

Gestion du risque Fatigue dans l'aérien

Jeudi 10 Juin 2021

Plan

- Aspects scientifiques sur la fatigue
- Liens entre fatigue et sécurité des vols et santé
- Réglementation
- Modes de gestion du risque fatigue

Définition de la fatigue

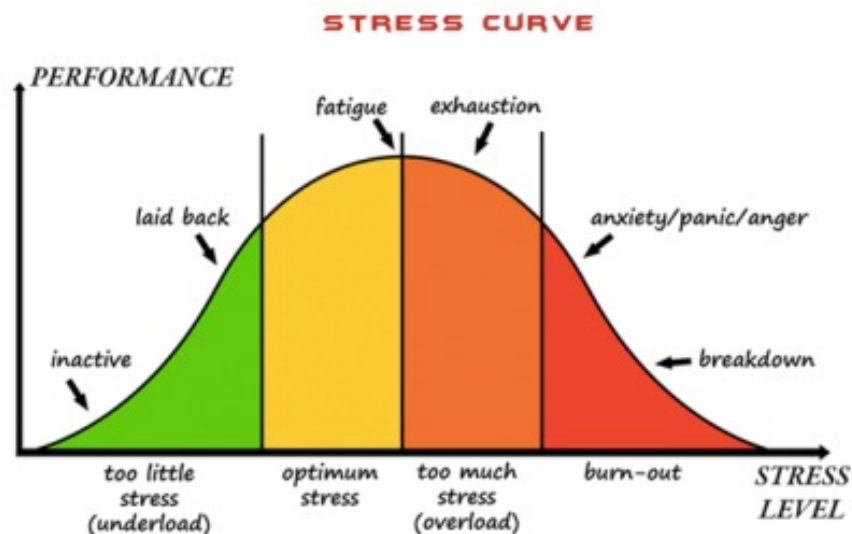
- Pilotage et instruction : activité à forte demande en capacités cognitives
- Activité à injonctions contradictoires : sécurité VS apprentissage, Sécurité VS Plaisir etc.
- Fatigue et stress = phénomènes venant diminuer ces capacités à des moments rarement opportuns.



La fatigue est donc vue négativement alors qu'elle est une alarme biologique

Définition de la fatigue

- Fatigue = alarme biologique prévenant l'insuffisance des ressources disponibles pour faire face à la tâche demandée.

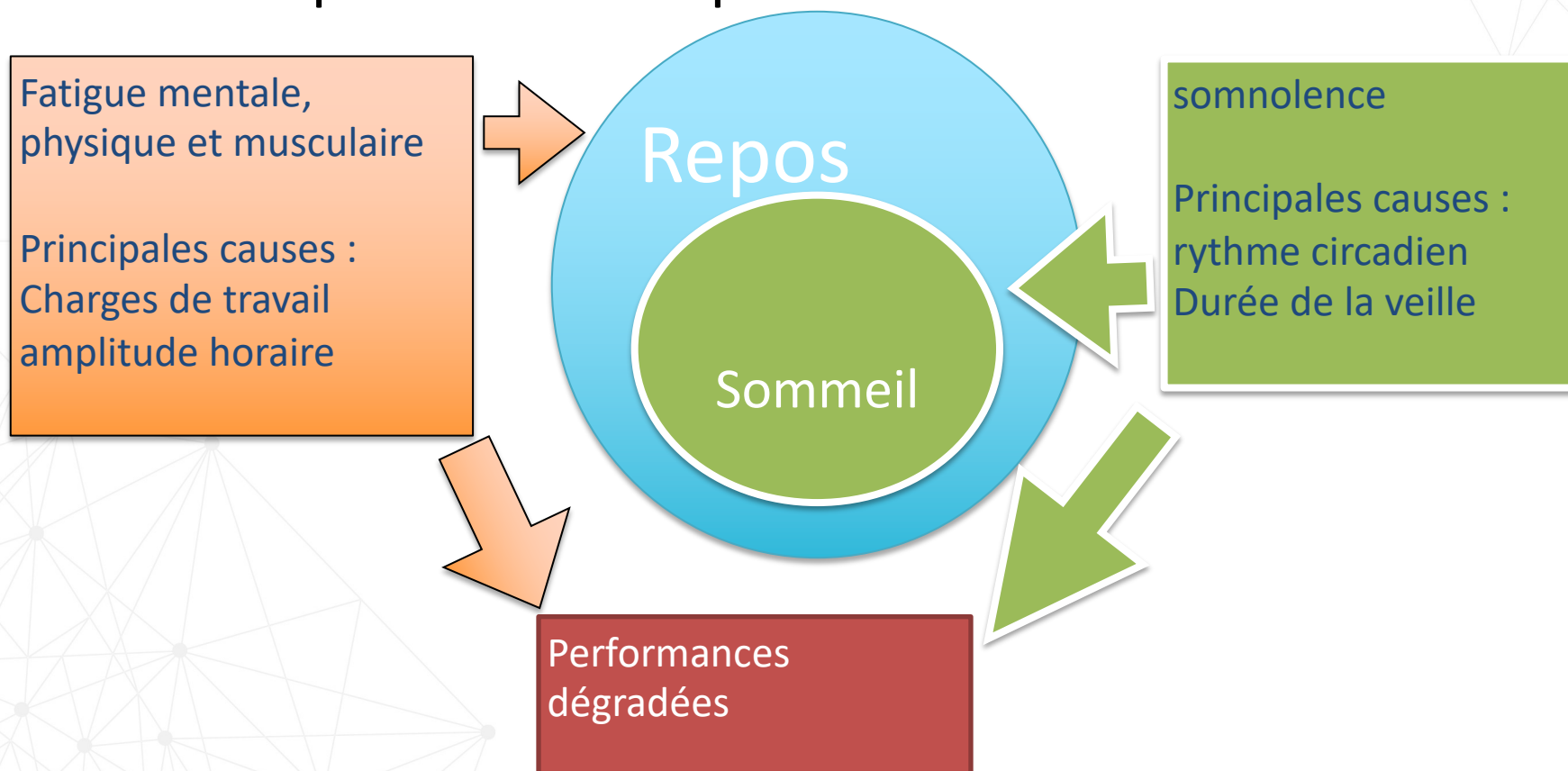


Stress = alarme biologique prévenant de l'insuffisance des capacités pour faire face à la tâche à accomplir

on en déduit que le stress génère de la fatigue et vice versa.

Notions scientifiques

Définition scientifique classique de la fatigue =
besoin irréprensible de repos

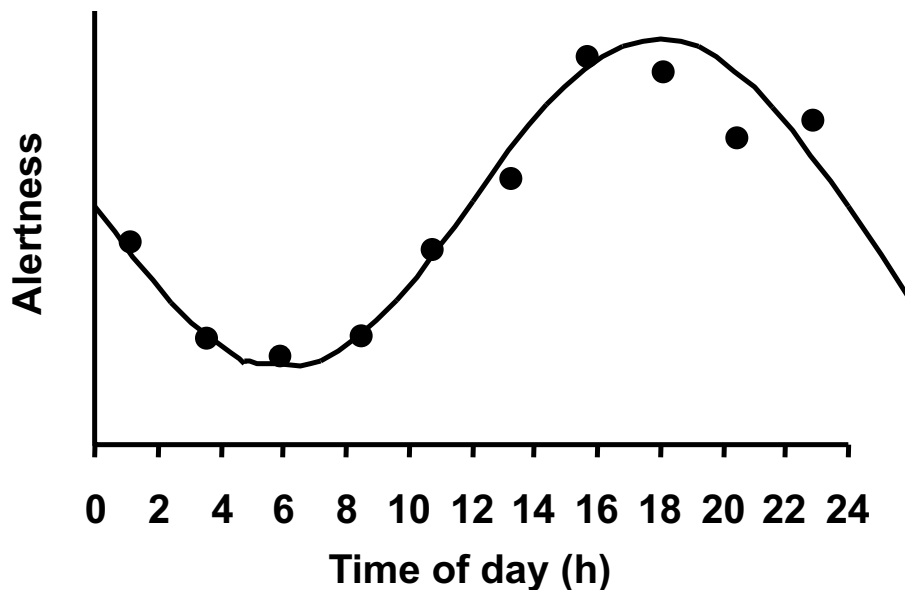


Notions scientifiques

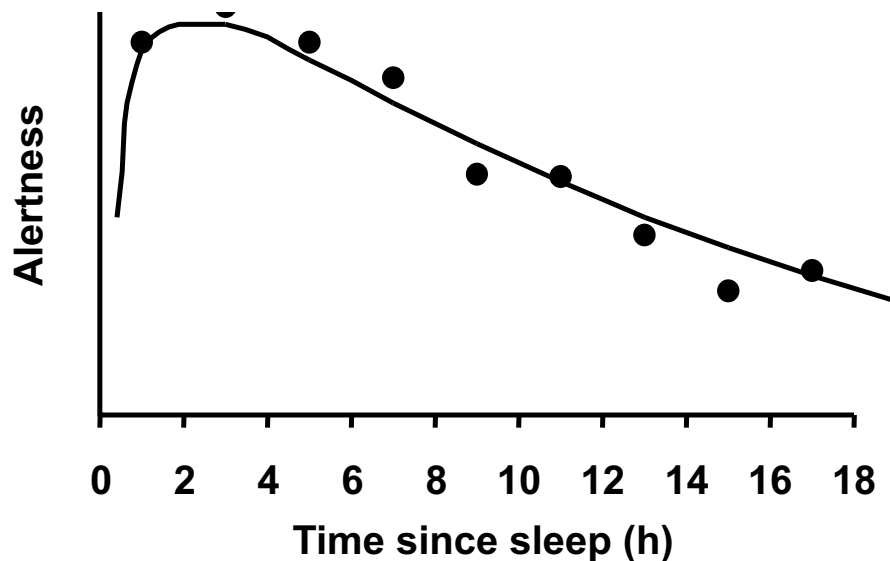
Vigilance = 3 processus en jeu :

- Processus C pour Circadien ou Clock
- Processus S pour Sleep
- Processus W pour Waking

Composantes du niveau d'éveil



Horloge biologique



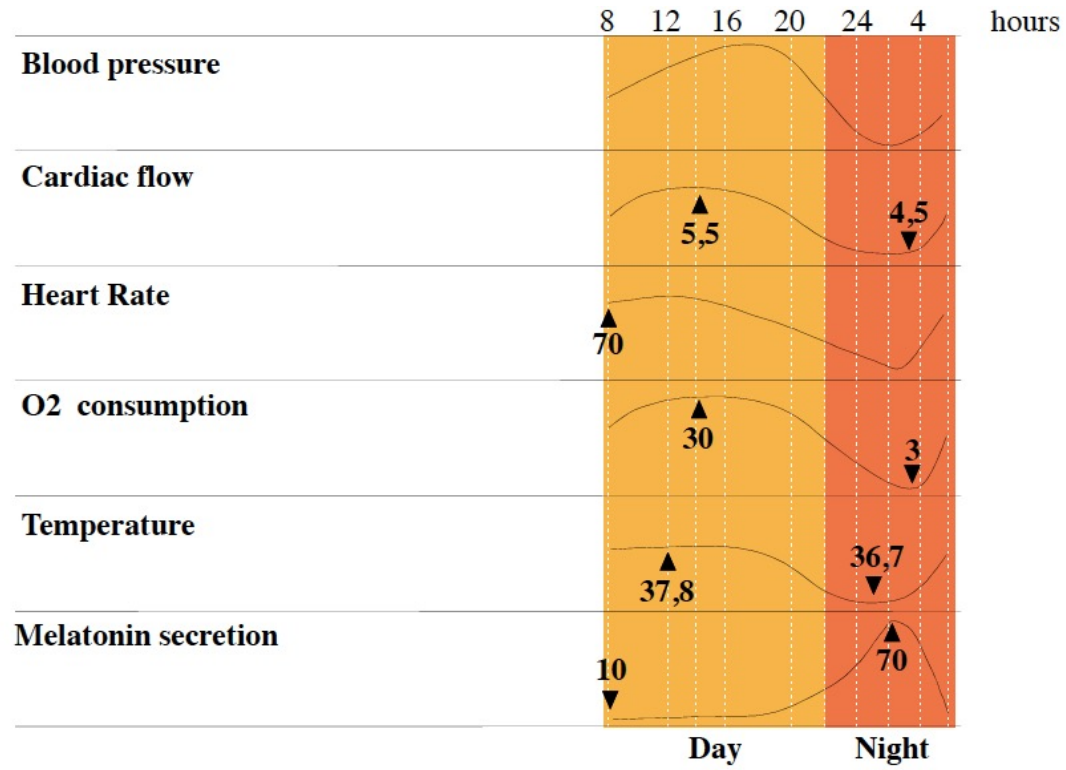
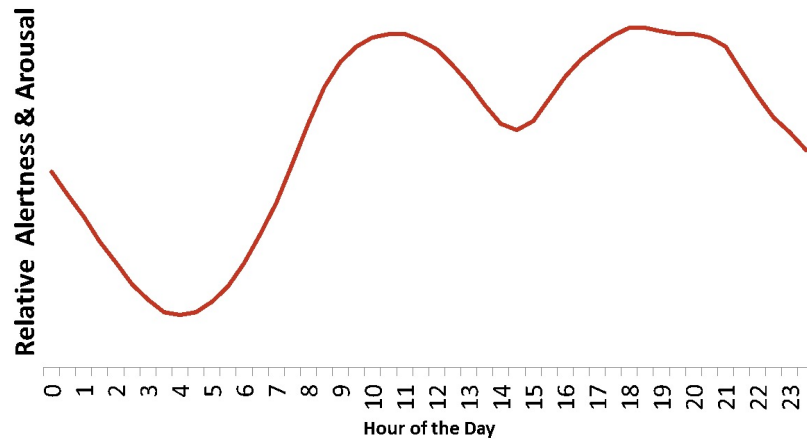
Pression du sommeil



Notions scientifiques

Processus C : Le rythme Circadien

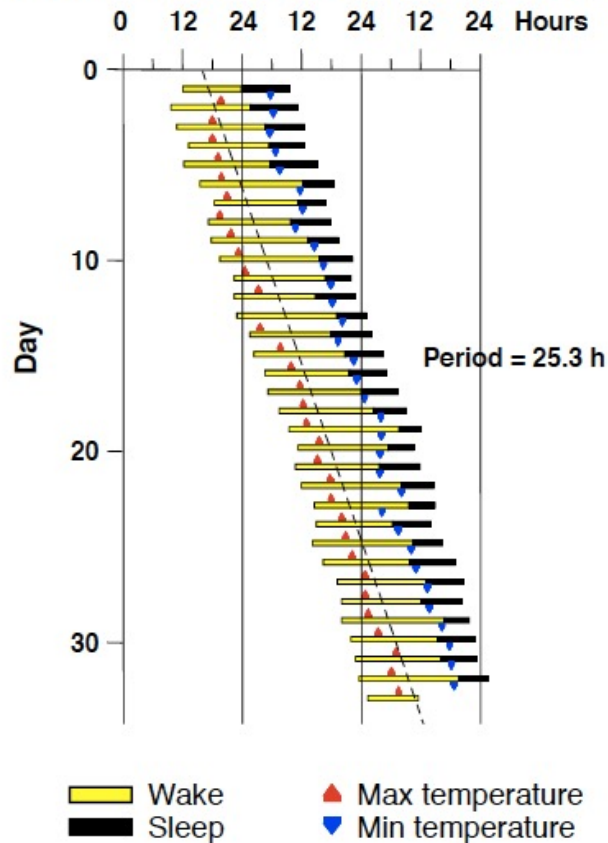
Circadian Rhythm of Alertness



Notions scientifiques

Processus C : Le rythme Circadien

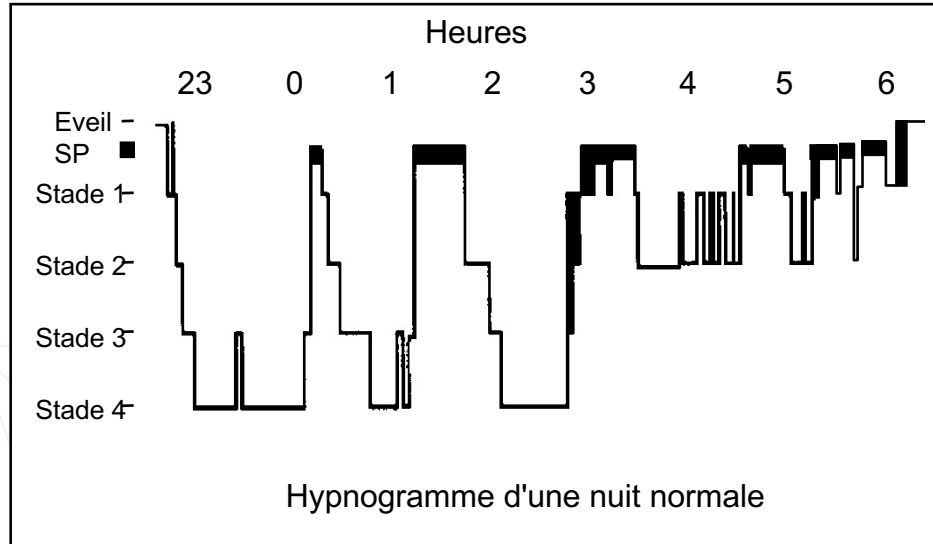
Sleep-wake and temperature cycle
without time cues (Wever, 1979)



- Même en absence de notion de temps, le rythme circadien persiste (expérience de Siffre 1972)
- Les cycles restent proches de 24h même sans marqueur de temps extérieur
- Il est plus facile de retarder l'heure de couché/levé que de l'avancer (westbound JetLag)

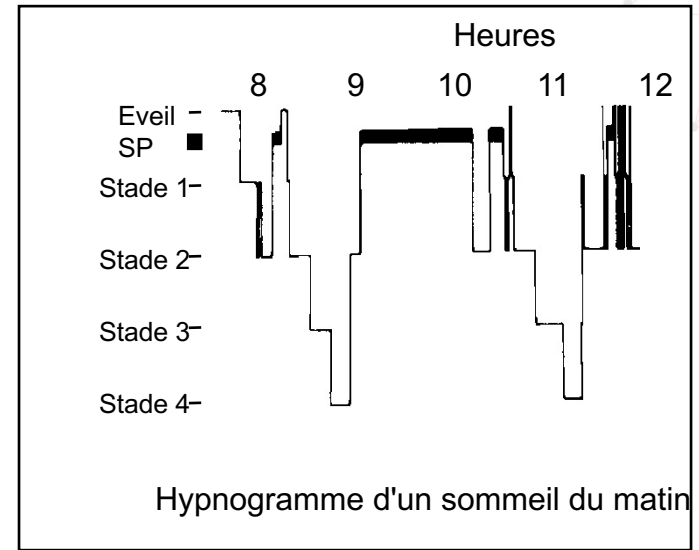
Process S : Architecture du sommeil

Normal



Récupération

Perturbé (ex : sommeil du matin)



Fatigue

SP Sommeil paradoxal

Stade 1 } Sommeil léger
Stade 2 }

Stade 3 } Sommeil profond
Stade 4 }

Equivalence entre privation de sommeil et consommation d'alcool

20h de privations de sommeil = 0.8g/l

27h de privations de sommeil = 1 g/l

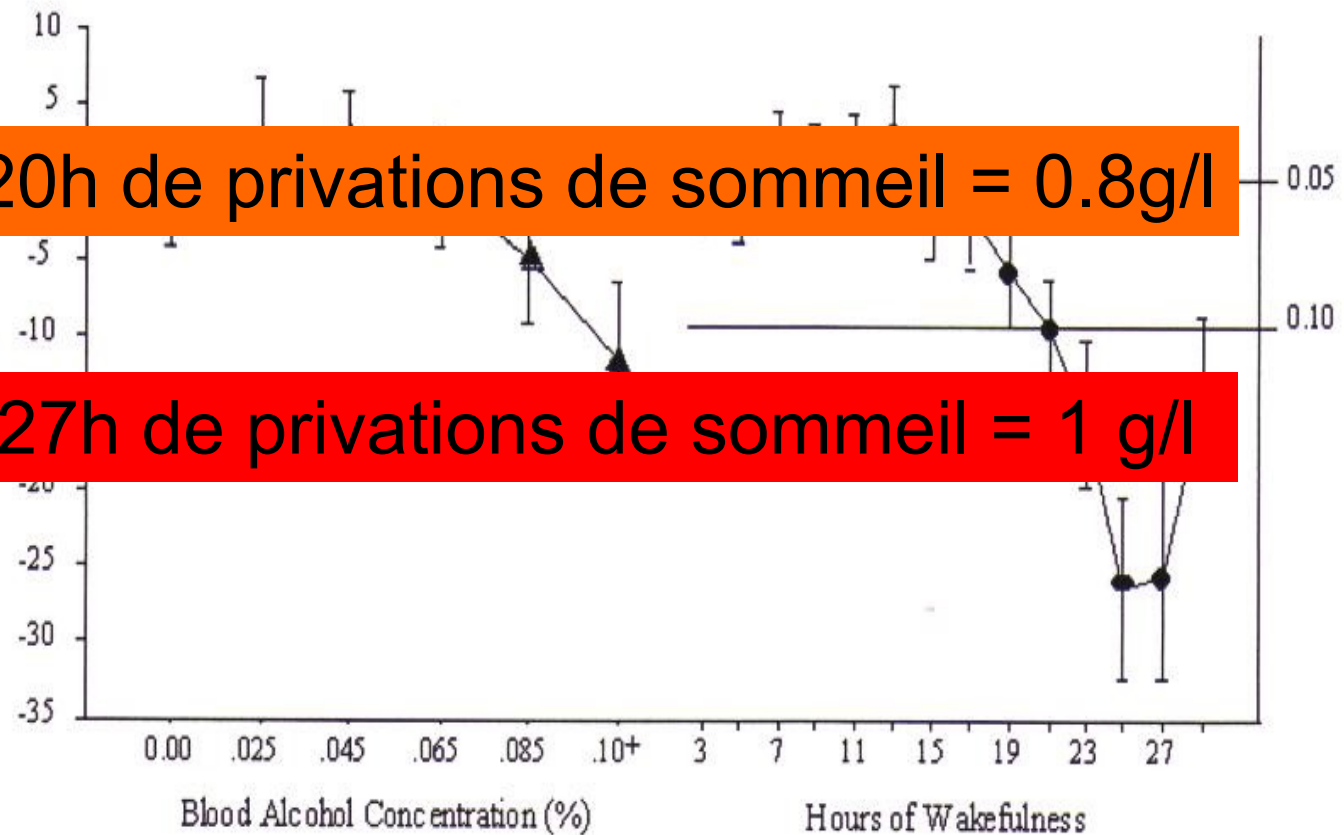
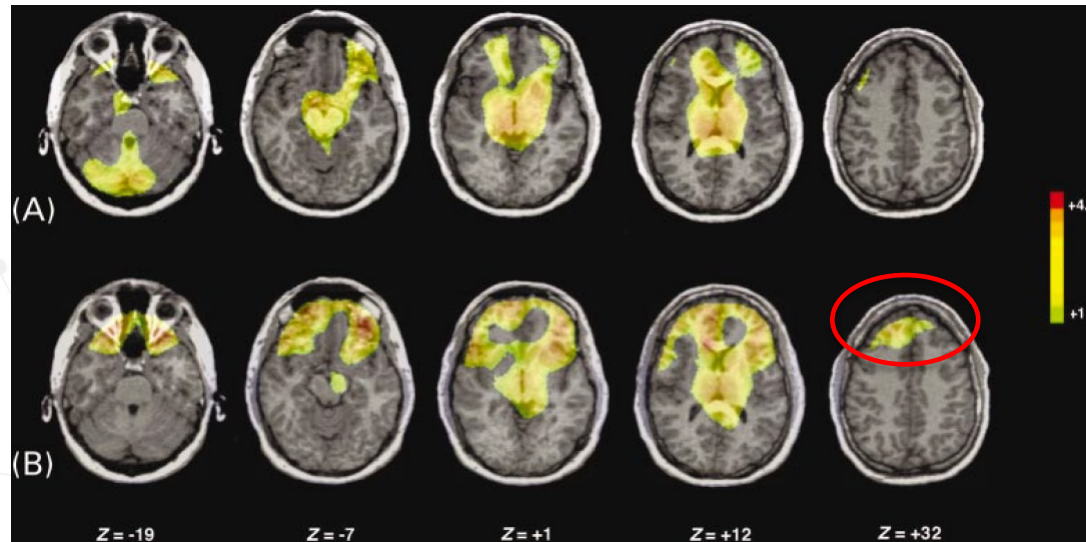


FIG. 1. Mean relative performance levels for the response latency component of the grammatical reasoning task in the alcohol intoxication (left) and sustained wakefulness condition. The equivalent performance decrement at a BAC of 0.05% and 0.10% are indicated on the right hand axis. Error bars indicate $\pm$ one s.e.m.

L'inertie du sommeil (process W)



5 mn après le réveil

20 mn après le réveil

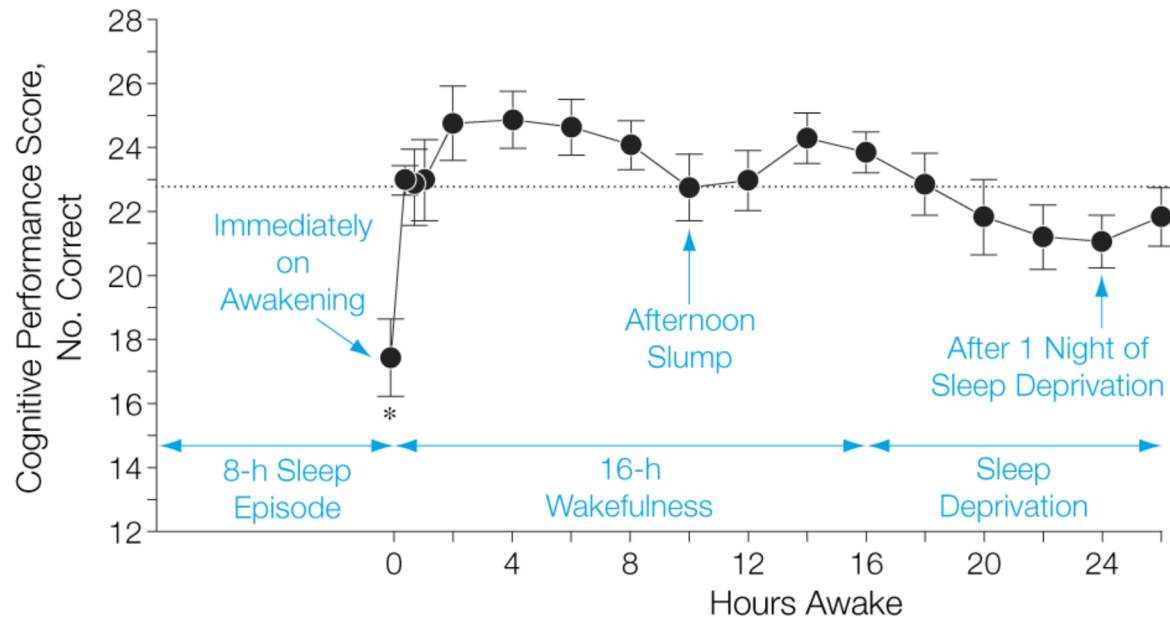
- Le cortex préfrontale prend plus de temps que le reste du cerveau à revenir à un état normal après le sommeil,
- Le cortex préfrontale est la partie du cerveau utilisée pour la résolution de problèmes complexes, l'improvisation etc.

Inertie du sommeil

Durée

- De **quelques minutes** à **plusieurs heures** (Jewett et al, 1999)
- Plus grande dissipation durant les **20 minutes** qui suivent le réveil

Intensité



Wertz et al. (2006)

NTSB MOST WANTED LIST

AVIATION: The Federal Aviation Administration should:

Improve Oversight of Pilot Proficiency

- Evaluate prior flight check failures for pilot applicants before hiring.
- Provide training and additional oversight that considers full performance histories for pilots demonstrating performance deficiencies.

NTSB classification : unacceptable response

to give investigators more information

- Conduct all flights with aircraft regulations.
- Develop and implement flight risk evaluation programs.
- Require formalized dispatch and flight-following procedures including up-to-date information.
- Install terrain awareness and warning systems (TAWS) on aircraft used for EMS operations.

Reduce Accidents and Incidents Caused by Human Fatigue in the Aviation Industry

- Set working hour limits for flight crews, aviation mechanics, and air traffic controllers based on fatigue research, circadian rhythms, and sleep and rest requirements.
 - Develop guidance for operators to establish fatigue management systems, including a methodology that will continually assess the effectiveness of these systems.
- Apply revised icing requirements to currently certificated aircraft.
 - Require that airplanes with pneumatic deice boots activate the boots as soon as the airplane enters icing conditions.

Actions needed by Federal Agencies

Improve Crew Resource Management

- This issue area was removed from the Most Wanted List on March 15, 2011

Reduce Accidents and Incidents Caused by Human Fatigue in the Aviation Industry

- Set working hour limits for flight crews, aviation mechanics, and air traffic controllers based on fatigue research, circadian rhythms, and sleep and rest requirements.
- Develop guidance for operators to establish fatigue management systems, including a methodology that will continually assess the effectiveness of these systems.

Accidents attribués à la fatigue

	Airline and location	Date
1	American International Airways, Guantanamo Bay, Cuba	18 aout 1993
2	Continental Express, Pine Bluff, Arkansas	29 avril 1993
3	Korean Airlines, Nimitz Hill, Guam	6 aout 1997
4	American Airlines, Little Rock, Arkansas	1 juin 1999
5	FedEx, Tallahassee, Florida	26 juillet 2002
6	Georgian Express Ltd., Ile Pelée, Ontario	17 janvier 2004
7	MK airlines, Halifax, Canada	14 octobre 2004
8	Corporate Airlines, Kirksville, Missouri	19 octobre 2004
9	Shuttle America, Cleveland, Ohio	18 Février 2007
10	Colgan Air, Buffalo, New York*	12. Février 2009



Microsommeils en vols long-courriers



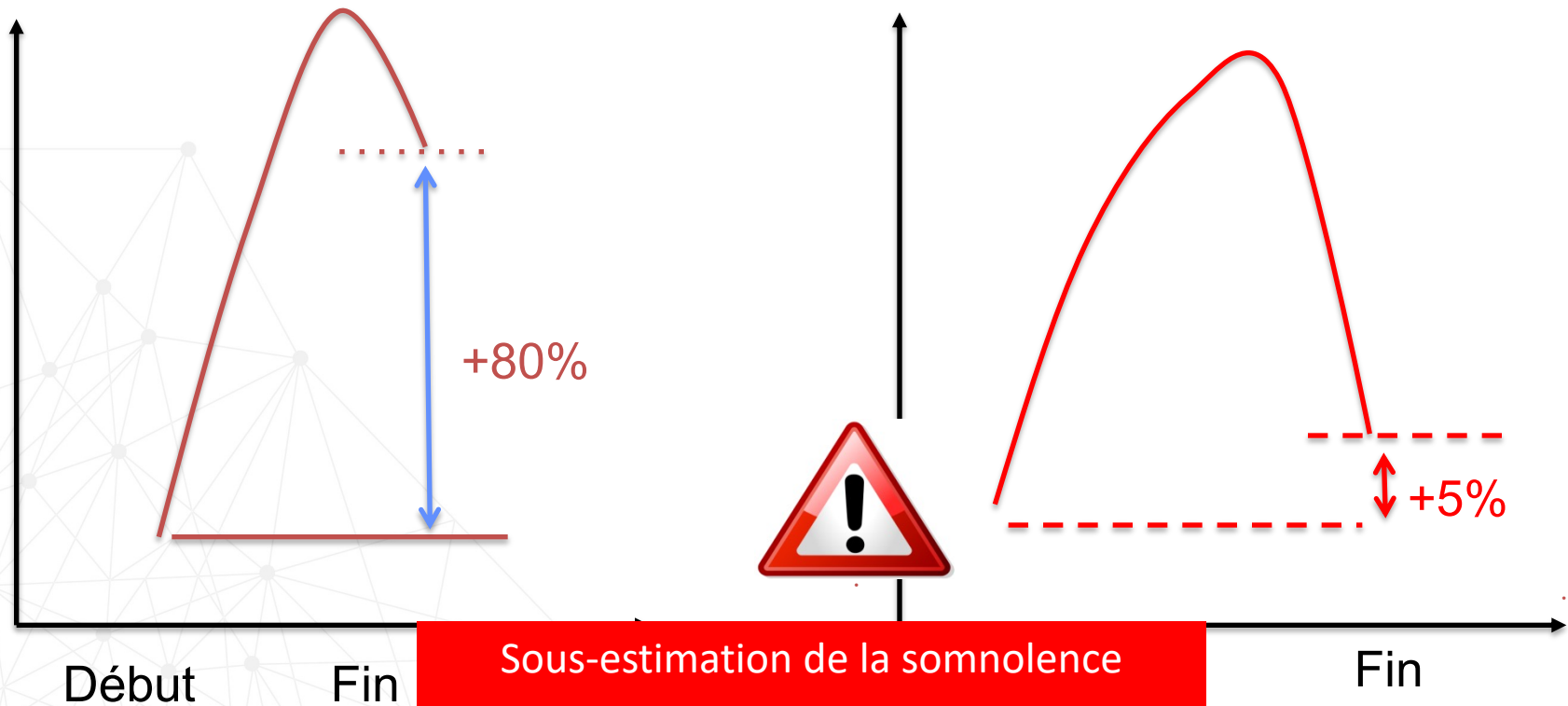
Somnolence objective et subjective



Objective (EEG/EOG)

Somnolent

Subjective (échelle analogique)



Effets de la fatigue sur la prise de décision

- Touche davantage la pensée « divergente » que la pensée « convergente »
- La pensée divergente traduit la capacité à trouver des solutions nouvelles, des relations jusqu'alors inconcevables, ou de relier des éléments que l'on croyait indépendants
- => les situations non couvertes par des procédures sont plus vulnérables à la fatigue

Vol US Airways Flight 1549, 15 January 2009

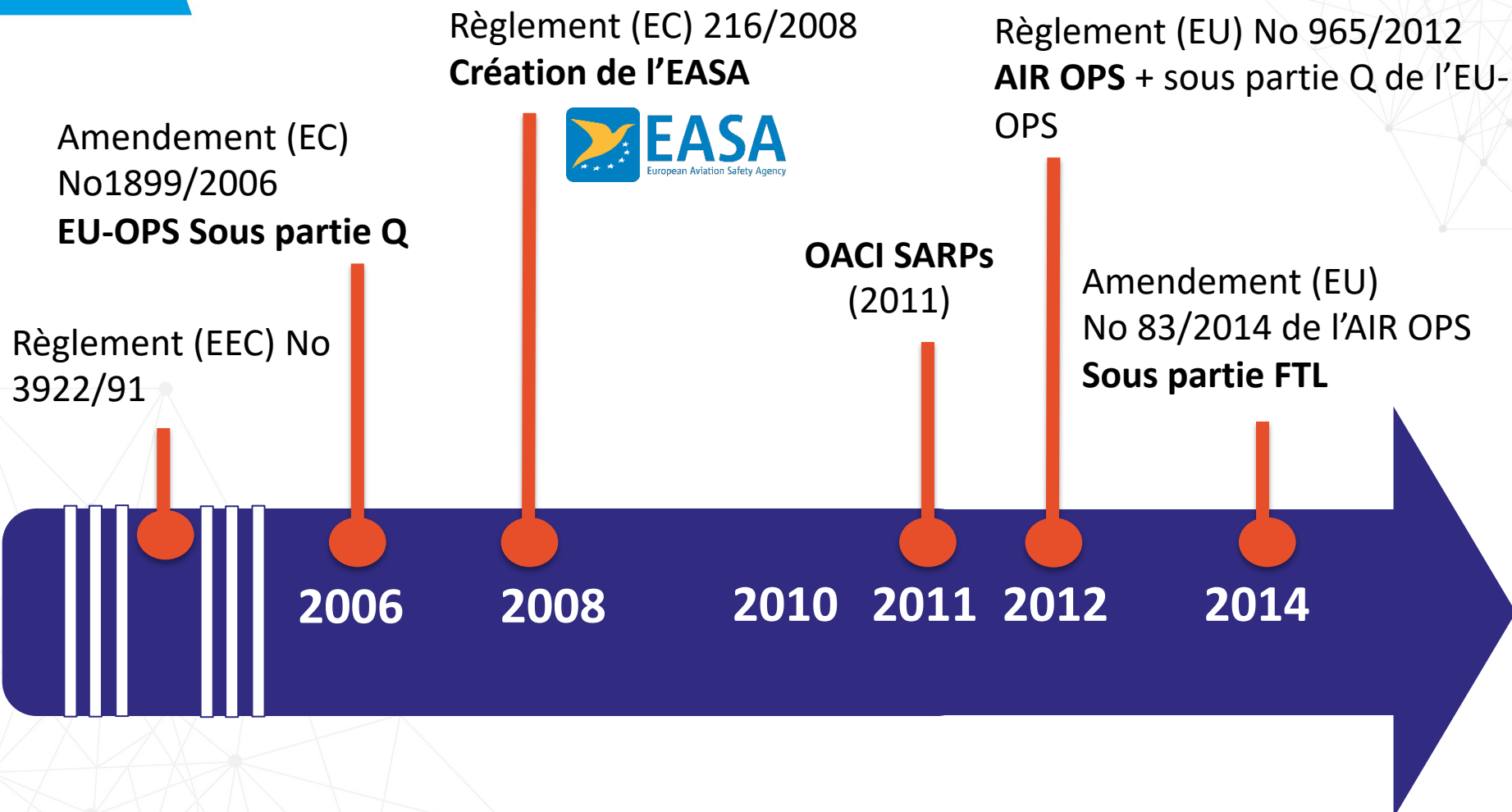


Captain Chesley Sullen-
Berger



"Had we been tired, had we not gotten sufficient rest the night before," said Sullenberger, "we could not have performed at the same level."

Historique de la réglementation FTL



FTL, l'approche prescriptive chez les pilotes

Start of FDP at reference time	1 – 2 Sectors	3 Sectors	4 Sectors	5 Sectors	6 Sectors	7 Sectors	8 Sectors	9 Sectors	10 Sectors
06:00 – 13:29	13:00	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00
13:30 – 13:59	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00
14:00 – 14:29	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00
14:30 – 14:59	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00
15:00 – 15:29	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00
15:30 – 15:59	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00	09:00
16:00 – 16:29	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00	09:00
16:30 – 16:59	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00	09:00	09:00
17:00 – 04:59	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00	09:00	09:00
05:00 – 05:14	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00	09:00
05:15 – 05:29	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00	09:00
05:30 – 05:44	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	09:30	09:00	09:00
05:45 – 05:59	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	09:45	09:15	09:00



ORA.ATO.230

ORA.ATO.230 Training manual and operations manual

(a) The training manual shall state the training that the students are required to receive:

- training plan,
- briefing and air exercises,
- flight training in an FSTD, if applicable
- theoretical knowledge instruction.

Part-ORA - Subpart ATO, AMC and GM
[Go back to Subpart ATO](#)
[Go back to the content](#)

(b) The operations manual shall provide information on flight instructors, flight simulation training and maintenance personnel, and shall contain the following information:

AMC1 ORA.ATO.230(b) Training manual and operations manual

ALL ATOs, EXCEPT THOSE PROVIDING FLIGHT TEST TRAINING OPERATIONS MANUAL

The operations manual for use at an ATO conducting integrated or modular flight training courses should include the following:

(a) General:

- (1) a list and description of all volumes in the operations manual;
- (2) administration (function and management);

63 | Page

Part-ORA - Subpart ATO, AMC and GM
[Go back to Subpart ATO](#)
[Go back to the content](#)

V1, June 2016

- (3) responsibilities (all management and administrative staff);
- (4) student discipline and disciplinary action;
- (5) approval or authorisation of flights;
- (6) preparation of flying programme (restriction of numbers of aircraft in poor weather);
- (7) command of aircraft;
- (8) responsibilities of the PIC;
- (9) carriage of passengers;
- (10) aircraft documentation;
- (11) retention of documents;
- (12) flight crew qualification records (licences and ratings);
- (13) revalidation (medical certificates and ratings);
- (14) flight duty period and flight time limitations (flying instructors);
- (15) flight duty period and flight time limitations (students);
- (16) rest periods (flight instructors);
- (17) rest periods (students);
- (18) pilots' log books;
- (19) flight planning (general);
- (20) safety (general): equipment, radio listening watch, hazards, accidents and incidents (including reports), safety pilots etc..



La référence aéronautique
EASA
 European Aviation Safety Agency

Les évaluations subjectives de la fatigue

Les sondages TOD :

- Evaluation du **niveau de fatigue** recueillie au moment du **Top of Descent (TOD)**
- Utilisation d'une **échelle scientifiquement validée** : la Samn Perelli (SP) ou la Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

Exemple d'Air New Zealand :

- Sondage TOD intégré directement dans l'interface cockpit de l'avion.

B777

ATC	FLIGHT INFORMATION	COMPANY
REVIEW	MANAGER	NEW MESSAGES
hhmz	TOP OF DESCENT ALERTNESS EVALUATION	XXXXXXXX
1. Fully Alert, wide awake		
2. Very lively, responsive, but not at peak		
3. OK, somewhat fresh		
4. A little tired, less than fresh		
5. Moderately tired, let down		
6. Extremely tired, very difficult to concentrate		
7. Completely exhausted, unable to function effectively		
0. Not Applicable		
		CLEAR
Pilot A	☐	☐
B	☐	☐
C	☐	☐
		SEND
☐		RESET
		RETURN
		EXIT

I'M SAFE !

✓ I'M SAFE CHECKLIST

Illness—Do I have any symptoms?

Medication—Have I been taking prescription or over-the-counter drugs?

Stress—Am I under psychological pressure from the job? Worried about financial matters, health problems, or family discord?

Alcohol—Have I been drinking within 8 hours?
Within 24 hours?

Fatigue—Am I tired and not adequately rested?

Emotion—Am I angry, depressed, or anxious?

- Fatigue → comment faire ????

Auto-évaluer pour mieux gérer sa fatigue avant de piloter

Facteurs	Valeur seuil	Score
X (Durée du sommeil dans les 24h)	5 heures	4 points pour chaque heure sous le seuil
Y (Durée du sommeil dans les 48h)	12 heures	2 points pour chaque heure sous le seuil
Z (Durée d'éveil depuis le dernier sommeil)	Y	1 point pour chaque heure supérieure à Y

Score total :

Auto-évaluer pour mieux gérer sa fatigue avant de piloter

Score	Action
0	Pas d'actions. Sauf en cas d'autres indications
1-4	Informez votre superviseur, utilisez des contre-mesures approuvées (auto-détection de vos symptômes, détection par les collègues, rotations de tâches)
5-10	Écrivez un rapport de fatigue. Ré-affectez les tâches,
10+	Écrivez un rapport de fatigue. Ne vous engagez pas dans des activités à risque. Ne commencez pas le service si vous ne vous sentez pas apte.

Les principaux effets de la caféine

- Un café « corsé » contient moins de caféine qu'un café « léger »
 - L'efficacité de la caféine atteint son niveau max au bout de 30 à 60 min
 - Agit pendant 4 à 6 h (fumeur: 3,5 h)
- 
- Prise de caféine 30 à 60 mn avant le sommeil :
 - Augmente le temps d'endormissement et réduit la durée du sommeil
 - Diminue les stades de sommeil profond et augmente le stade de sommeil léger
 - Augmente les éveils nocturnes

Recommandations sur l'usage de la caféine

- Limiter la consommation de caféine à 3 tasses max/jour
- Privilégier une utilisation stratégique de la caféine :
 - Avant les services « difficiles »
 - Juste avant les siestes préventives
 - Éviter d'en consommer au cours des périodes de repos pour optimiser son efficacité lors des périodes de service



Les médicaments

- Certains médicaments prescrits augmentent la somnolence : médicaments contre le rhume, l'hypertension artérielle, les allergies, les problèmes de sommeil, la dépression etc.



- La prise régulière de somnifères (benzodiazepines) provoquent des effets indésirables : somnolence, troubles de la mémoire, troubles de la vision, troubles de la coordination motrice, augmentation des temps de réaction.

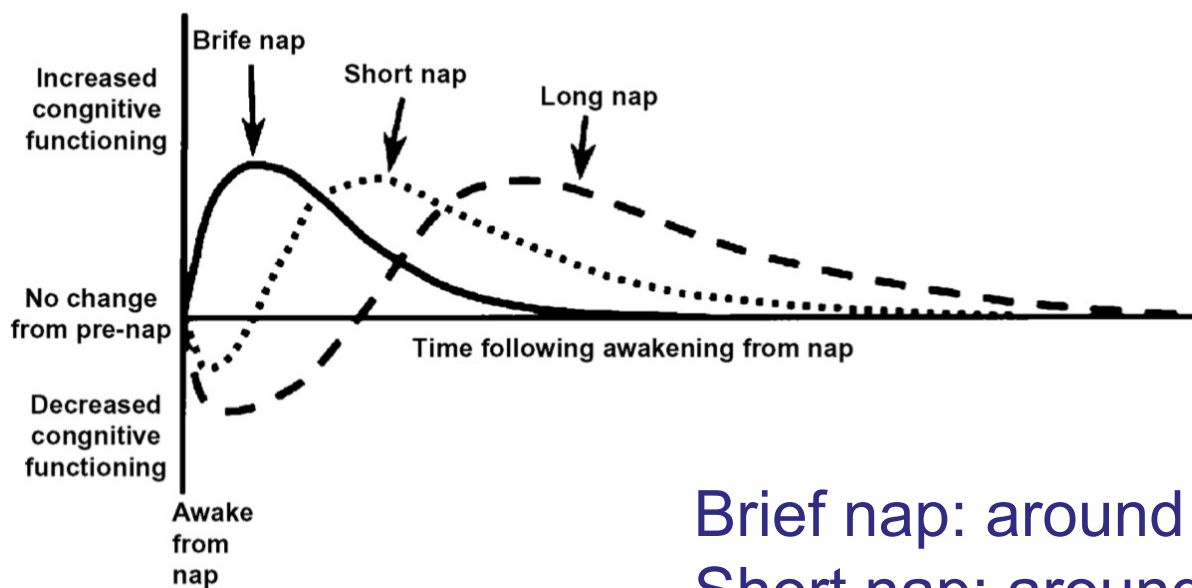
- En cas de troubles du sommeil ou de la vigilance, il est essentiel de consulter son médecin.

La sieste : quelques conseils...

- Si possible, pas dans un lit !
- Pas plus de 20 à 30 min pour éviter l'inertie du sommeil
- Fragmenter d'avantage si la pression du sommeil est forte
- Prise de caféine juste avant
- Ne remplace pas le sommeil principal !



Effets de la durée de la sieste sur les performances



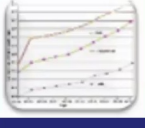
Lovato & Lack, 2010

Brief nap: around 10 mn
Short nap: around 30 mn
Long nap: around 2h

Le futur ? : Détection de la Fatigue - Pilotes

Crew Monitoring System (CMS) is based on

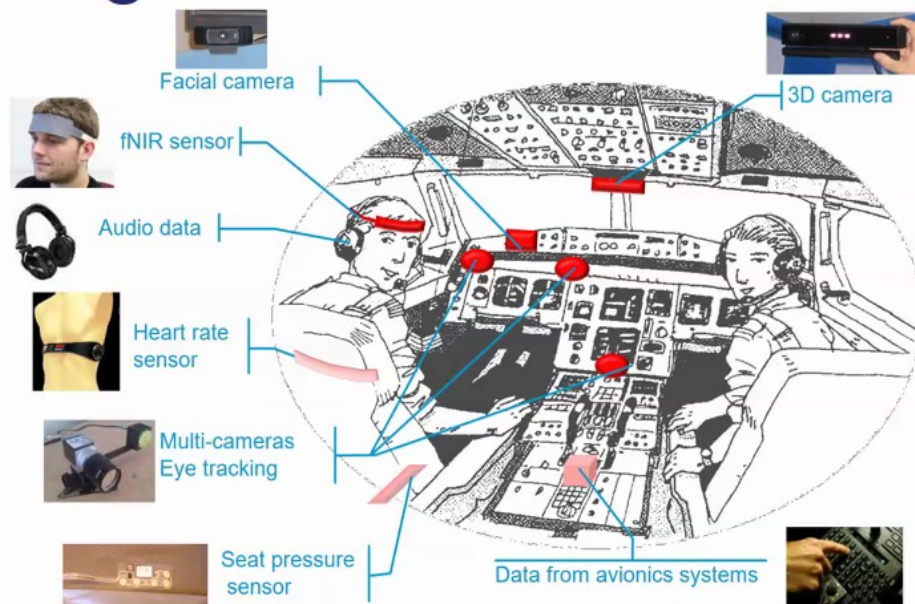
- sensors that capture some physiological & cognitive parameters
- models that permit the analysis
- contextual data's that enable to reconstitute the real flight

Sensors	Data Base Extraction	Models	Functions	Context Filter	Usage Exploitation
				Individual filter Mission	Physiological Behaviour

All analysis needs to be in real time in order to be able :

- To anticipate early fatigue signs to take mitigation actions
- To react / alert in case of heavy drowsiness

THALES
Building a future we can all trust



Conclusions

- La fatigue est un phénomène complexe, multi-factoriel
- Elle impacte les performances cognitives, le comportement et la sécurité
- Son évaluation et sa gestion nécessite une expertise et des méthodologies scientifiques

