

# Monitoring de la profondeur de l'anesthésie

Dr V. Billard

# Que peut-on monitorer au cours d'une anesthésie générale ?

*Pinsker, Anesth Analg 1986*

**CONSCIENCE**

**REPONSE  
AUX STIMULI**

**RELÂCHEMENT  
MUSCULAIRE**

**Réponse  
aux ordres**

**Mémorisation**

*Prys-Roberts, BJA 1987*

**Somatique**

**Végétative**

Sensitive

**Motrice**

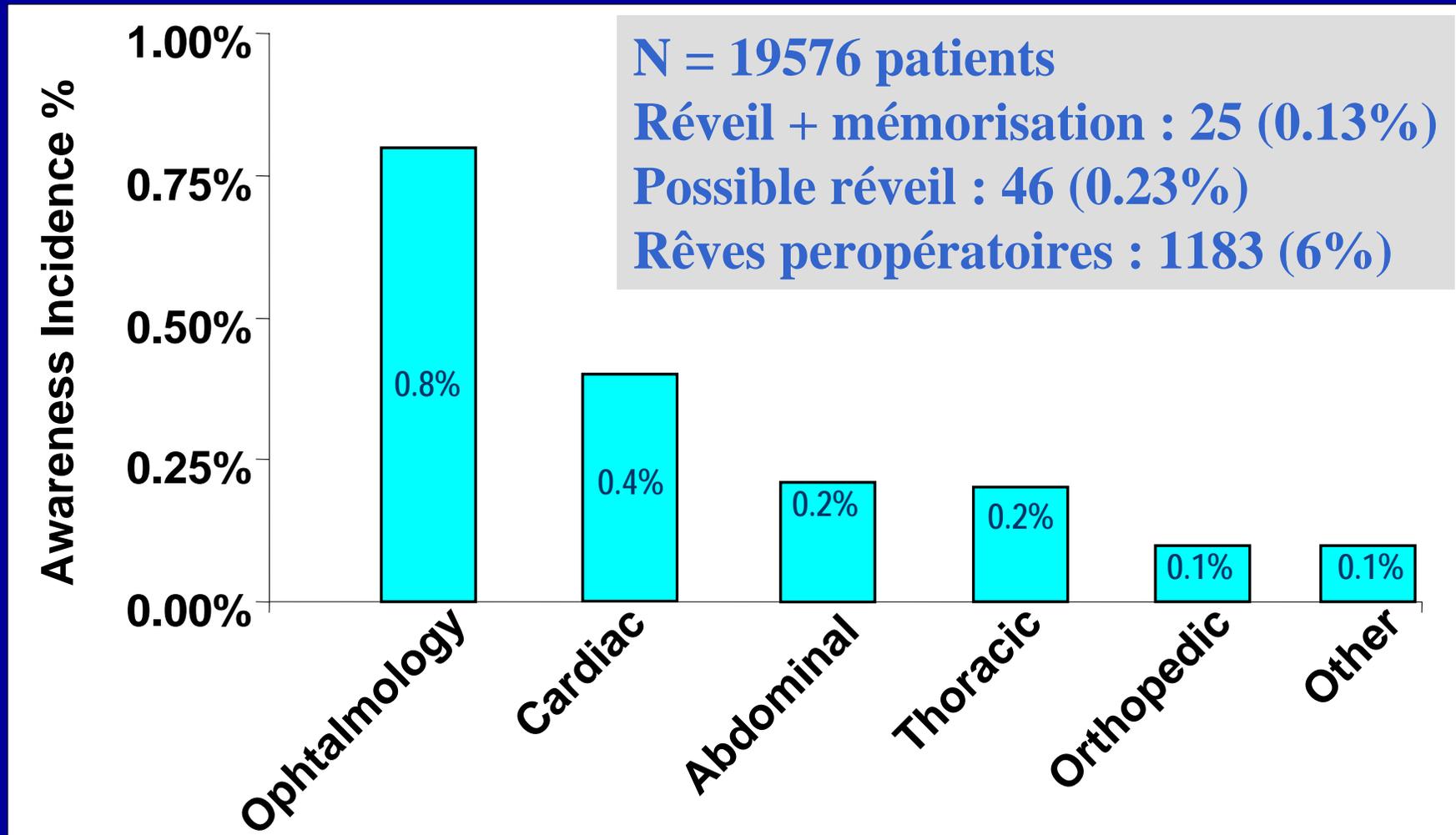
**Respi.**

**Hémodyn.**

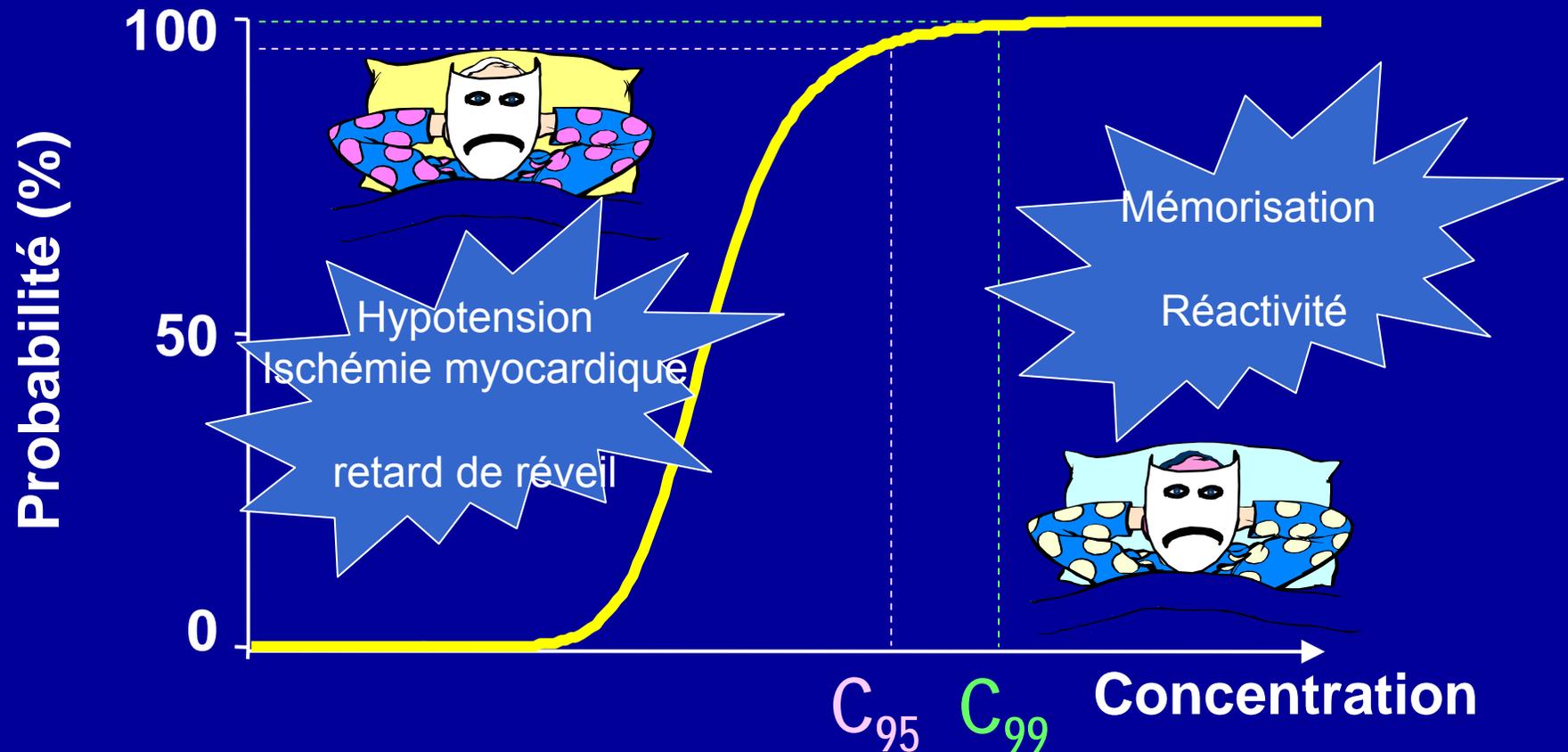
**Sudorale,  
hormonale**

IGR

# Incidence de réveil peropératoire aux USA



# Tous les patients n'ont pas les mêmes besoins pour être anesthésiés



*Estimer la profondeur de l'anesthésie permet d'ajuster les doses administrées aux besoins de chacun*

# Cahier des charges d'un monitoring

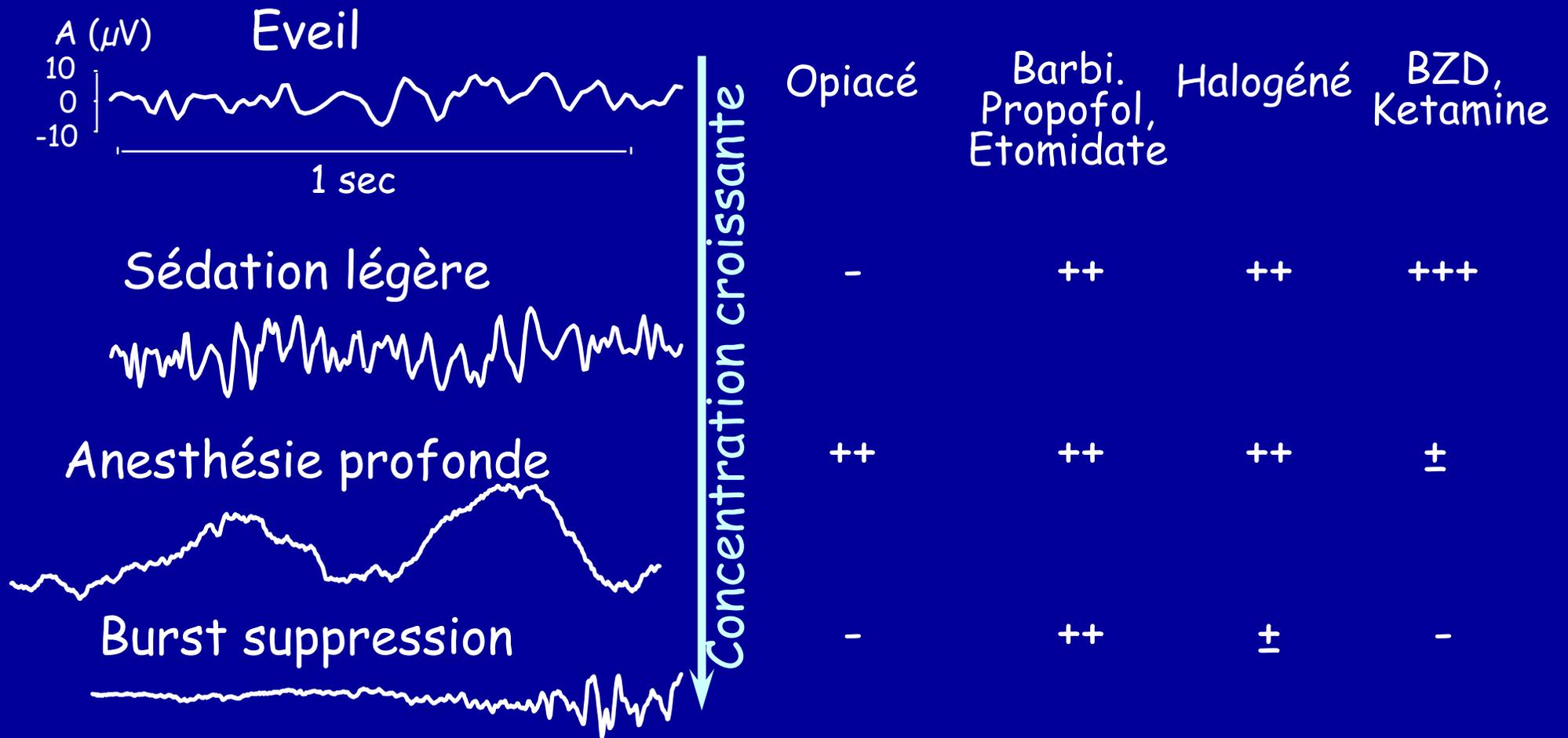
- Discriminant d'une composante de l'anesthésie
  - Perte de conscience
  - Réponse aux stimulations douloureuses
- Reproductible
  - pour différentes associations
- Quantitatif → titration
- Automatique, facile à installer, robuste, non invasif
- Bon rapport entre coût et bénéfices
  - médical
  - économique

# Méthodes de monitoring disponibles

- EEG spontané / EMG frontal
- Potentiels évoqués
- Mesures du SNA
  - Surveillance hémodynamique : quotidien
  - Variabilité de R-R : spécificité
  - Pupillométrie
- Activité métabolique
  - PET scan : recherche ?

# Analyse automatique de l'EEG spontané

# Que font les anesthésiques sur l'EEG?



Billard & Constant, Ann Fr Anesth Réanim 2001

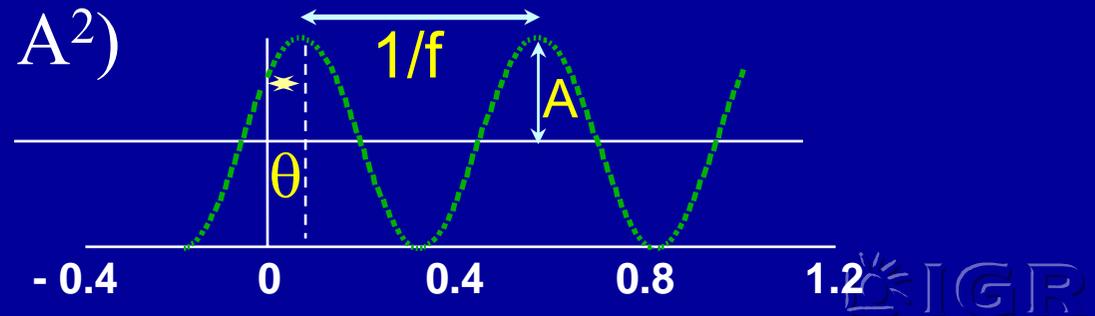
# Analyse fréquentielle : principe

- EEG : activité corticale **spontanée** recueillie sur le **scalp**
  - amplitude : 5-200  $\mu\text{V}$  ; fréquences : 0,2 - 50 (Hz)
- Complètement **décrit** par une somme de **sinusoïdes**



- Chaque sinusoïde a 3 caractéristiques :

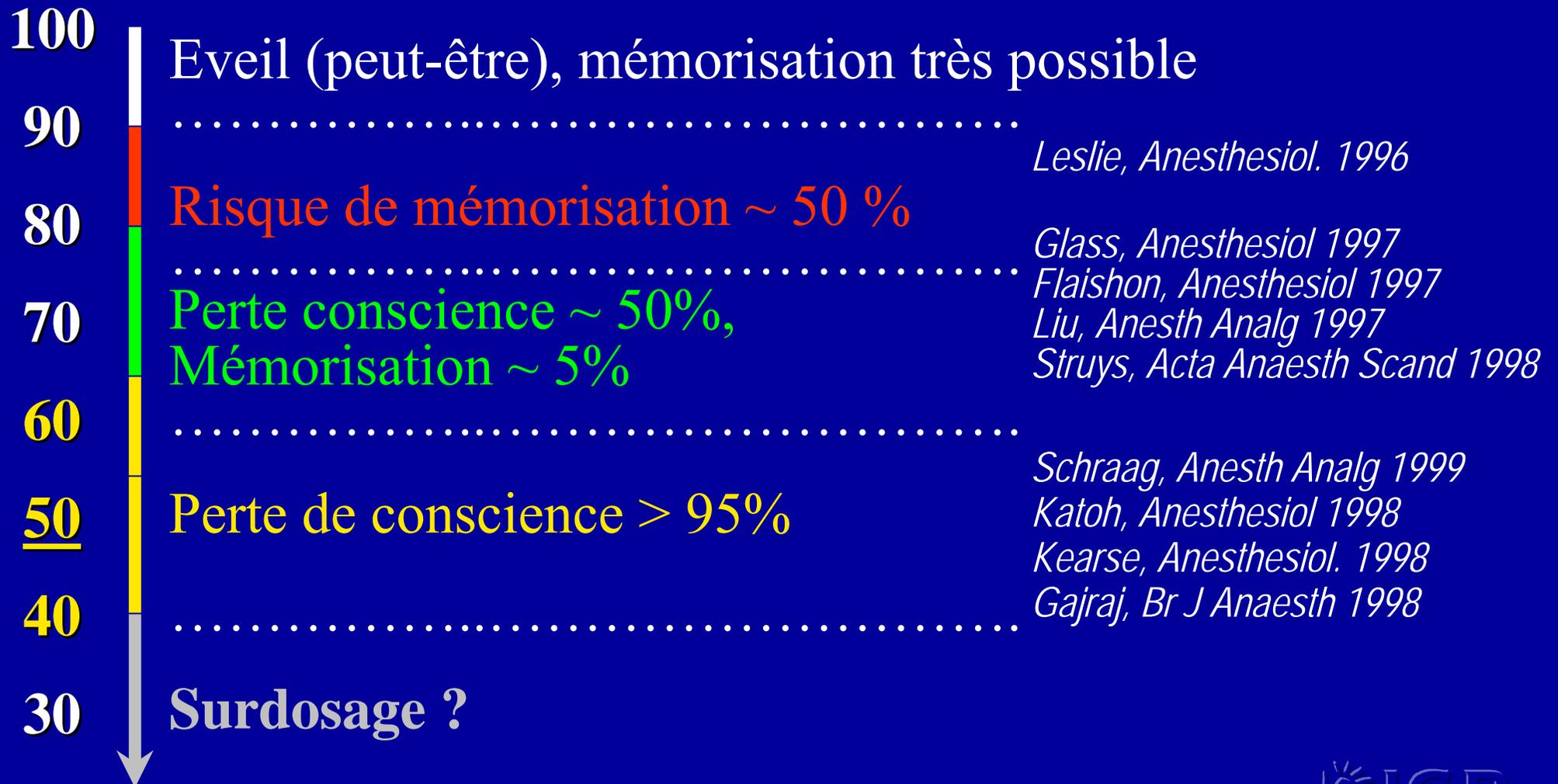
- Amplitude :  $A$  (puissance  $A^2$ )
- la fréquence :  $f$
- la phase à l'origine :  $\theta$



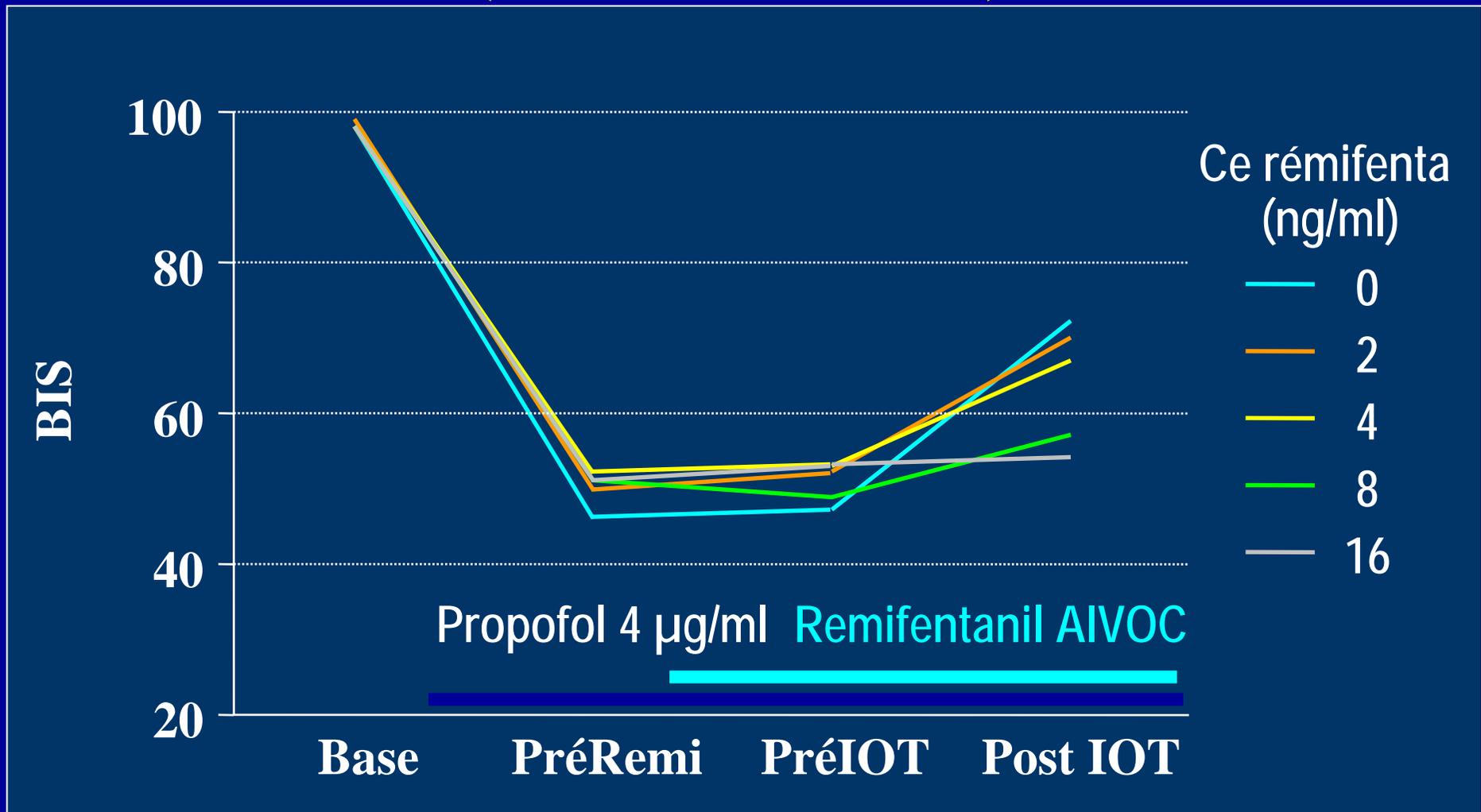
# Le BIS, comment ça marche ?



# Le BIS estime le niveau de sédation / sommeil

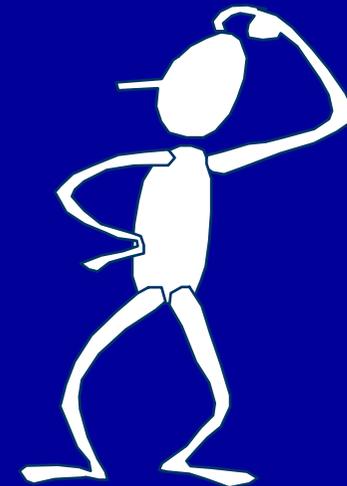
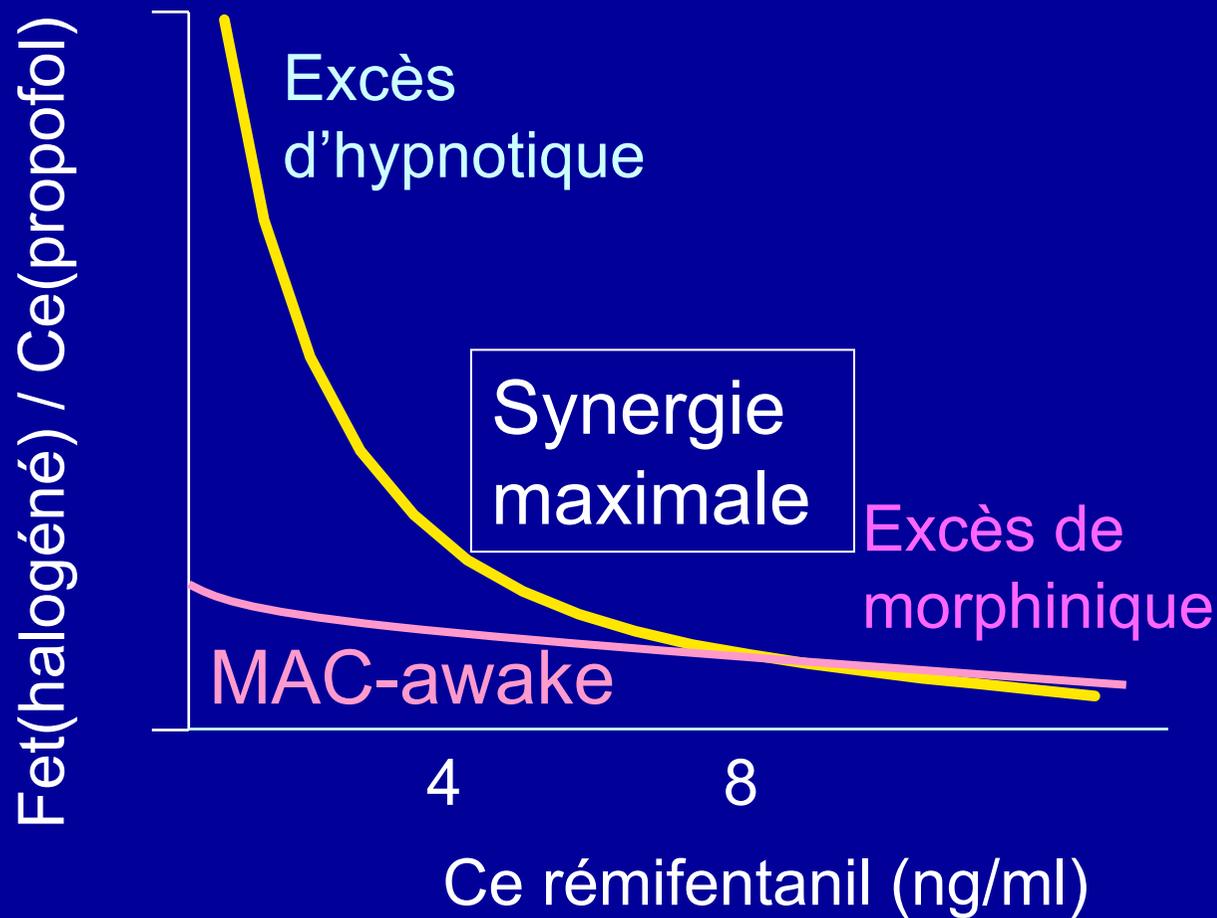


# Le BIS ne prédit pas la réaction (à l'intubation)



Guignard, *Anesth Analg* 2000;90:161-7

# L'équilibre hypnotique- morphinique est un choix stratégique



# Intérêt médical du BIS : Dissociation niveau d'anesthésie / hémodynamique

PA, FC	↗	Normale	↘
<b>BIS &gt; 60</b>	<i>Obstétrique</i>	<i>approfondir</i>	<i>Hypovolémie Etat de choc</i>
<b>40 &lt; BIS &lt; 60</b>	<i>Coeliochir. C. cardiaque</i>	<b>SITUATION IDEALE</b>	
<b>BIS &lt; 40</b>	<i>TNE</i>	<i>alléger AG</i>	<i>Grand âge Polymédications</i>

*Mavoungou & col. Ann Fr Anesthe Réanim 2000*

*D'après Gurman, Int J Clin Monit Comput 1994*

# Patients à zone thérapeutique large : surdosés d'habitude → le BIS fait diminuer les doses

Référence	Hypnotique	Type / durée de chirurgie	Consommation	
			sans BIS	avec BIS
Song 1997	Desflurane ou Sevoflurane	Lig. Tubaire ~ 45 min.	1,2 MAC.h 1,5 MAC.h	- 33% - 53%
Yli-Ankala 1997	Propofol ou Sevoflurane	Gynecologique ~ 90 min.	7,7 mg/kg/h 1,37%	- 29% - 40%
Gan 1997	Propofol	Chir. réglée ~ 110 min.	1253 mg / 2 h	- 23 %
Guignard 2001	Isoflurane	Chir. réglée 100 ± 40 min	8 ml/h	-25%

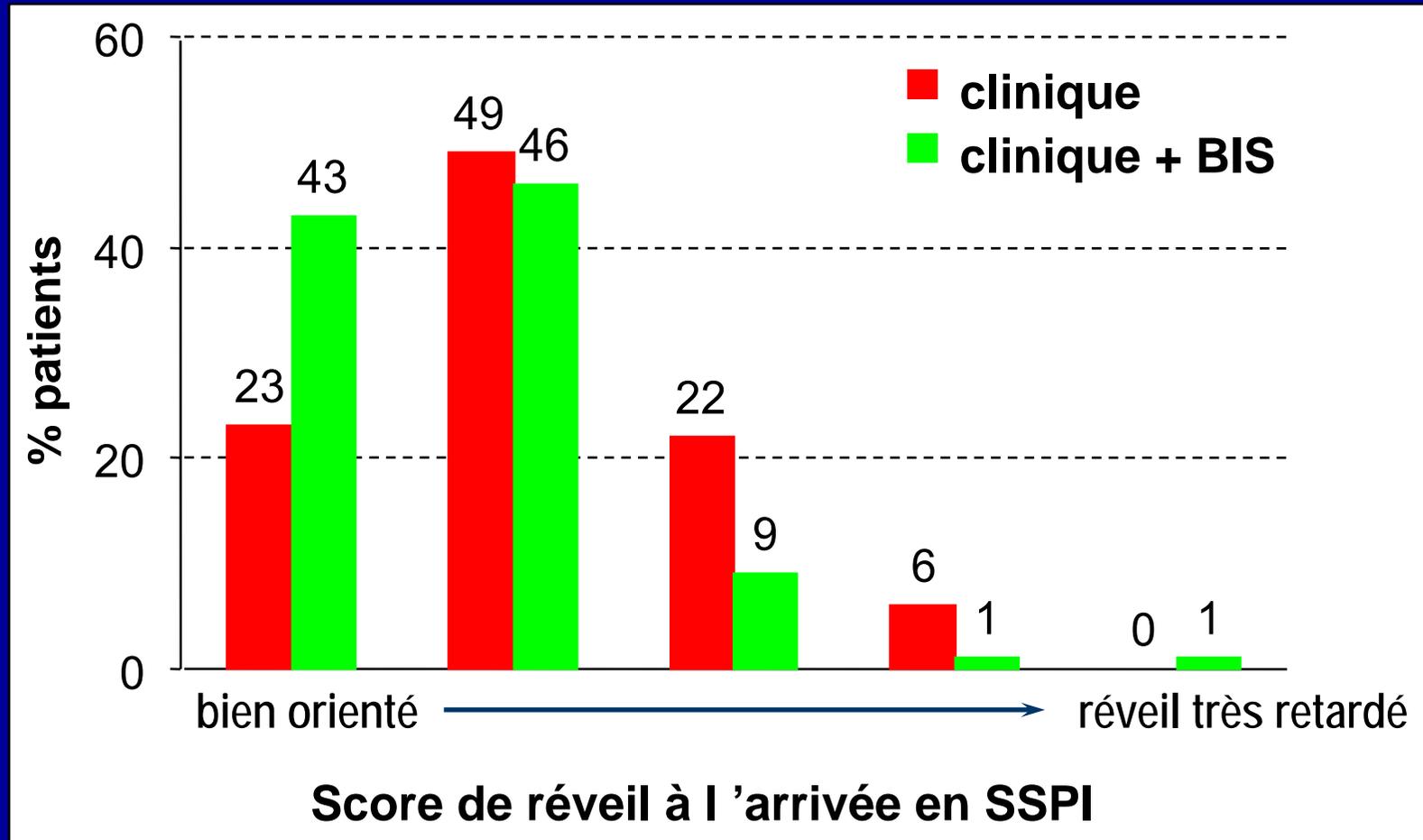
# BIS et délais de réveil : petit bénéfice avec des agents rapides pour une courte durée (propofol – alfentanil de ~ 2 h)

Délai moyen (min) pour :	Pratique Courante (Référence)	Ajustement Clinique (n=125)	Clinique + BIS (n=125)
- ouverture des yeux	12.4	9.5 §	6.2 ***
- réponse aux ordres	14.3	10.5 §	6.6 ***
- extubation	13.3	11.2	7.3 **
- sortie SSPI	44	37.8	31.7 *

BIS vs. clinique : \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\* p<0.001; Clinique vs. pratique courante : § p<0.05

*Gan, Anesthesiology 1997*

# L'anesthésie ajustée au BIS amène en SSPI un patient plus autonome



*Gan, Anesthesiology 1997*

# Le monitoring apporte une seconde dimension dans la conduite de l'anesthésie

PA, FC	↗	Normale	↘
<b>BIS &gt; 60</b>	<i>Approfondir AG</i>	<i>approfondir</i>	<i>remplissage ± approfondir</i>
<b>40 &lt; BIS &lt; 60</b>	<i>Autre cause ?</i>	<b>SITUATION IDEALE</b>	<i>Autre cause</i>
<b>BIS &lt; 40</b>	<i>Autre cause ?</i>	<i>alléger AG</i>	<i>Alléger AG ± autre cause</i>

*Mavoungou & col. Ann Fr Anesthe Réanim 2000  
D'après Gurman, Int J Clin Monit Comput 1994*

# BIS et haut risque d'awareness : B-aware randomised controlled trial

High risk general anesthesia with relaxant  
Cesarean section / cardiac surgery / hypovolemic acute trauma /  
bronchoscopy / severe cardiac or resp status /  
past awareness or difficult intubation /  
alcohol, BZD or antoprotease

2463 patients studied

1225 BIS monitoring  
BIS 45-60

1238 routine care

2 awareness  
(0.17%)

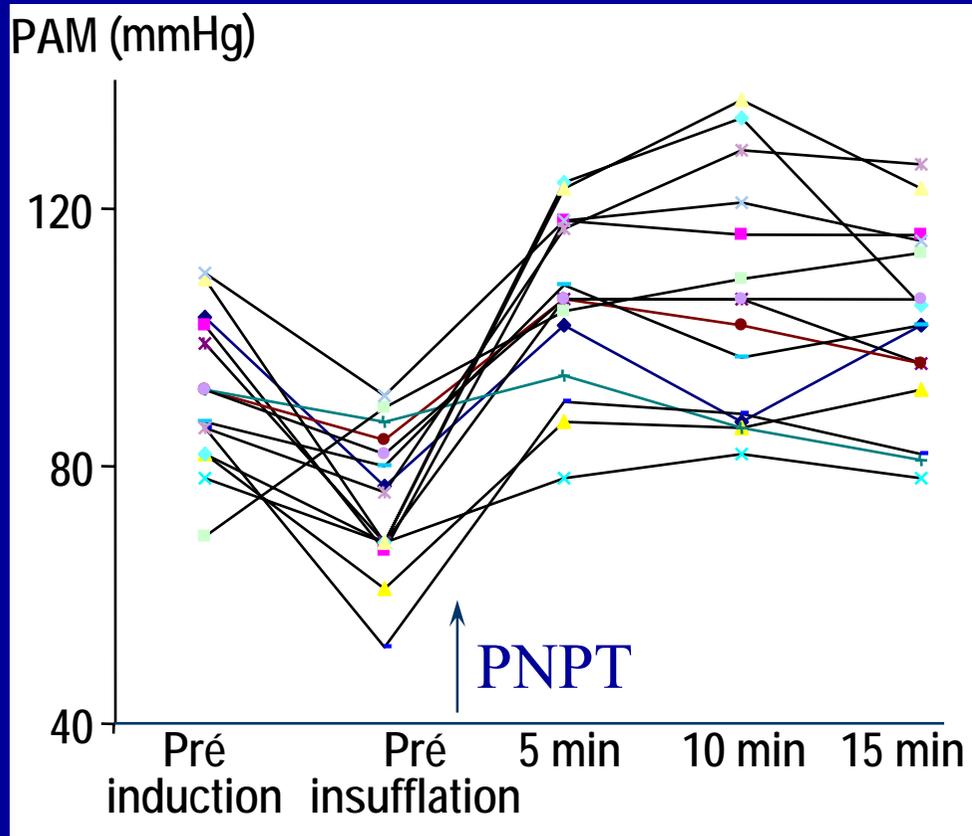
11 awareness  
(0.91%)

**O.R. 0.18**

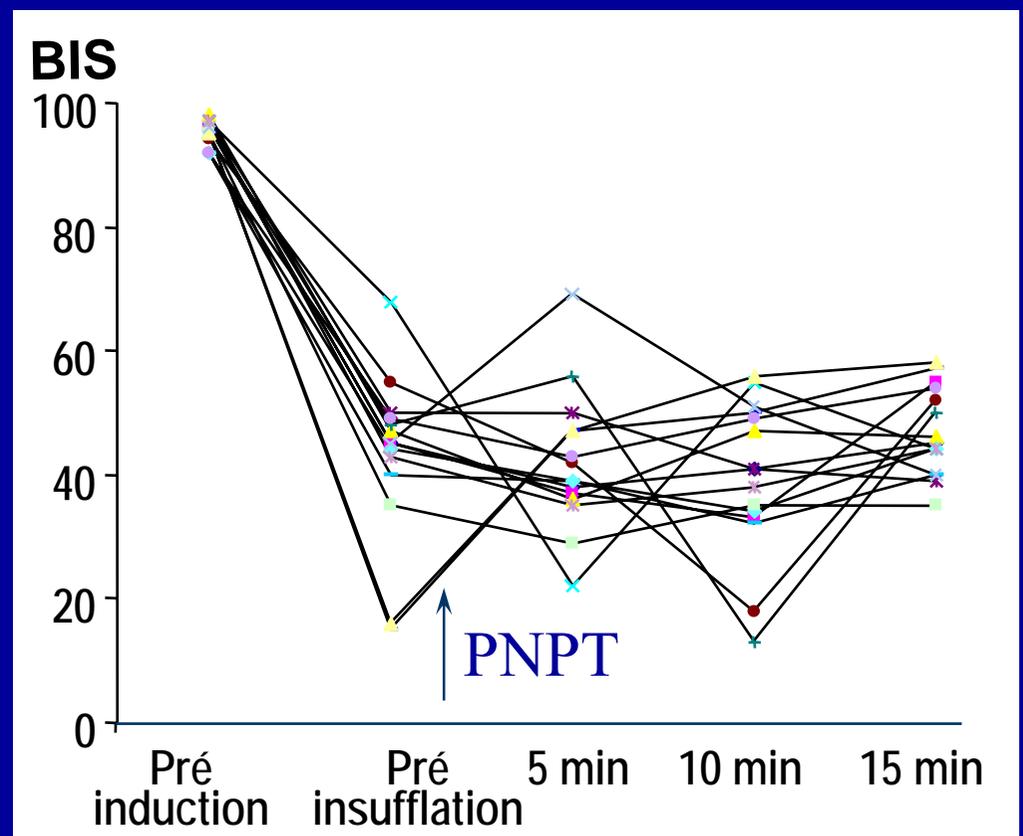
*Myles & col. Lancet, May 2004*

# BIS et coeliochirurgie

Hémodynamique seule :  
morphinique ou urapidil ?



PA  $\nearrow$  mais BIS  $\rightarrow$  :  
plutôt urapidil !



*Mavoungou & col : Ann Fr Anesth Réanim 2000*

# Influence du BIS sur la mortalité ajustée au risque à 1 an

- Selon le % d'utilisation du BIS dans l'établissement (*Monk, ASA 2003, A 1361*)
  - Jamais utilisé : 9,3%
  - > 75% des cas : 8,7% ( $p < 0,001$ )
- Selon le nombre d'heures avec BIS < 45 (*Lennmarken, ASA 2003, A303*)
  - Risque relatif : + 14% / h de surdosage

# LE BIS : limites d'utilisation ?

- Interférences
  - Activité musculaire du front, des yeux (EMG)
  - Bistouri électrique, Pace-maker, ± Bair hugger, radio fréquence,...
  - Diagnostic : IQS (< 50% = valeur de BIS peu fiable)
- Problèmes techniques
  - Chirurgie tête et cou
  - Lésions cutanées (brûlé)
- Limites pharmacologiques
  - Kétamine
  - ± N<sub>2</sub>O
- Lésion cérébrale focalisée ?

# Entropie

# Calcul de l'entropie spectrale

Signal EEG numérisé  $X(t)$

*Analyse spectrale*

Spectre de puissance  $X'(f)$

*Normalisation*

Spectre normalisé ( $\sum P = 1$ )

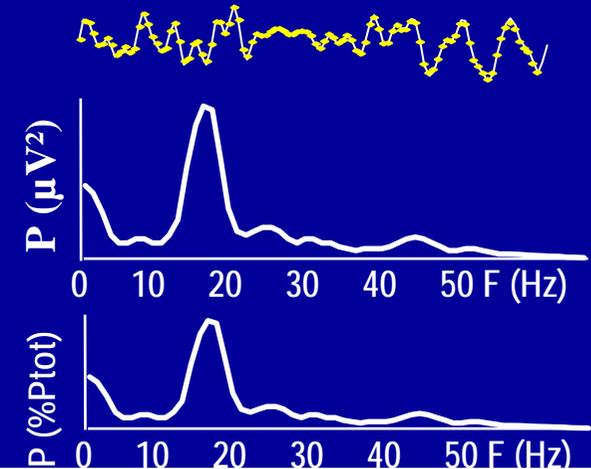
*Balayage du spectre par la fonction de Shannon*

Entropie  $S$

*Normalisation*

Entropie normalisée

Entropie totale

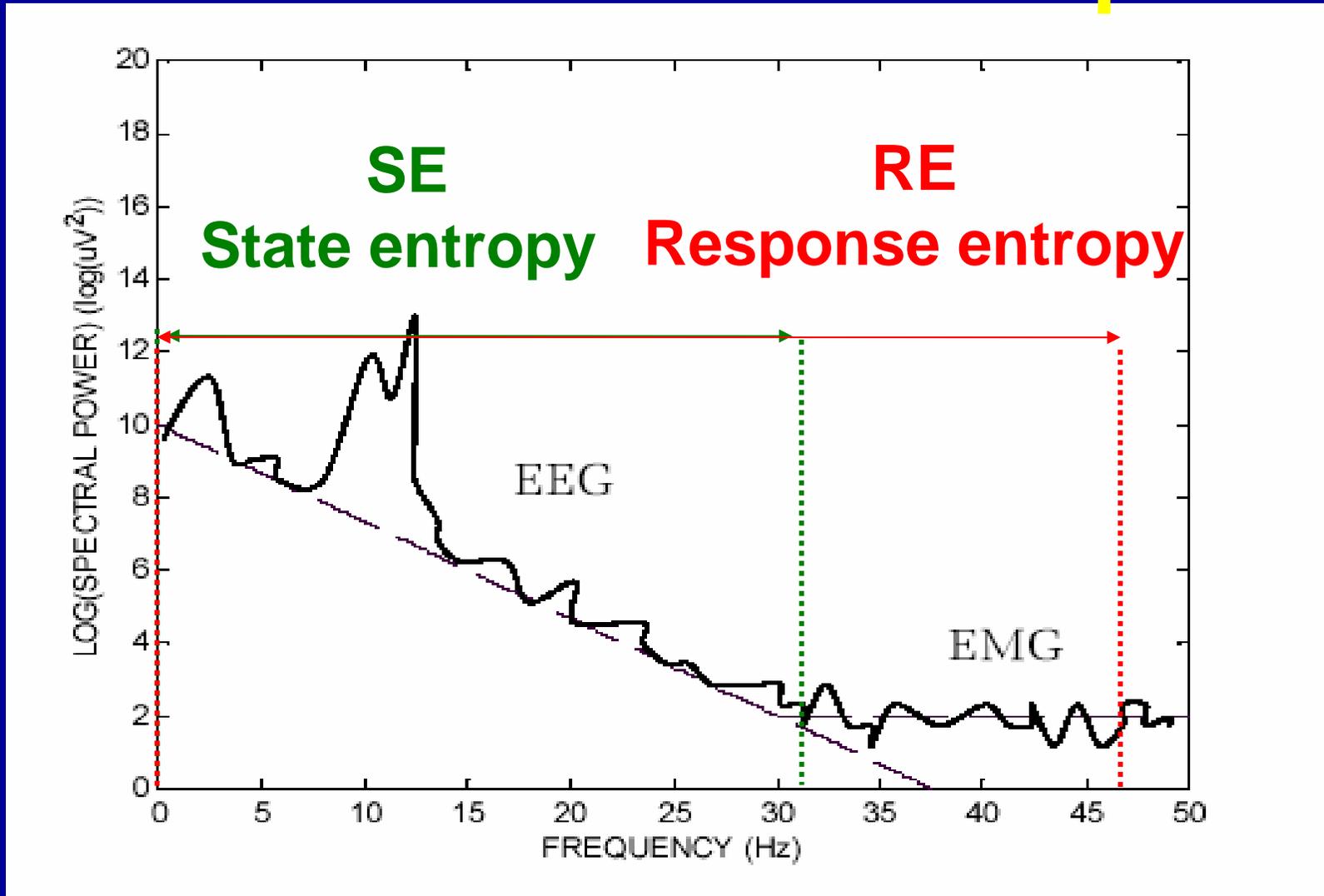


$$S[f_1, f_2] = \sum_{f_1}^{f_2} P_n(f_i) \text{Log} \frac{1}{P_n(f_i)}$$

$$S_N[f_1, f_2] = \frac{S[f_1, f_2]}{\text{Log}(N[f_1, f_2])}$$

$$S = \sum (S_N[f_1, f_2])$$

# Entropie spectrale : influence de la bande de fréquence



# Module d'entropie Datex-Ohmeda

- Module intégré à un moniteur S/5 ou S/5 compact
- 2 paramètres
  - **SE = State Entropy** (entropie basale)  
Basses fréquences ← EEG cortical
  - **RE = Response Entropy**  
(entropie réactionnelle)  
Basses + hautes fréquences  
← Activité corticale, sous-corticale  
+ EMG facial

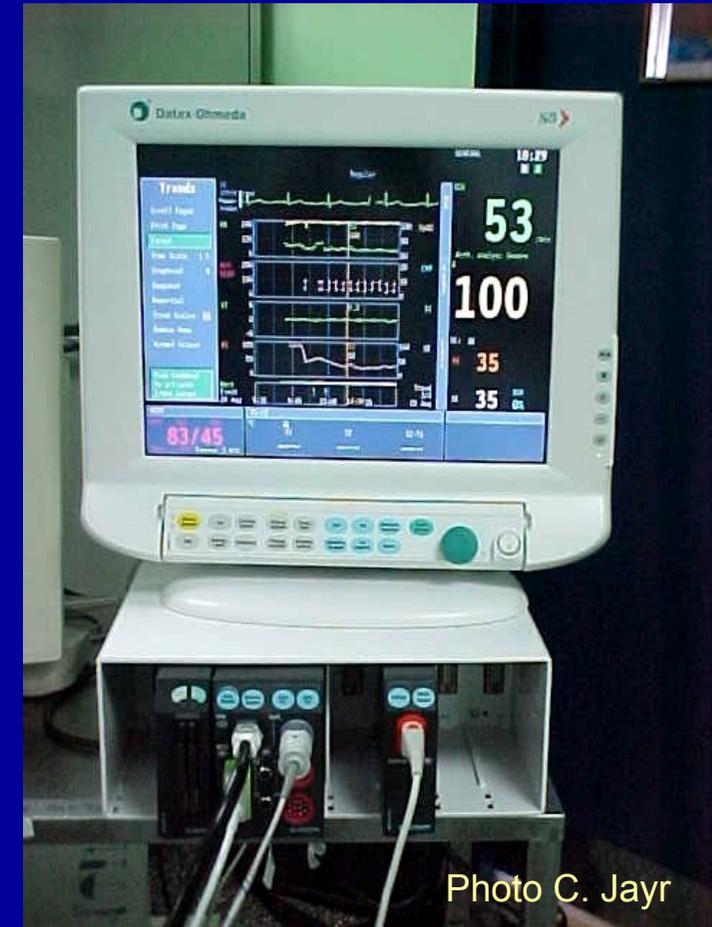
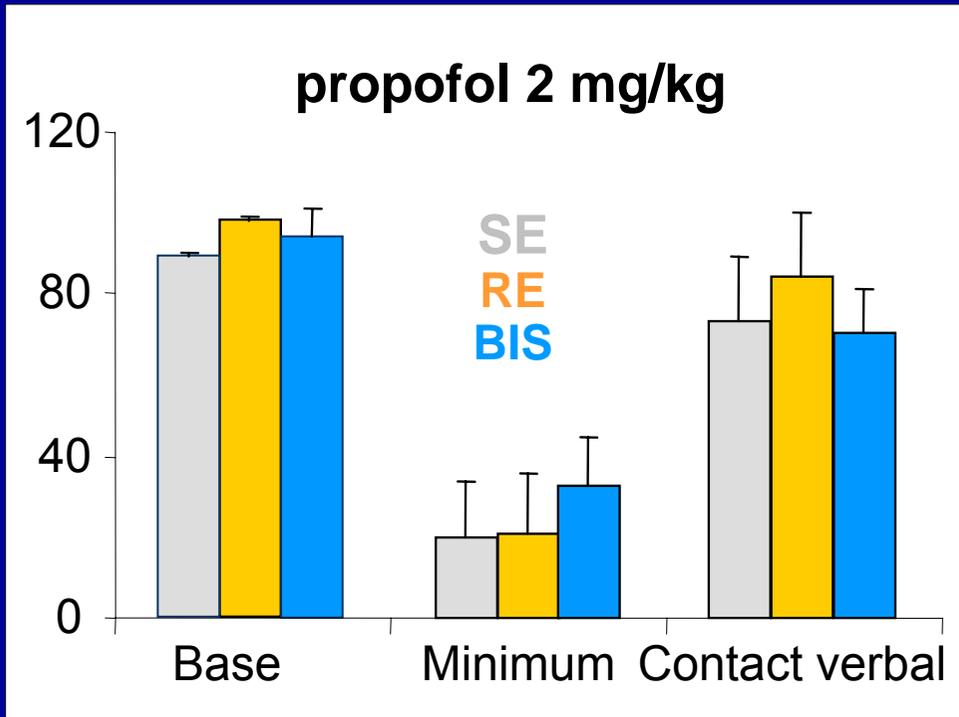
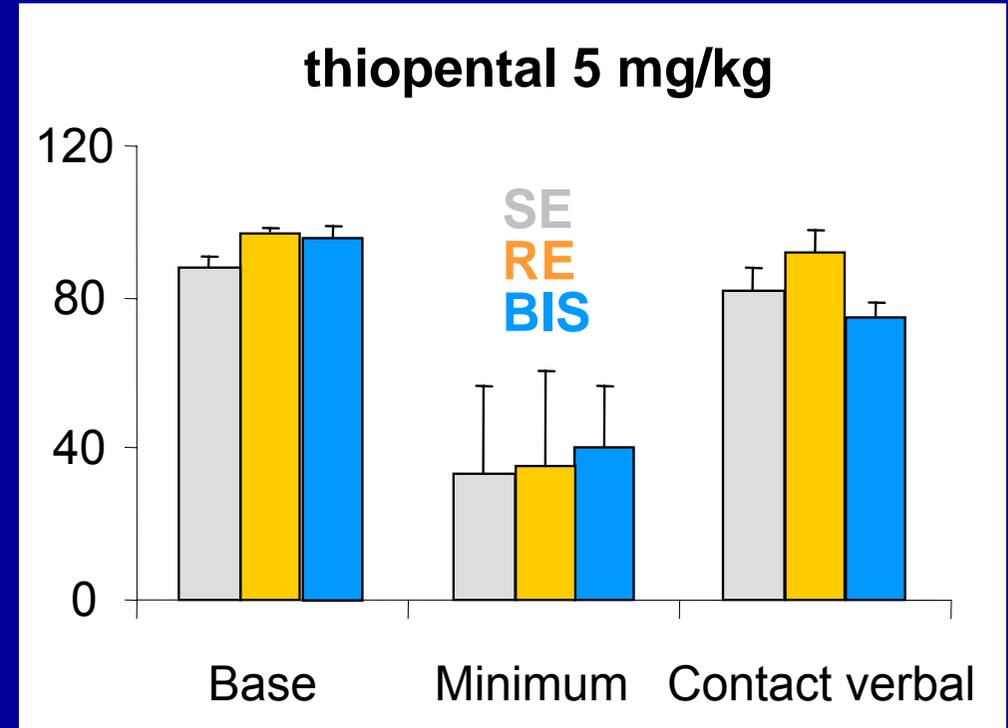


Photo C. Jayr

# Après un bolus, l'entropie baisse !



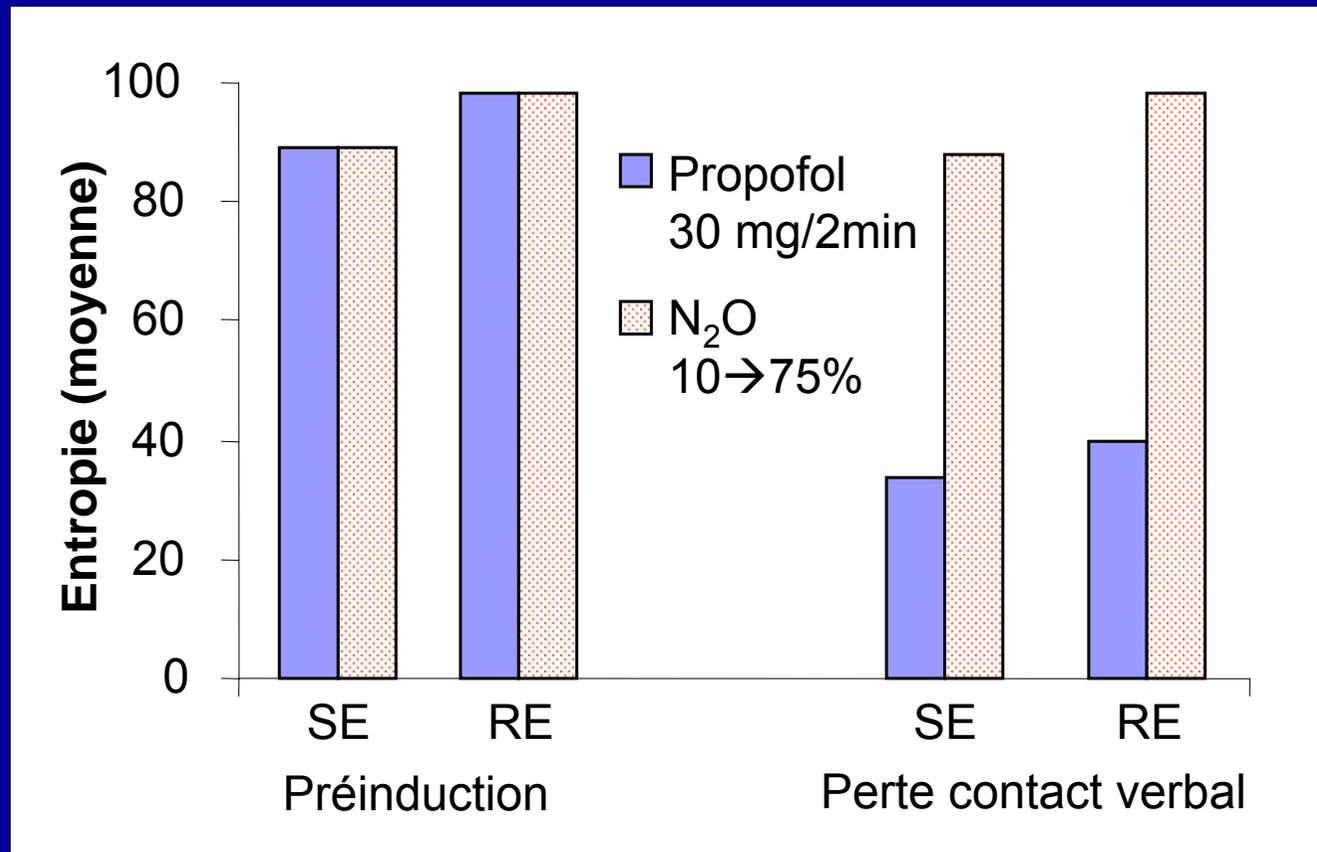
**Sensibilité / spécificité > 95%**



**Sensibilité / spécificité > 90%,  
reproductibilité acceptable**

*Vakkuri & col, Acta Anaesth Scand 2004*

# L'effet sédatif du protoxyde n'est pas détecté par l'entropie



# Narcotrend

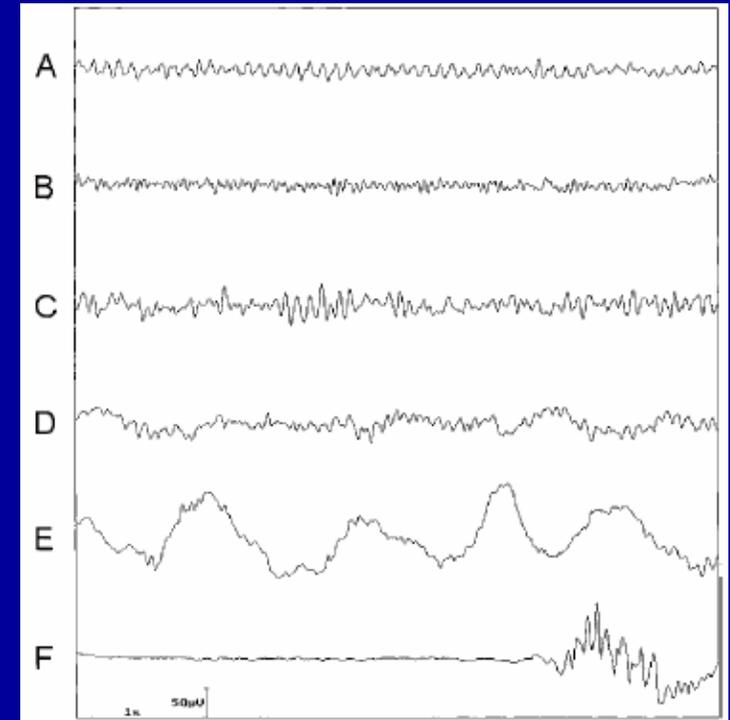
# Narcotrend : historique et principes de calcul

- **Evaluation visuelle**

- 1937, Loomis : 5 stades (A → E)
- 1981, Kugler : 6 stades (A → F)
- 2000, Schultz :  
A, B<sub>0-2</sub>, C<sub>0-2</sub>, D<sub>0-2</sub>, E<sub>0-1</sub>, F<sub>0-1</sub>

- **Calcul automatique → Narcotrend**

- Analyse BDD (propofol, enflurane, propofol)
- Développement de l'algorithme
  - Classification automatique ↔ visuelle
  - Ajustement à l'âge

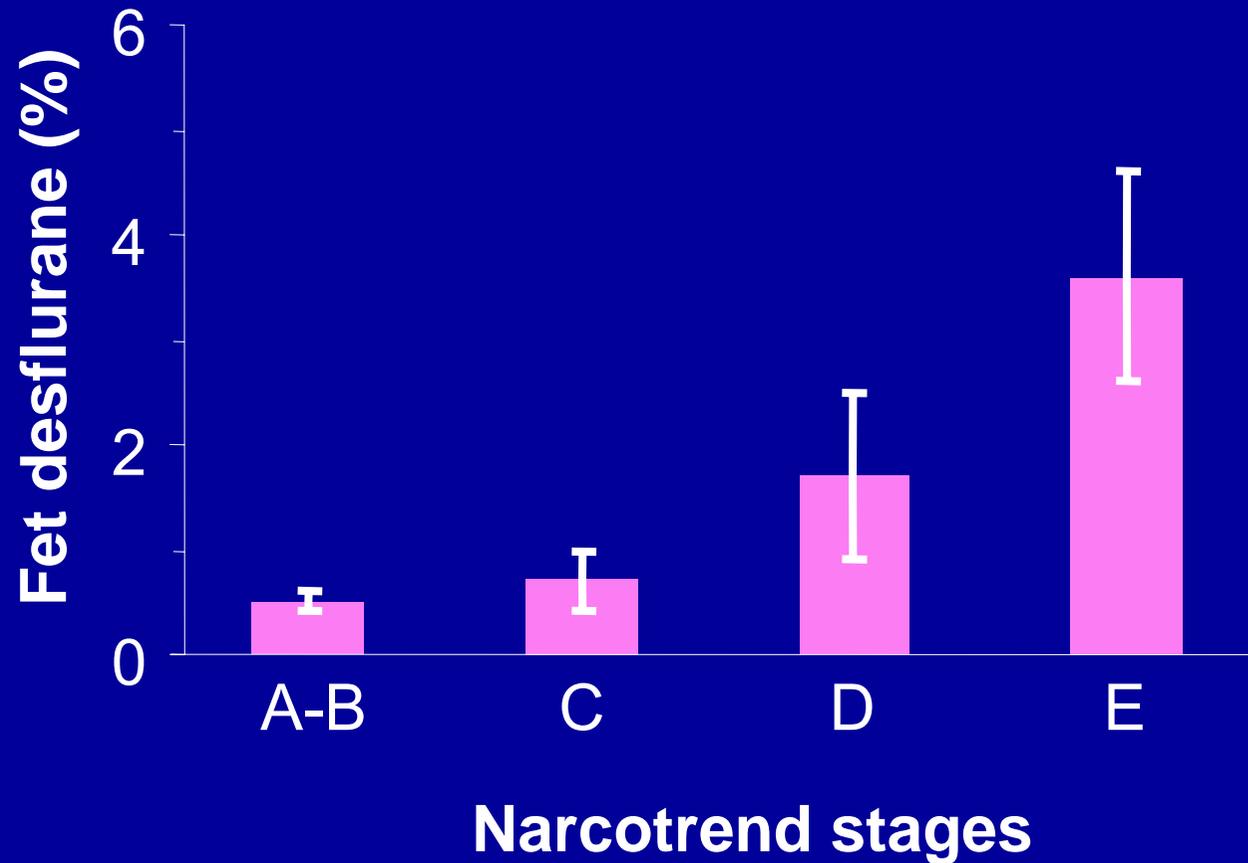


# Narcotrend : stades successifs

Narcotrend	Index	Activité EEG	Etat clinique
<b>A</b>	95 - 100	$\alpha$	Réveillé
<b>B<sub>0</sub></b>	90 - 94	$\beta \pm \theta$ petite amplitude	Hypnose très légère
<b>B<sub>1</sub></b>	85 - 89		
<b>B<sub>2</sub></b>	80 - 84		
<b>C<sub>0</sub></b>	75 - 79	$\nearrow \theta$ jusqu'à 80 %	Hypnose légère
<b>C<sub>1</sub></b>	70 - 74		
<b>C<sub>2</sub></b>	65 - 69		
<b>D<sub>0</sub></b>	57 - 64	$\nearrow \delta$ jusqu'à 80 %	Hypnose assez profonde
<b>D<sub>1</sub></b>	56 - 47		
<b>D<sub>2</sub></b>	37 - 46		
<b>E<sub>0</sub></b>	27 - 36	$\delta \approx$ continues $\delta$ très lentes début burst suppression	Hypnose profonde
<b>E<sub>1</sub></b>	20 - 26		
<b>E<sub>2</sub></b>	13 - 19		
<b>F<sub>0</sub></b>	5 - 12	Burst suppression majoritaires	Hypnose très profonde Coma
<b>F<sub>1</sub></b>	0 - 4		

# **Narcotrend et perte de conscience / mémorisation**

# Corrélation Narcotrend-Fet Desflurane

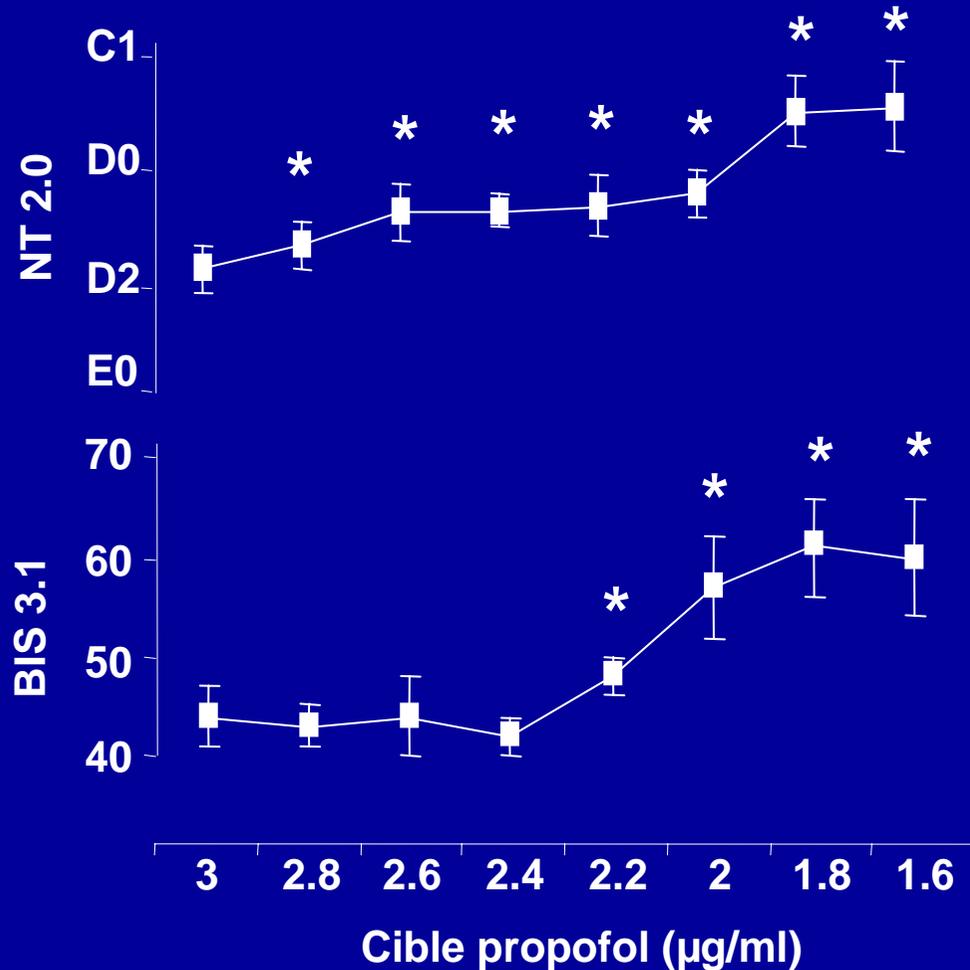


# Narcotrend et composante hypnotique?

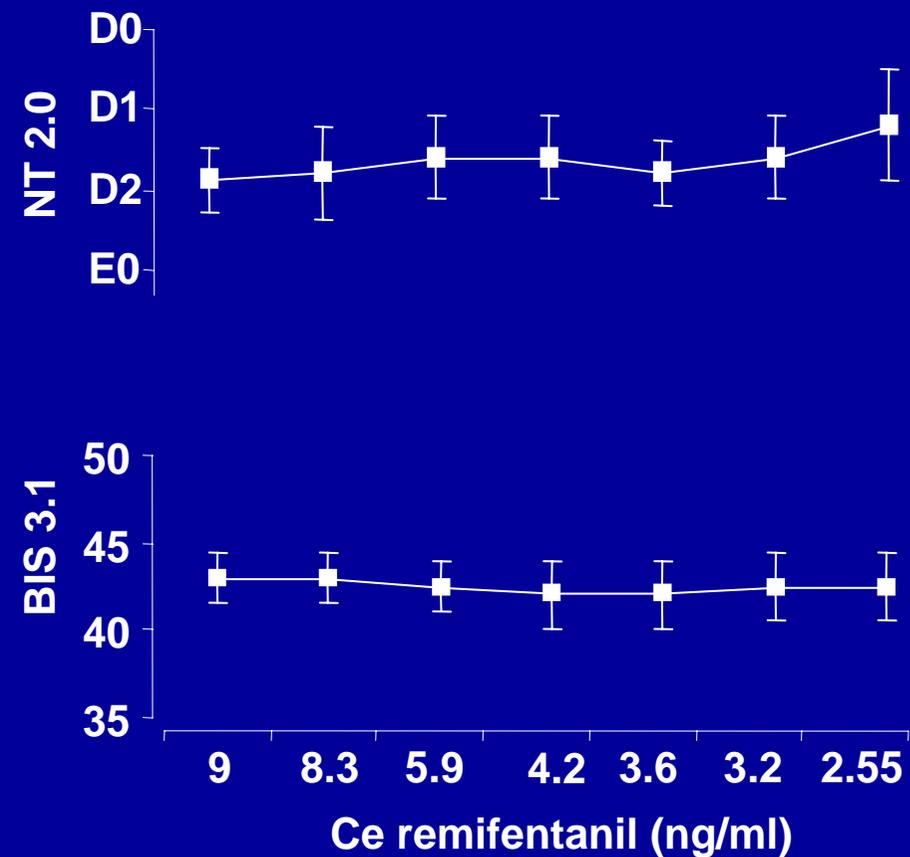
- Corrélé à la concentration d'hypnotique
  - Ce propofol (2-6  $\mu\text{g/ml}$ ) *Kreuer, Anesth Analg 2004*
  - Fet desflurane (0.5-4%) *Kreuer, Anaesthesist 2002*
- Corrélé au BIS *Kreuer, Anaesthesist 2001*
- Mémorisation implicite
  - Seulement si hypnose légère *Munte, Anesth Analg 2003*
- Economies de propofol  $\approx$  BIS
  - $4.8 \pm 1.0$  vs  $6.8 \pm 1.2$  mg/kg/h *Kreuer, Anesthesiology 2003*
- Diminution du délai de réveil
  - $3.5 \pm 3$  vs.  $9.3 \pm 5$  min. *Kreuer, Anesthesiology 2003*
  - $10 \pm 6$  vs.  $12 \pm 7$  min. *Wilhelm, Anaesthetist 2002*
  - Surtout si entretien en C et pas D

# Narcotrend et composantes de l'anesthésie

## Décroissance du propofol



## Décroissance du rémifentanil

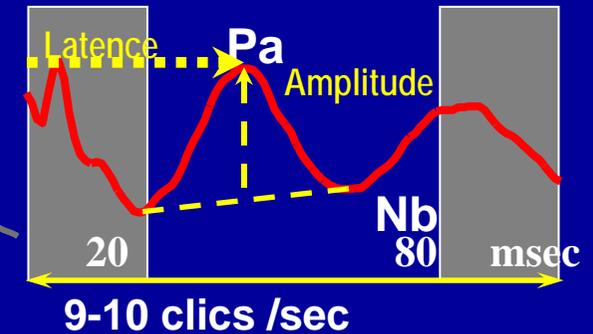
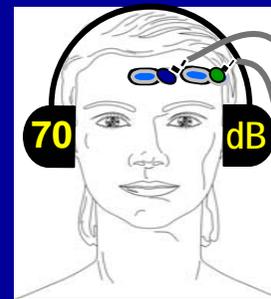


# Potentiels évoqués

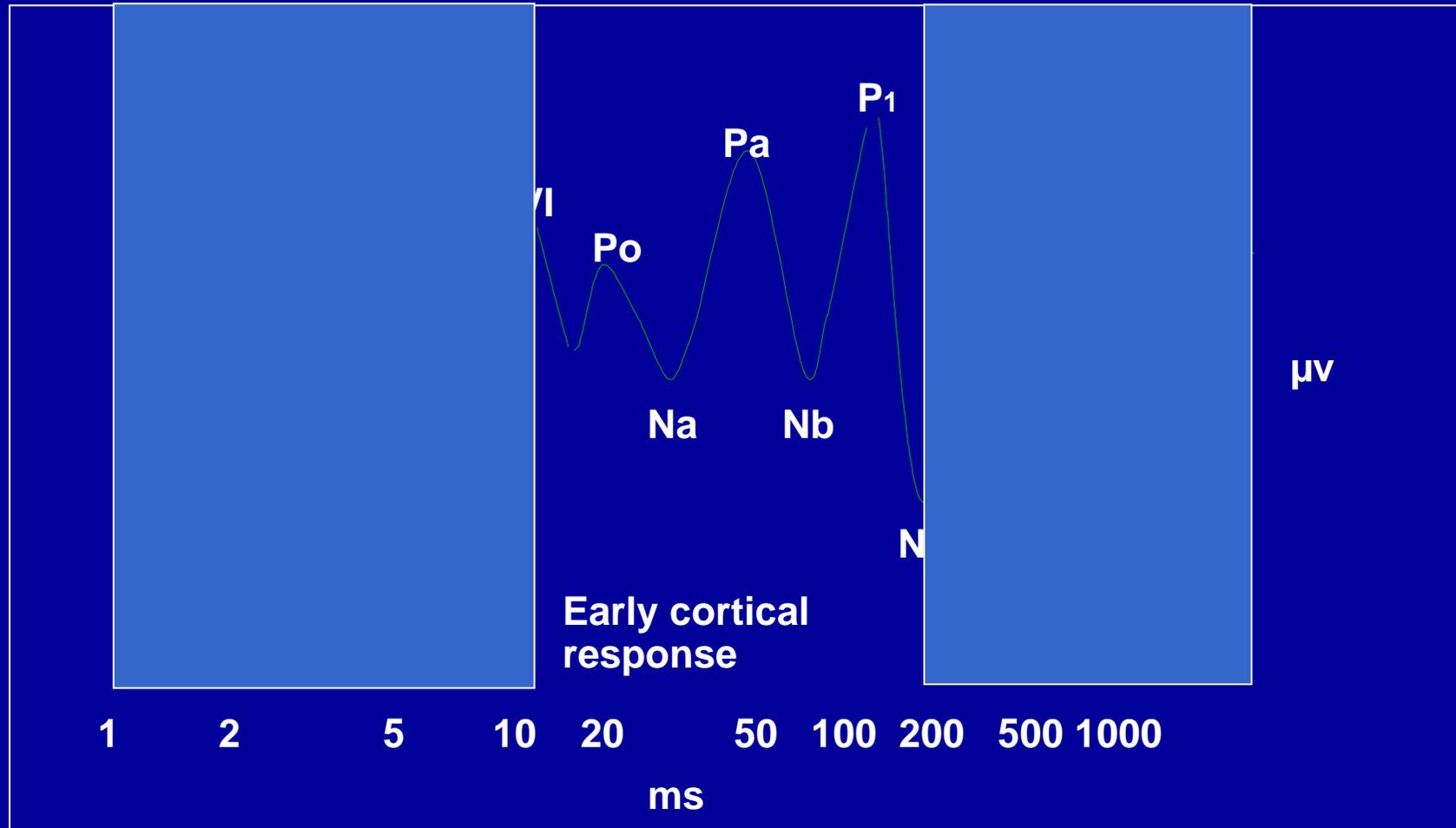
- Réponse de l'EEG cortical à un stimulus standardisé
  - Somesthésique (PES) : difficiles à extraire
  - Visuel (PEV) : faciles à recueillir mais variables+++
  - **Auditif (PEA)**
- Peut être modifié par :
  - L'atteinte anatomique des voies sensorielles
  - Une pathologie corticale
  - La dépression pharmacologique de la transmission (A.G.)

# Les Potentiels Evoqués Auditifs

- Réponse du cortex cérébral à une stimulation auditive
- 1 seul moniteur en France
  - 1 paramètre : « AAI »
    - varie de 120 à 0
    - > 70 ↔ éveil
    - < 35 ↔ niveau chirurgical
- Performances cliniques
  - corrélé avec P.C.
  - «        avec concentration de propofol
- Limites d'utilisation
  - Semblables à celles du BIS + Stimulation auditive continue
  - Pas de troubles de l'audition



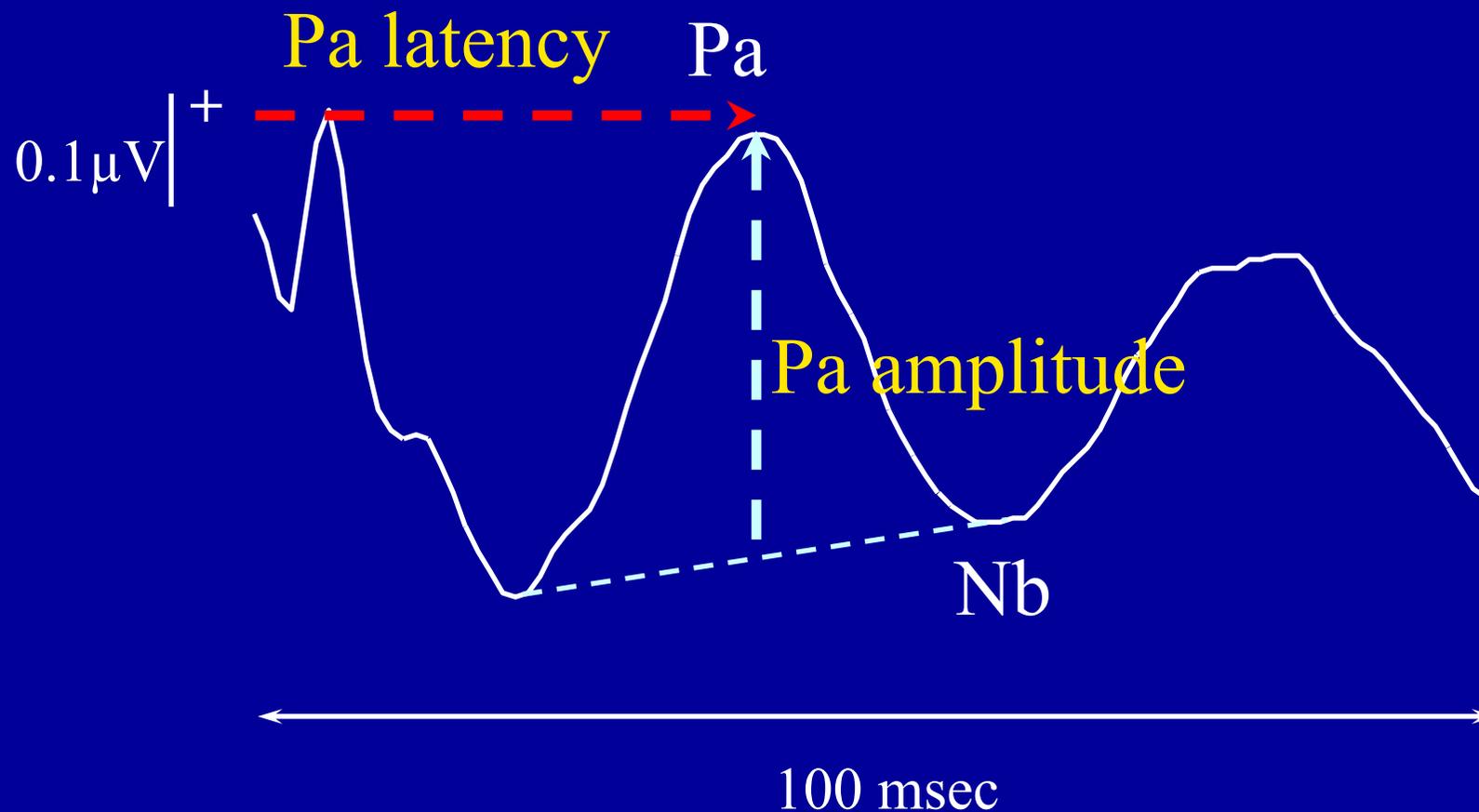
# Les PEA de latence moyenne sont les plus sensibles au cours de l'A.G.



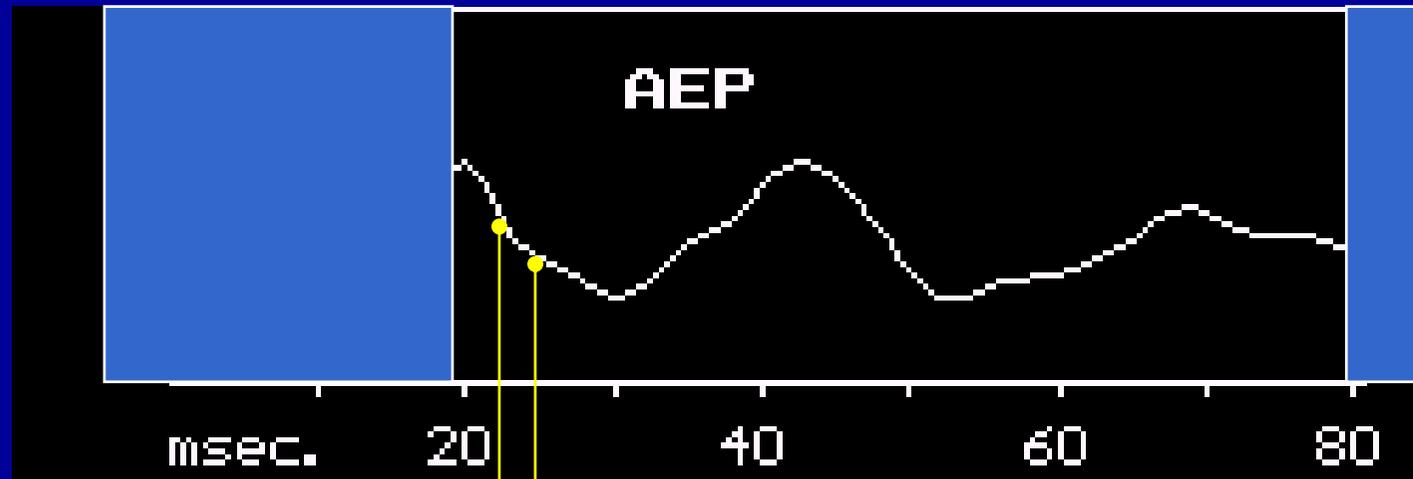
# Méthodes d'analyse des PEA

- « Classique » :
  - Moyennée sur plus de 1000 réponses
    - Latence /amplitudes (Thornton, Newton, Plourde...)
    - AEP index : Kenny & col.
- « Fast extracting »
  - 256 périodes
  - 1 paramètre : AAI (Danmeter)

# Comment analyser un PEA?



# L'AAI



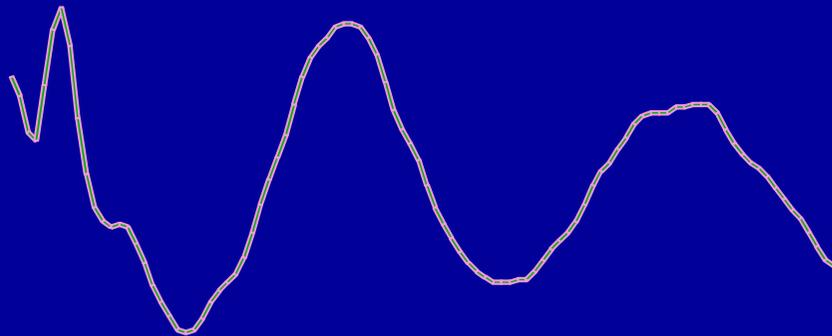
Fenêtre de PEA = 20-80 ms

$x_i$   $x_{i+1}$

$$AAI = \sum |x_i - x_{i+1}|$$

# Influence de l'anesthésie sur les PEA

- Sujet éveillé : réponse ample et rapide, index haut



AAI = 93

- Sujet endormi : tracé amorti et ralenti, index bas

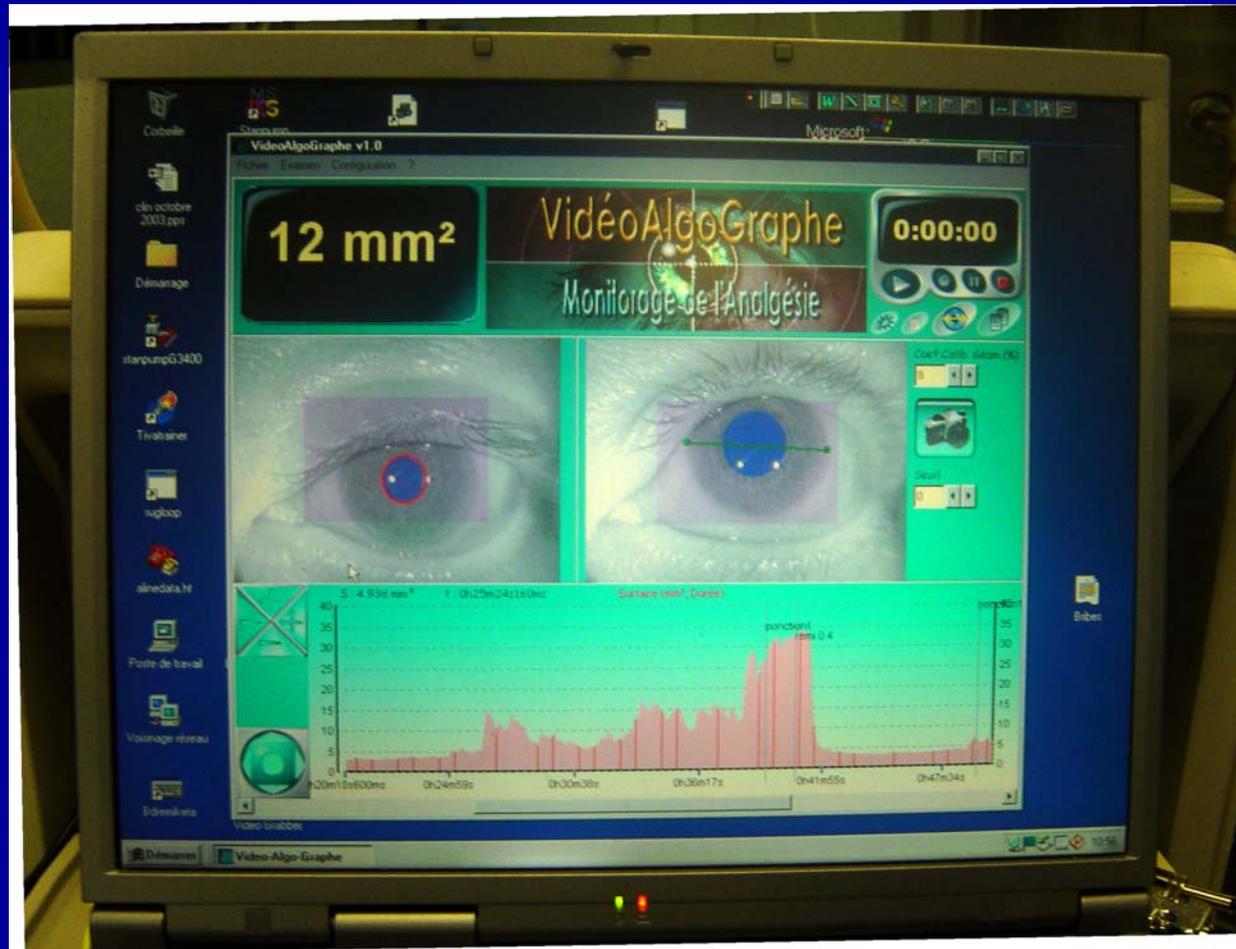


AAI = 16

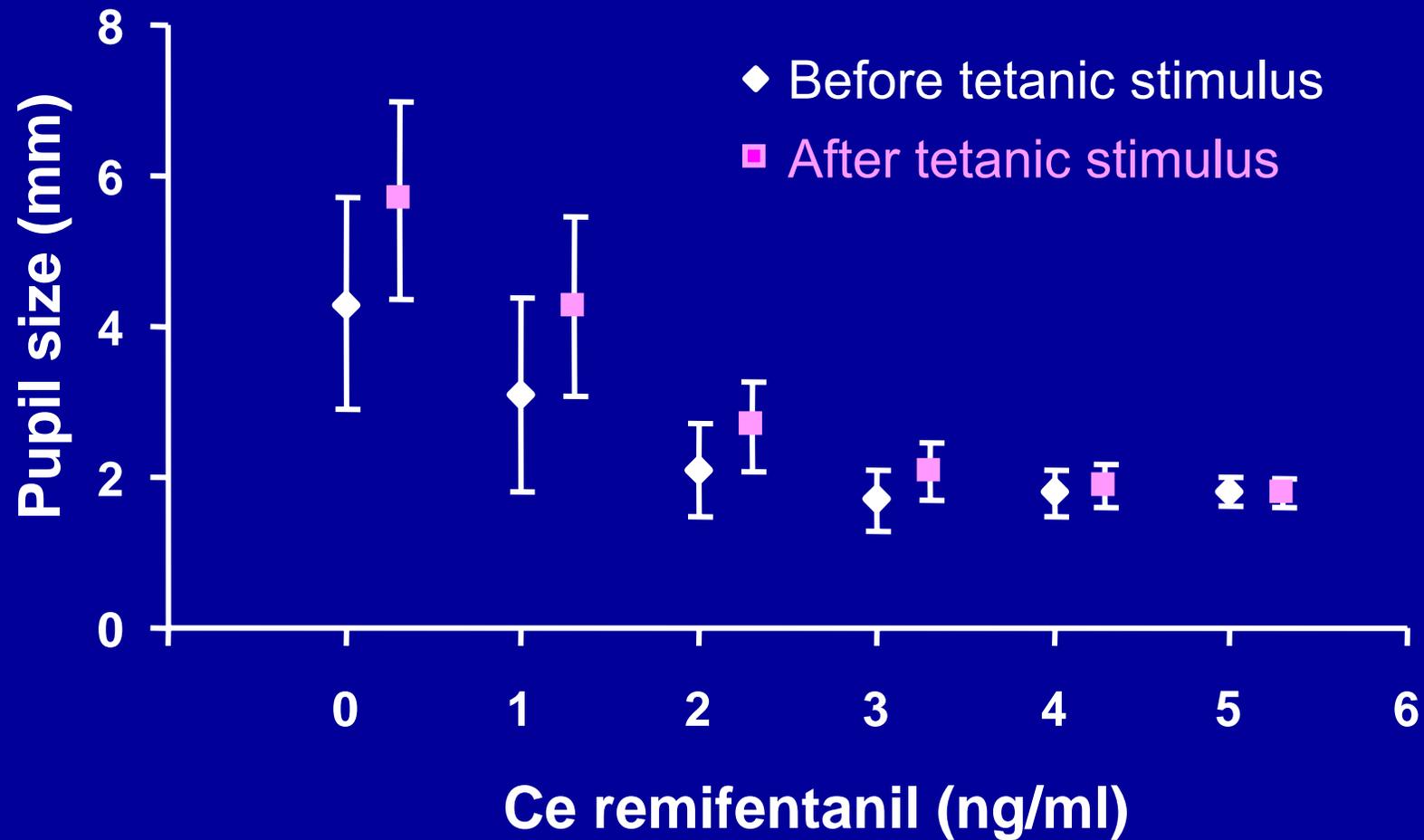
# Conclusion

- Les PEA sont ralentis et amortis parallèlement à l'approfondissement de l'anesthésie
- L'analyse classique est
  - De réponse lente (moyennage)
  - Avec peu de données cliniques (morphinique ?????)
  - Assurée par des prototypes ou calculée manuellement
- L'analyse rapide est :
  - De réponse rapide (après artefacts)
  - Plus performante si calibrée avant l'induction
  - Assurée par un moniteur commercialisé
- Les performances cliniques restent à préciser

# Pupillométrie (VAG, Synapsis)



# Réponse de la pupille à une stimulation douloureuse



# En résumé

	BIS	Entropie spectrale	Narcotrend	AAI	VAG
Discriminant					
-Perte conscience	+++	++	+	+	?
-Prédiction réponse	0	±	?	?	?
-Reflet réponse	±	+++	?	?	+
Reproductible	++	?	?	?	?
Robuste	++	?	±	?	?
Bénéfice médical	++	?	?	?	?
Bénéfice économique	+++	+	+	+	?