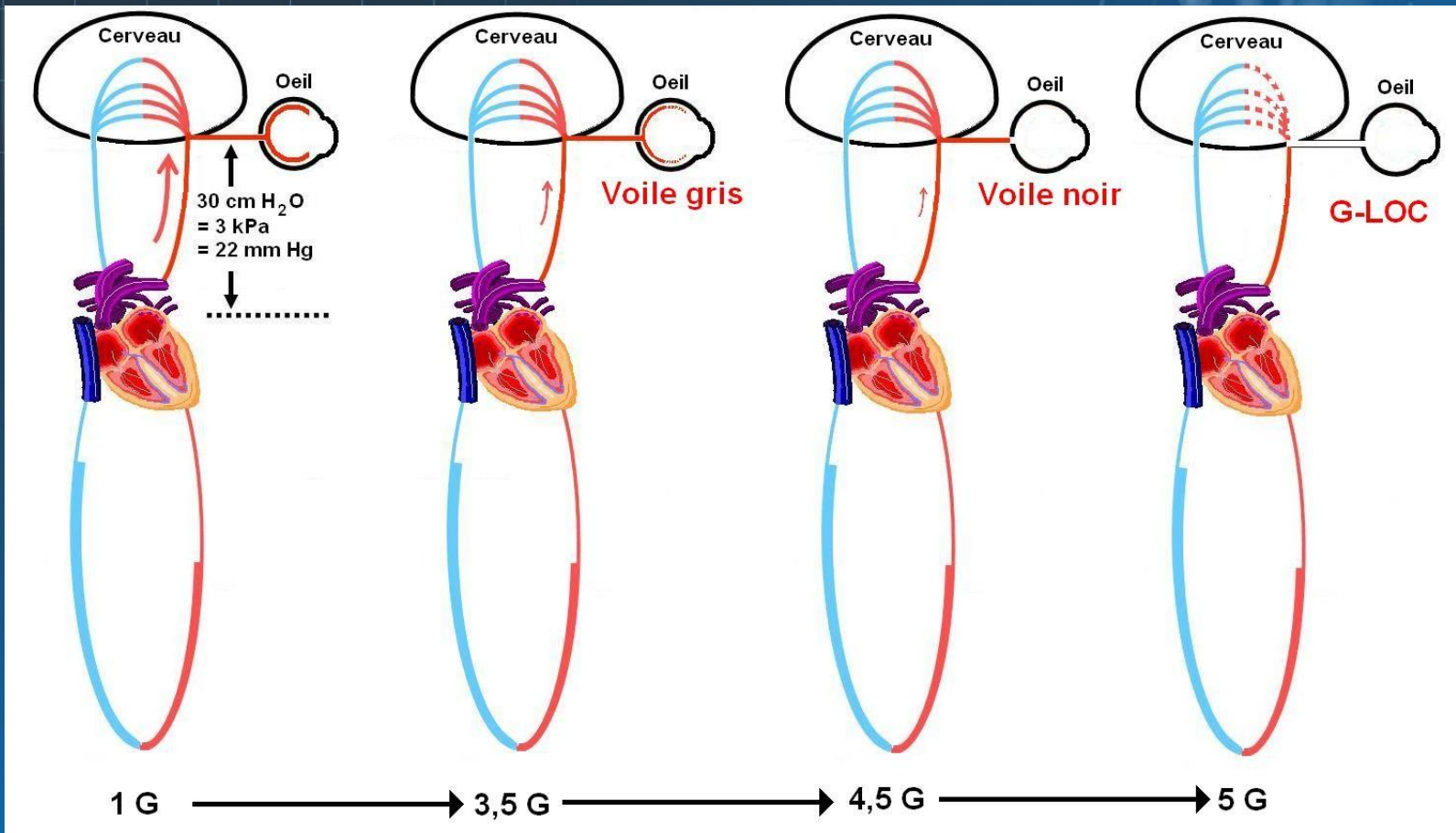
Pour mémoire  
Effets biomécaniques sur le rachis cervical (équipements de tête)



Calcul de la pression sanguine **moyenne** dans l'artère carotide, à l'origine de la circulation cérébrale (kPa)

| Accélération (G)          | 1         | 3        | 5        | 7   |
|---------------------------|-----------|----------|----------|-----|
| P. Ejection Ventriculaire | 16        | 16       | 16       | 16  |
| P. Hydrostatique          | -3        | -9       | -15      | -21 |
| <b>P. Artérielle</b>      | <b>13</b> | <b>7</b> | <b>1</b> |     |





Valeurs indicatives pour  $1 \text{ G.s}^{-1}$  sans protection anti-G ni manœuvre anti-G volontaire  
(G-LOC : G-induced loss of consciousness)

**Effet push-pull** : G-Loc par succession trop rapide facteurs de charge négatifs (-Gz) puis positifs (+Gz)  
ex. suivi de terrain automatique (à partir Mirage 2000), enchaînements en voltige

# Mécanismes correcteurs

- Stimulation baro-récepteurs aortiques et sino-carotidiens
- Facteurs psychologiques : « effet pilote »  
anticipation : ↗ PA et FC, motivation

# Moyens de protection ( $\neq + Gz$ )

- ❖ Manœuvres musculaires et respiratoires : + 1,5 G  
↓ distance cœur-cerveau, ↑ P intra thoracique, ↓ volume sanguin MI
- ❖ Instruction aéromédicale avec entraînement en centrifugeuse
- ❖ Equipement anti-G (**pantalon à grandes vessies**) : + 1,5-2 G  
↓ volume sanguin MI (combinaison intégrale + 3G)
- ❖ Inclinaison du siège vers l'arrière : **Rafale 30°** + 0,5 G
- ❖ Respiration en surpression (**Rafale ?**) : + 1,5 G
- ❖ Mise en condition individuelle : entraînement physique avec équilibre adapté aérobie/anaérobie, hydratation, diététique, sommeil, fatigue, médicaments, alcool...

# Tolérance rythmique des accélérations

## Observations chez l'homme

*Les accélérations (+Gz) sont plus arythmogènes qu'un effort maximum*

Significativement arythmogène (> 6 G, ES : 1 sujet / 2)

TDR + rare voltige-avion chasse/centrifugeuse → G-stress moins important

Sujet « *au cœur sain* » : pas de TDR grave en voltige-avion chasse

## Mécanismes

Origine ischémique exclue

Stimulation sympathique et

*déséquilibre vago-sympathique*

# Cas particulier

- Chasse embarquée (Aéronavale)  
Gx catapultage et appontage

**Max = + 4 à 5 Gx**  
**(usuels : + 3,5 à 4)**

**- 4 à 5 Gx**  
**(- 2)**



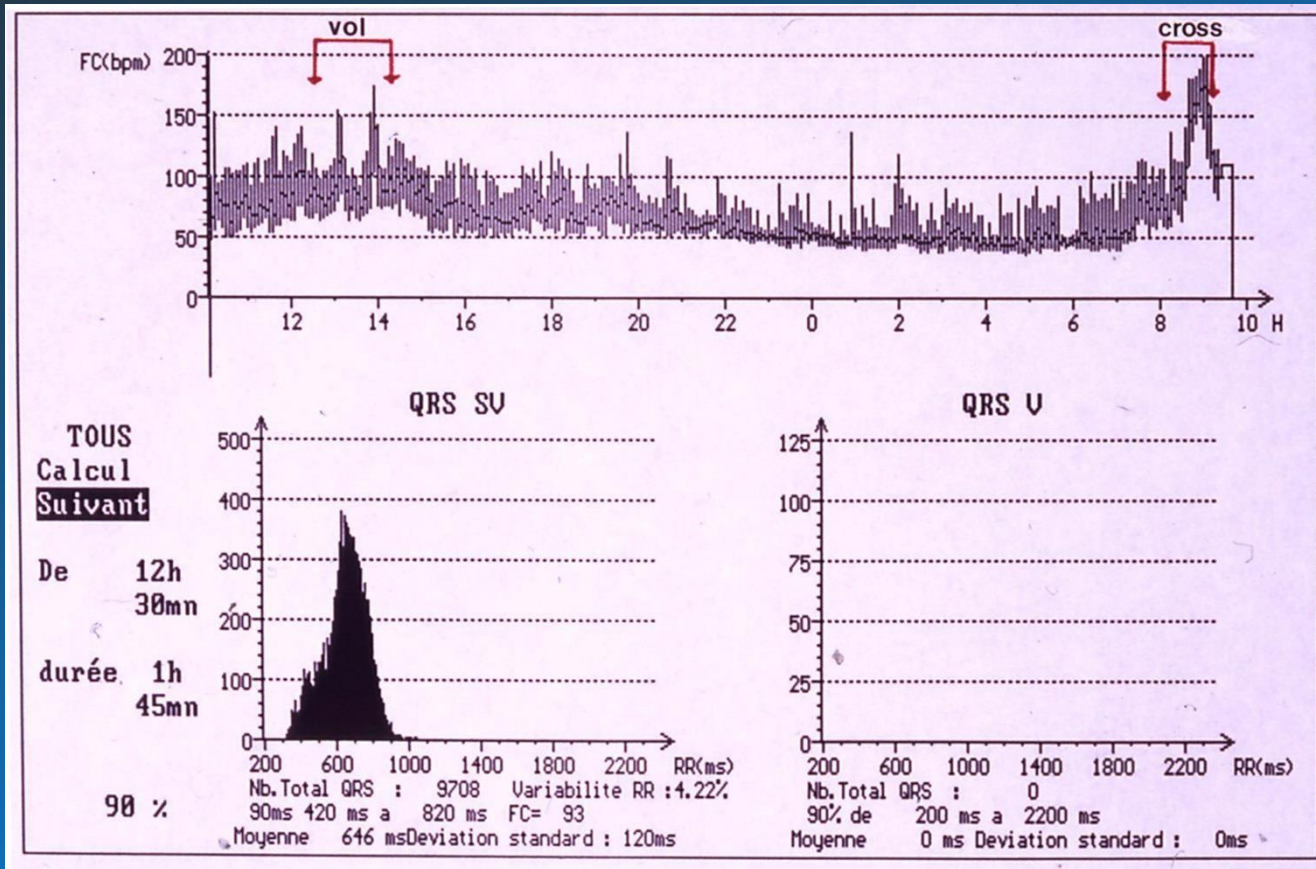
# Quelques données cardiovasculaires objectives recueillies en vol





# • Vol sur avion d'armes

(3<sup>e</sup> génération, Mirage 2000)



« Le profil de la FC enregistrée en aviation de chasse est en dents de scie avec des pics d'ailleurs inférieurs à ceux d'un effort sportif pour le même sujet »

Troubles du rythme et de la conduction dans le PN

R. Carlioz, Non publié

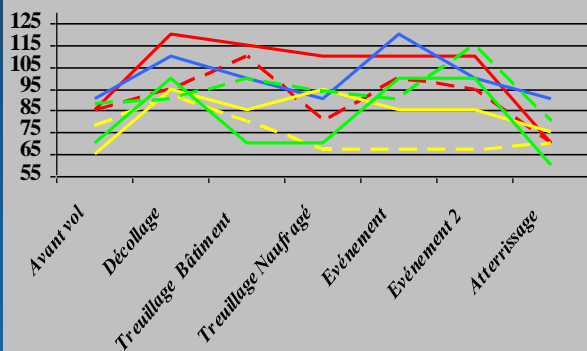
# • Entrainement secours maritime hélicoptéré de nuit (hélicoptère lourd Marine, ancienne génération, Super Frelon)

## Enregistrements Holter et MAPA en vol chez 4 pilotes



Transat 2005

### Fréquence cardiaque (en bpm)



CA 1

CA 2

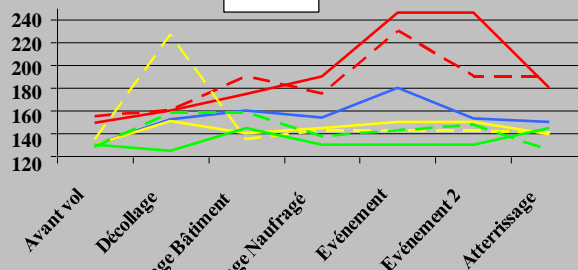
Pilote 1

Pilote 2

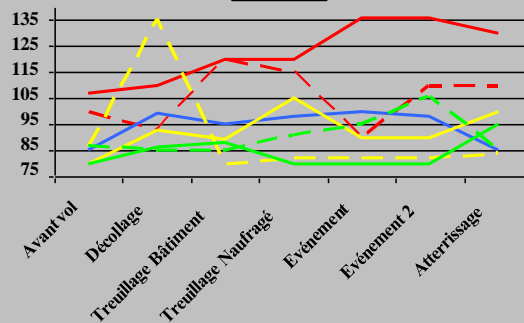
— Vol1 — Vol1 — Vol1 — Vol1  
 - - - Vol2 - - - Vol2 - - - Vol2 - - - Vol2

### Pression artérielle (en mmHg)

PAS



PAD



« courbes en plateau pour la FC comme pour la PA. Elles témoignent de contraintes cardiovasculaires fortes et soutenues. Le treuillage maritime de nuit même en entraînement pour des pilotes expérimentés reste réellement stressant »

Contraintes cardiovasculaires et treuillage maritime nocturne chez des pilotes de « Super Frelon ».

M. MONTEIL, F-X. BROCCQ, Ph. MAILLEUCHET, E. CZERNIAK, C. BOMBERT, J-P. GOMIS, G. WELSCH, H. GOMMEAUX, B. OMNES, R. CARLIOZ.

Médecine aéronautique et spatiale. 2009, 188/09, 17-23.

# • Sauts en parachute

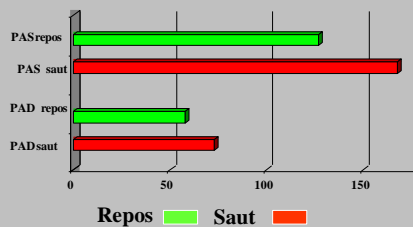
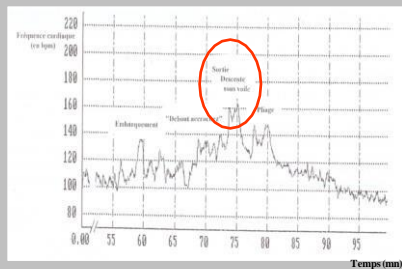
## 1°) ouverture automatique

me



Fréquence cardiaque (en bpm)

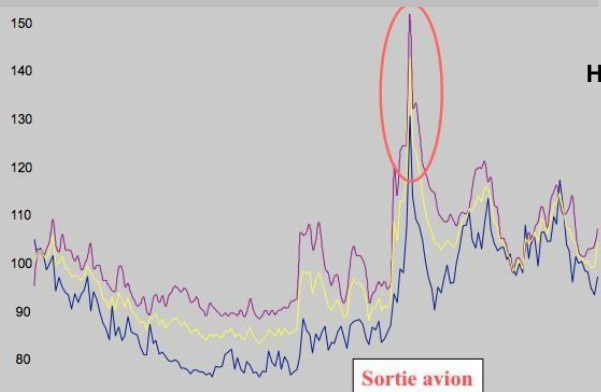
Pression artérielle (en mmHg)



Saut à ouverture automatique

Holter ou MAPA

## 2°) saut à ouverture à très grande hauteur (SOTGH)



Holter seuls

FC moyennes  
sauts de jour (bleu) et sauts de nuit (rouge)

CHEVALIER J-M., COLOMB F., AIGLE L.

Réactions cardiovasculaires lors du saut en parachute.

In : Livre de l'Ecole du Val-de-Grâce, annales 2007. Paris : La documentation française; 2007. p 59-69.

« le saut s'accompagne d'une poussée d'hypersympathicotonie »

Saut automatique comme vol sur avions d'arme =

- \* réaction FC prédominante / TA
- \* aspect des courbes en dents de scie
- \* sujet sain module sa PA même devant une élévation rythmique en raison de sa bonne compliance artérielle

AIGLE L., CHEVALIER J-M., JOURNAUX L., TREMSAL E., BODESCOT Y.  
Stress au cours du saut en parachute à très grande hauteur. Approche par l'étude de 38 holters ECG.  
Med Armées 2006;34:293-8.

Pic maximal atteint de nuit à l'ouverture du parachute, cette fois manuelle dès la sortie de l'avion

Au cours du saut, courbe toujours en dents de scie avec un autre pic au cours des manœuvres initiales sous voile (tour horizon, vérification de l'azimut, prise d'information, mesures de sécurité...)

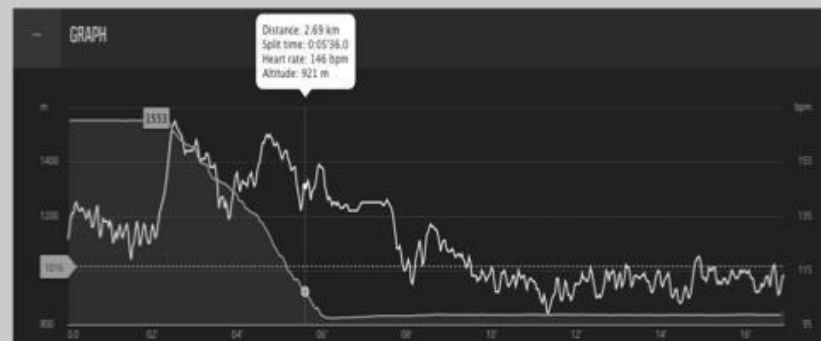
# • Base Jump, Trackingsuit Wingsuit, paralpinisme...

Rodolphe Cassan, [www.airshowevent.com](http://www.airshowevent.com)  
Congrès SOFRAMAS « Aviation et Sports »  
29 et 30 septembre 2017

## Le corps humain et ses réactions lors d'un saut de falaise

### ➤ Evolution du rythme cardiaque avant, pendant et après le saut

- De la dépose hélico à la course alpine
- S' équiper
- **L' EXIT : au bord du vide**
- **La poussée ou point de non retour**
- Le vol
- L' ouverture
- Le posé



# Quelques données complémentaires



# • **Ballon libre/Montgolfière**

Michel Passetemps  
Compagnie des ballons  
Président du Conseil National des Professionnels  
et Partenaires de l'Aérostation - CNPPA  
Congrès SOFRAMAS « Aviation et Sports »  
29 et 30 septembre 2017

## Les risques pour le pilote

- \* **manipulation** (nacelle de 200 à > 900 kg et enveloppe de 110 à > 300 kg selon nombre de places)
- \* **en vol** : bras levés, traction sur les cordes, manipulation du gaz et risques de brûlures
- \* **et puis** : charge de travail : anticiper, gérer son stress et les passagers

## Pour tous (pilote et passagers) : **risque traumatique**

- \* principalement en phase d'**atterrissage** violent : luxation, entorses, chocs
- \* en cas de descente dans les **arbres** : blessures par branches
- \* en cas de rebond/éjection : fractures, écrasements

# • La voltige en 2018

## 1°) l'évolution des performances des avions

- résistance aux facteurs de charge
- puissance moteur > 300 cv
- taux de roulis > 400°/seconde
- rigidité et réactivité extrêmes avec fibre de carbone...

## 2°) les pilotes

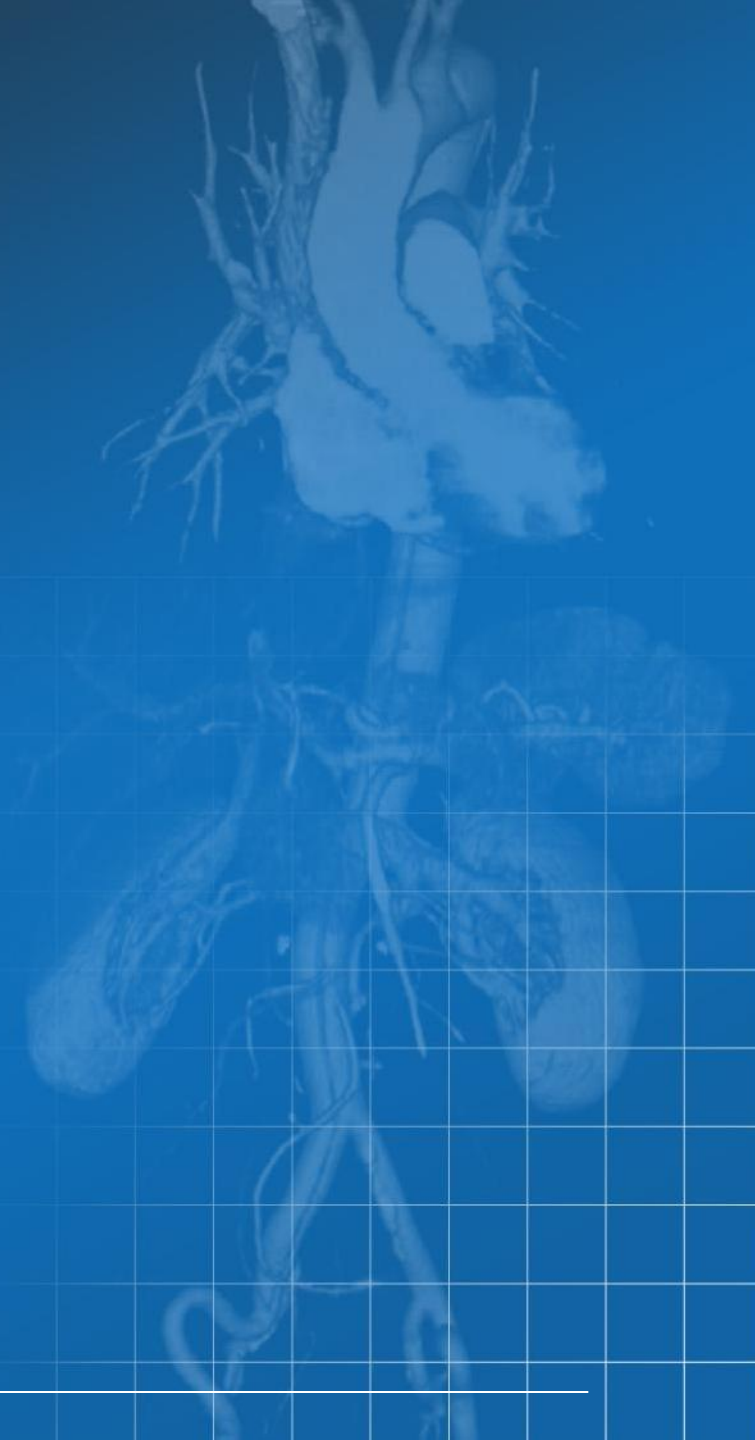
- en France : < 2 000 qualification voltige élémentaire
- rappel : < 40 000 pilotes licenciés (5 % voltigeurs)
- compétition : 120 pilotes « biplace » et 50 « monoplace »
- progrès techniques : complexité figures, programme
- absence de normes médicales (et de consensus) spécifiques « voltige »

### **3°) les nouveaux concepts de compétition**

- **Championnat du monde Red Bull de course aérienne**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- **Même esprit : les Grands Prix mondiaux en Vol à Voile (course régatée de 20 concurrents avec finale mondiale)**



# CONCLUSION



- ▶ Sports aériens = contraintes (cardiovasculaires) spécifiques
- ▶ Nouveaux aéronefs, nouvelles techniques, nouveaux sports, nouvelles pratiques, nouveaux modes de compétition...  
= être connus des praticiens/cardiologues
- ▶ Peu de conséquences néfastes chez le sujet jeune, en bonne santé entraîné et encadré
- ▶ **Problèmes** : pratique inhabituelle (effet « *cadeau/box* »), vieillissement des pratiquants/*consommateurs*

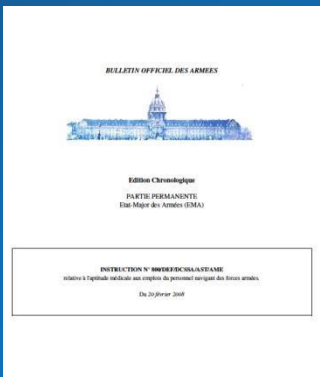
► Réglementation dédiée, paradigme de l'aptitude  
 = médecine normative  
 = comparaison de l'état clinique d'une personne  
 (et non d'un patient) avec des textes d'aptitude  
 = état physique + sensoriel + psychologique

► Normes diverses, + ou - précises, + ou - récentes, + ou - bien  
 corrélées avec état actuel de la science/de la pratique médicale ....  
 et qui ne peuvent jamais prévoir tous les cas de figure !

► mais aussi des domaines de liberté totale (ULM)

## Textes réglementaires

### MILITAIRE

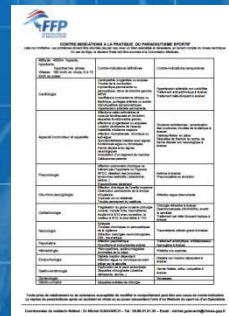


### CIVIL

RÈGLEMENT (UE) N° 1178/2011 DE LA COMMISSION du 3 novembre 2011 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile conformément au règlement (CE) n° 216/2008 du Parlement européen et du Conseil

Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Part-MED1 Initial issue, 15 December 2011

### Recommandations Fédérations ou autres



# Evolutions récentes

- **Documents médicaux liés aux licences**

- ▶ dispositions de code du sport relatives au certificat médical modifiées par loi N° 2016-41 du 26 janvier **2016** dite de « modernisation de notre système de santé » et par décret N°2016-1157 du 24 août **2016** relatif au certificat médical attestant l'absence de contre-indication médicale à la pratique du sport (CACI)

- ▶ notion de « disciplines à contraintes particulières » soumises à l'arrêté du 24 juillet **2017**... exemple au sein des sports FFVL

disciplines à contraintes particulières, arrêté du 24 juillet **2017**

▶ exemples au sein de la FFVL

**Conditions médicales et contre-indications relatives et définitives**

▶ au niveau cardiovasculaire

**Merci de votre attention**

**QUESTIONS ?**

