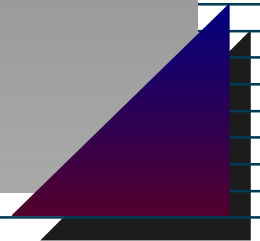




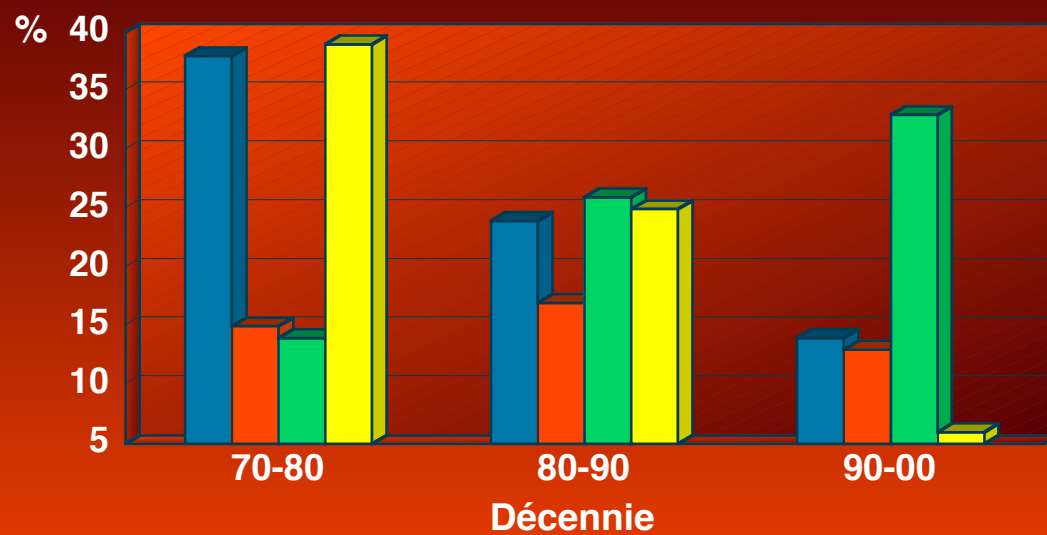
Mesure O₂ trans-cutanée et saturométrie

Michel Girard MD



Évolution des réclamations depuis 20 ans aux EU

Closed Claims Project



■ Ventil. inadéq. ■ Intub. oesoph. ■ Intub. difficile ■ Prévention

Lee et al. Anesth Clin N Am. 20; 2002: 247-63

Plan

- **Oxymétrie trans-cutanée**
- **Optode**
- **Erreur systématique et précision**
- **Saturométrie**
 - **Calibration**
 - **Sources d'erreur**
 - **Interférence optique**
 - **Artéfacts dûs au mouvement**
 - **Faible rapport signal/bruit**
 - **Fiabilité**

Oxymétrie trans-cutanée

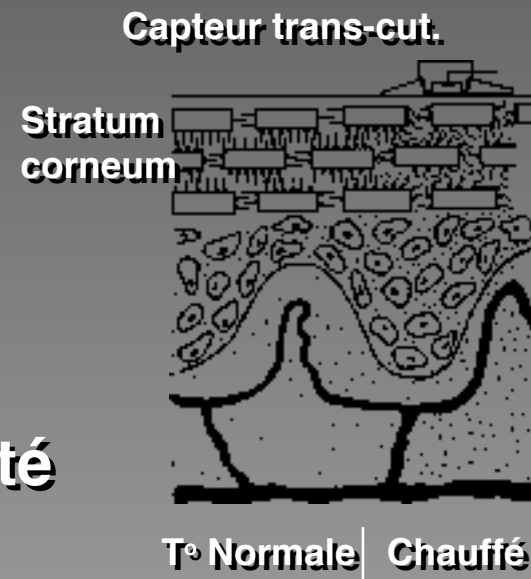
Baumberger & Goodfield, 1951

- Basée sur le fait que la PO₂ d'un liquide chauffé est = à la PaO₂
- Utilise une électrode de Clark (Polarographique) chauffée pour 3 raisons.

PtcO₂

Trois raisons:

- Courbe O₂ déviée à droite
- Structure du stratum corneum est modifiée
- Débit capillaire est augmenté

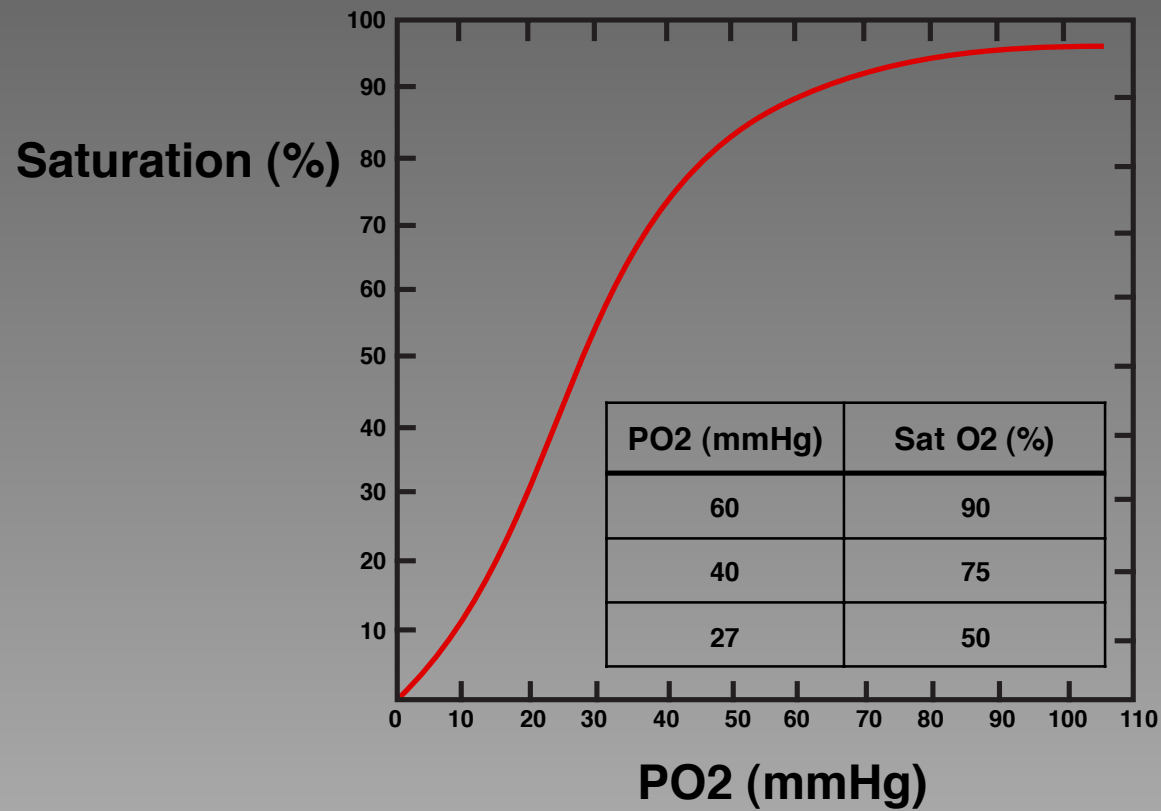


PtcO₂

Avantages

- **Non invasif**
- **Précis**
- **Évalue l'hypoxie**
- **Se combine à la mesure du CO₂**

Courbe dissociation Hb



PtcO₂

Désavantages

- Changement de site et recalibration q 4-6 hres
- Temps d'équilibration: 5-10 min
- Temps de réponse: 1-3 min
- Brûlures
- Fragilité
- Si se décolle,
lit la PO₂ atmosphérique (159 mm Hg)

PtcO₂

Désavantages (suite)

- Sensible à la pression
- Résultats varient selon le site de mesure
- Sensible à l'halothane (Lecture O₂ aug. ad 50 mm Hg, Teflon << polypropylène)
- Lecture modifiée par l'hyperventilation

PtcO₂

*PtcO₂ Index:
PtcO₂ / PaO₂*

**En condition stable:
Varie avec l'âge.**

PtcO ₂ Index	Groupes d'âge
1.14	Pré maturé s
1.0	Nouveaux nés
0.84	Enfants
0.8	Adultes
0.7	Adultes > 65 ans

**En condition instable:
Varie avec le
débit cardiaque.**

PtcO ₂	Index cardiaque (l/min/m ²)
0.8	> 2.2
0.5	1.5 - 2.2
0.1	< 1.5

PcjO₂

P_O2 conjonctivale

- **Même système**
 - Mais le stratum corneum est plus mince et recouvert par la paupière
- **donc non chauffée**
 - À l'équilibre en 60 sec.
 - = PO₂ de la carotide interne
 - moins utile chez le patient éveillé

PcjO₂

- **Sensible à la perfusion périphérique**
- **Varie en fonction de l'âge**

donc:

plus rapide

**mais a les mêmes inconvénients que PtcO₂
+ le risque de trauma oculaire.**

PtcCO₂

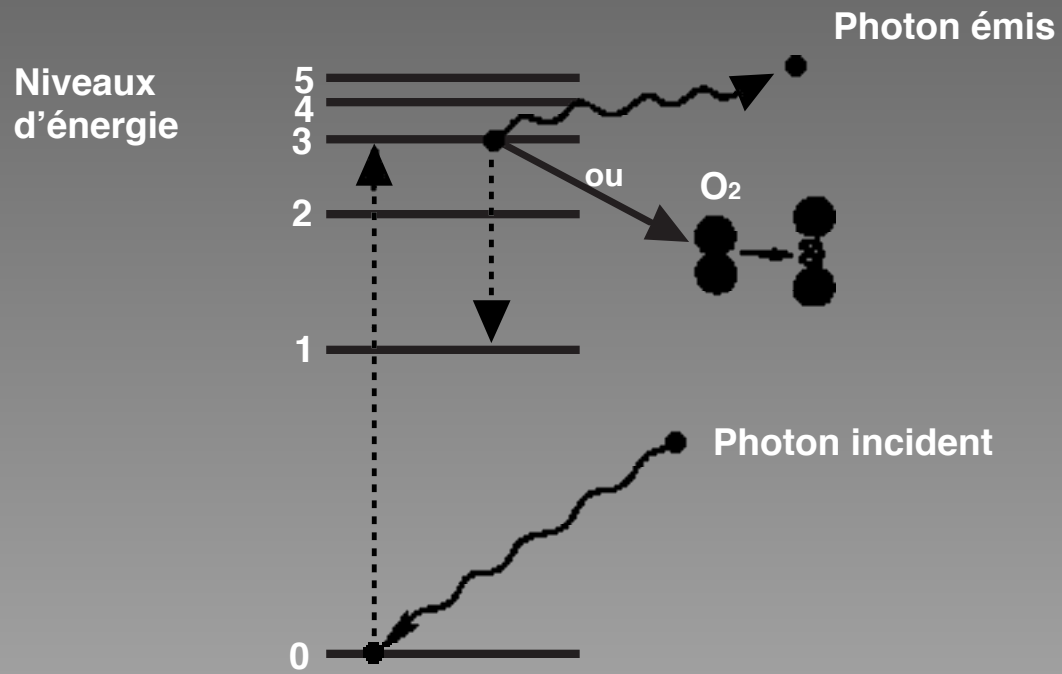
- Basée sur l'utilisation d'une électrode à pH ou d'un capteur à infra-rouge
- Capteur chauffé
- Lecture $\text{PtcCO}_2 > \text{PaCO}_2$
- $\text{PaCO}_2 (\pm 10\%) = (\text{PtcCO}_2/1.33) - 3$
- Moins sensible à l'hémodynamique ou à l'âge
- Entretien semblable à PtcO₂

PtcO2 & PtcCO2

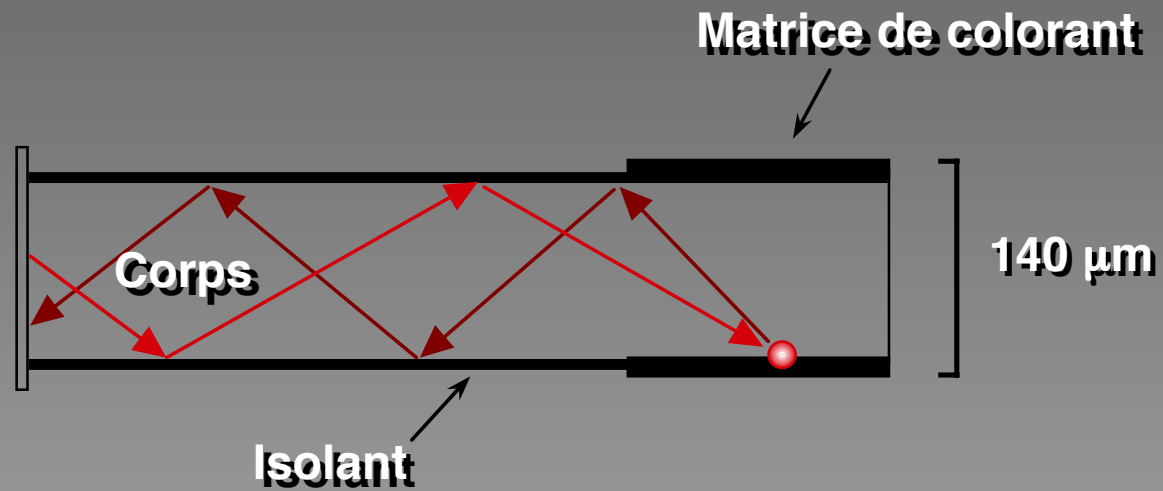
Capteurs combinés

- **Avantage: 1 seul site**
- **Désavantages: les mêmes que si séparés et moins précis.**

Optode

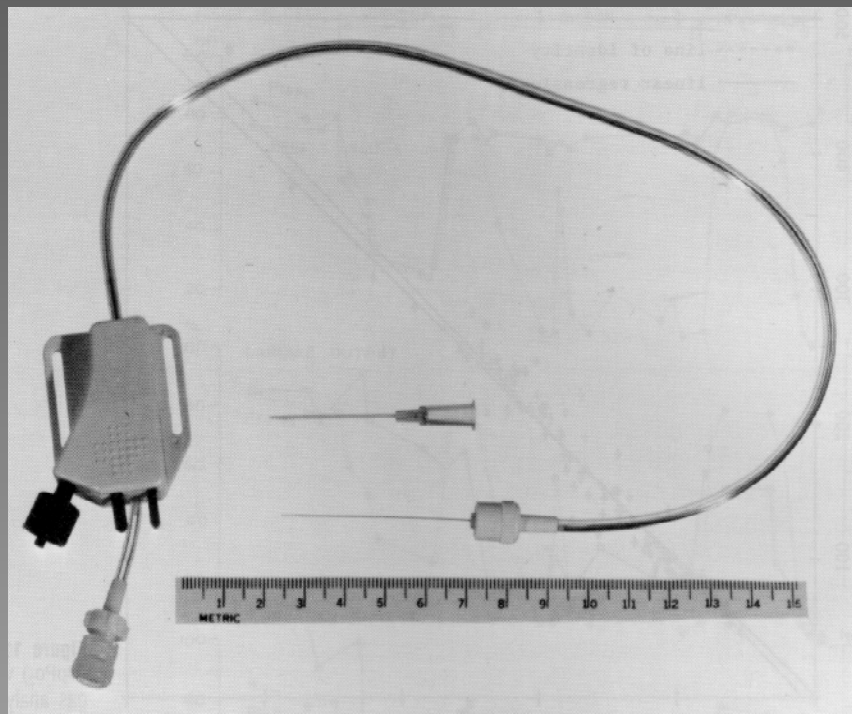


Optode



Une fibre compte une matrice de colorant différente par valeur analysée, donc 3, et un thermistor.

Optode



Mais...

\$\$\$

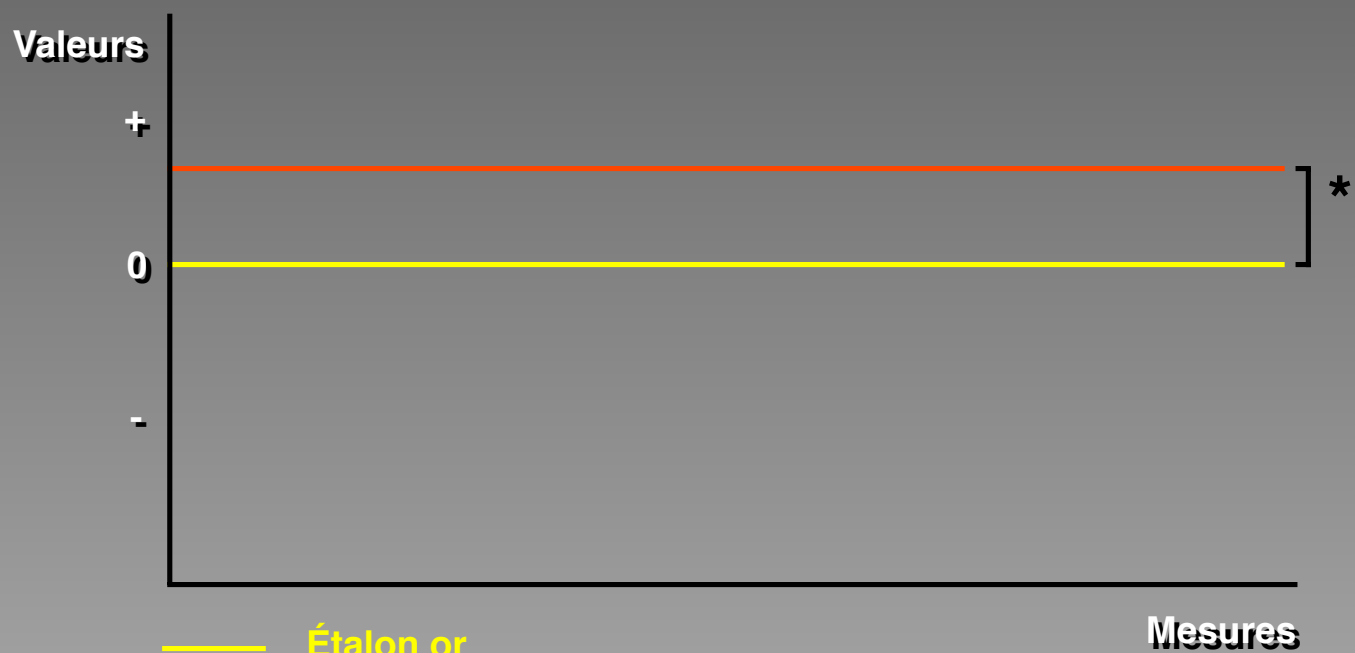
Erreur systématique & précision

Évaluation de la précision des instruments de mesure

- **Coefficient de corrélation**
Mesure d'association et non de concordance

Saturométrie

Erreur systématique & précision



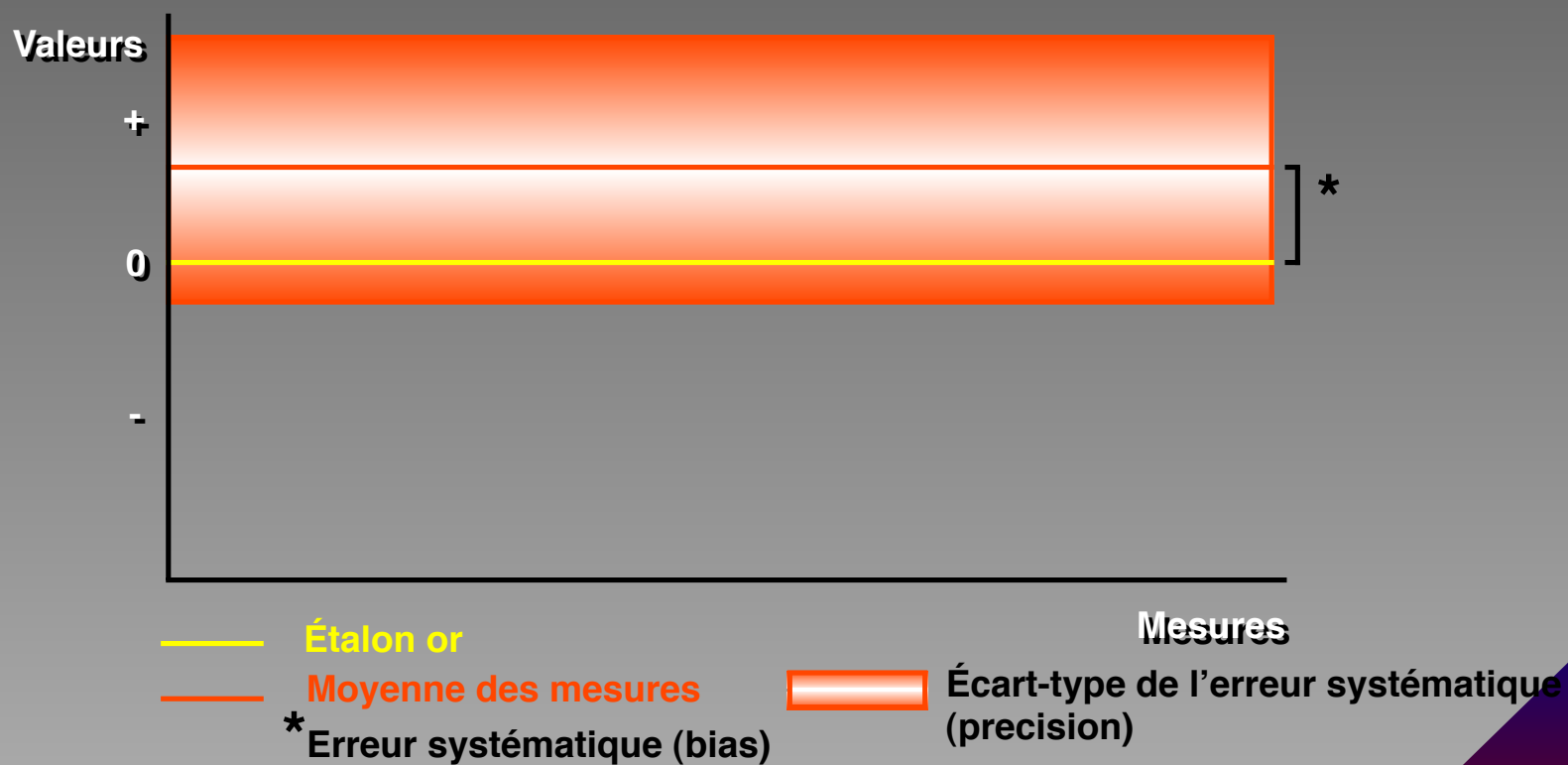
— Étalon or

— Moyenne des mesures

* Erreur systématique (bias)

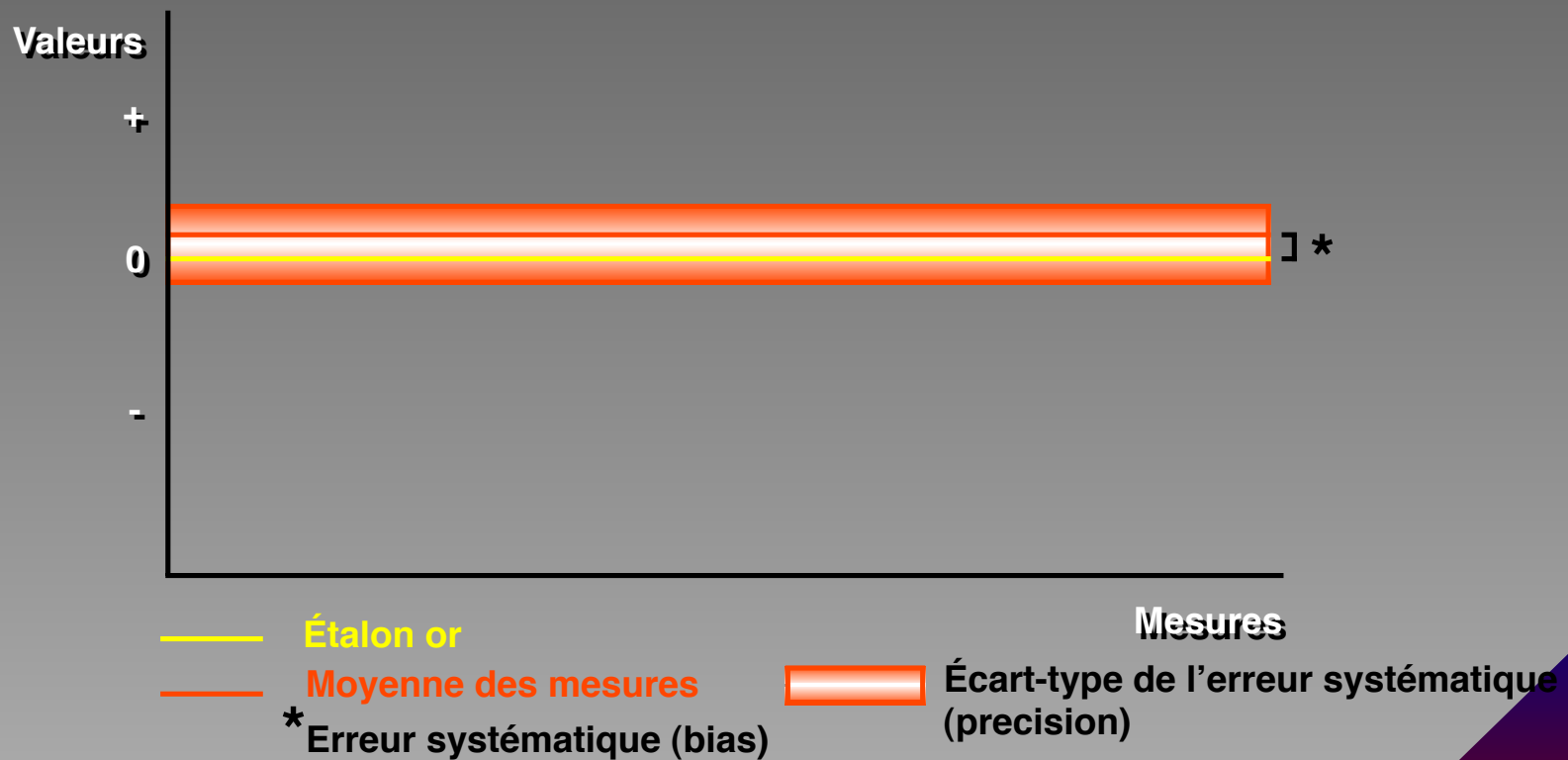
Saturométrie

Erreur systématique & précision



Saturométrie

Erreur systématique & précision



Saturométrie trans-cutanée

Historique

- 1864 Stokes
- 1865 Hoppe-Seyler
- 1935 Carl Matthes
- 1940 Glen Millikan
- 1951 1^e publication

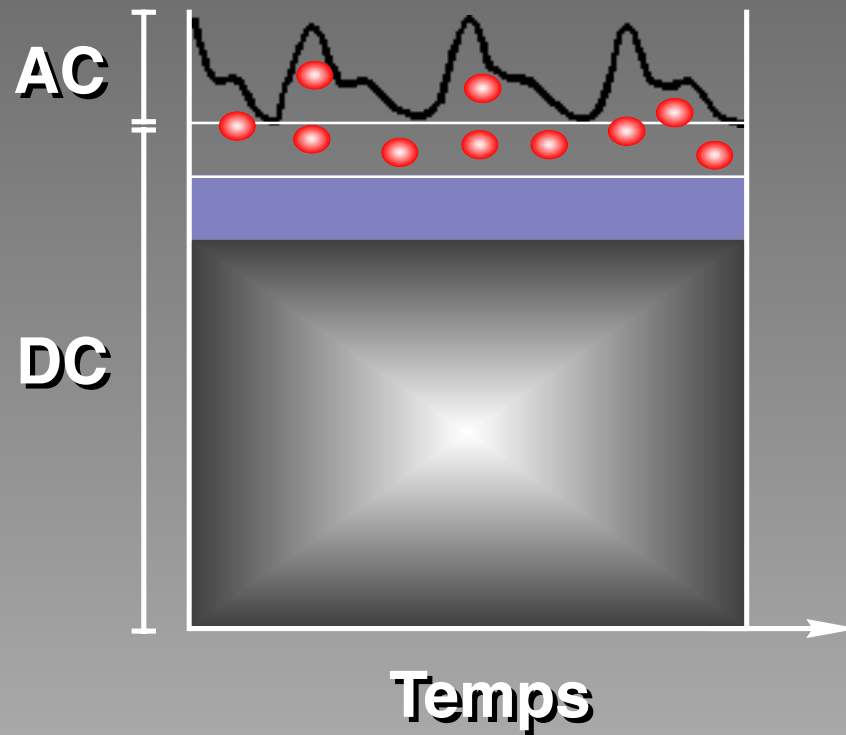
Saturométrie

Historique

- 1970, fabrication par HP des premiers oxymètres
 - 8 longueurs d'onde
 - Utilisé au labo de physio pulmonaire
 - Mais pas en clinique:
 - Trop gros
 - Apparition d'appareils plus simples

Saturométrie

Historique: Aoyagi - 1974

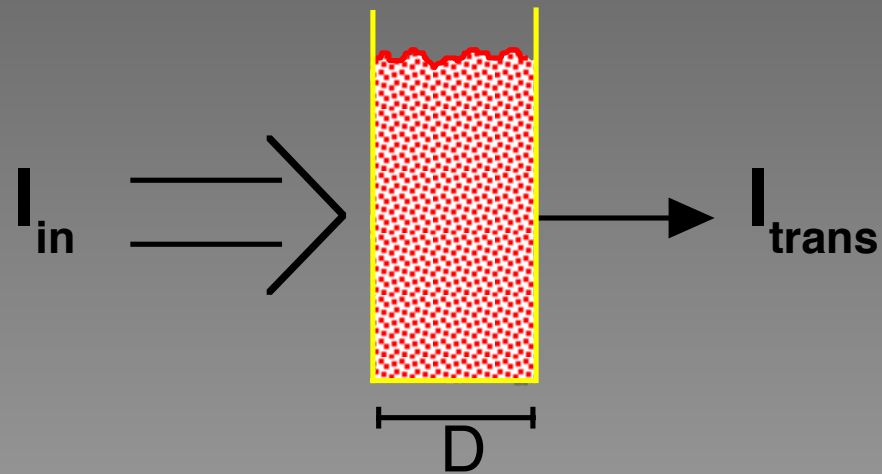


Saturométrie

Calibration

Saturométrie

Loie de Lambert-Beer



$$I_{trans} = I_{in} e^{- (DC\alpha\lambda)}$$

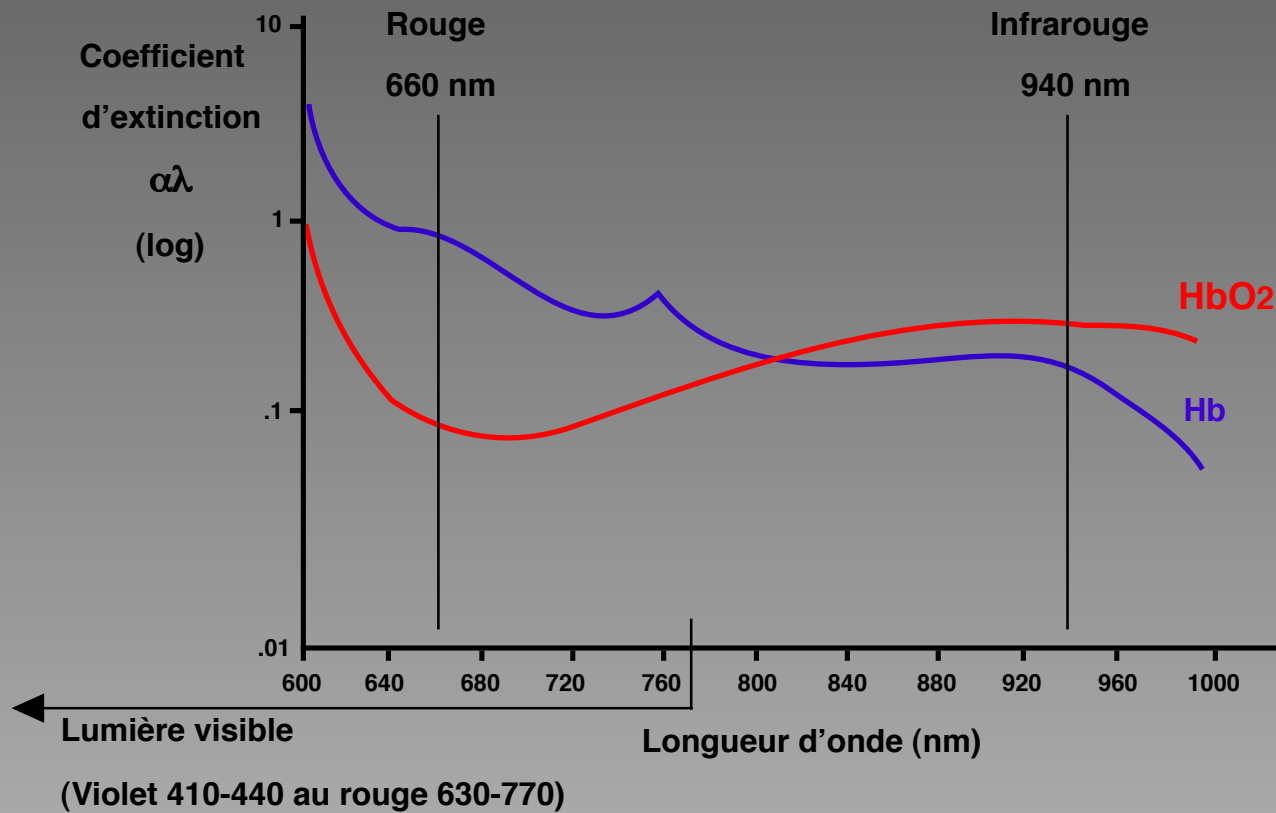
Saturométrie

Courbes d'extinction de l'Hb

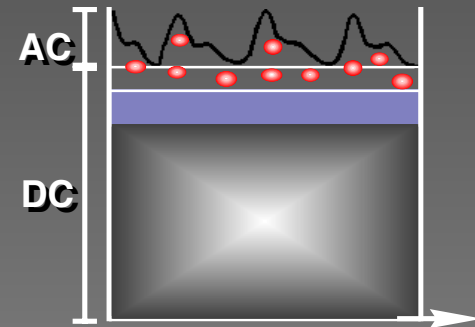
- **L'extinction est le degré d'absorption de lumière d'une longueur d'onde bien déterminée. Lorsque la quantité de lumière transmise est faible, le tissu étudié absorbe fortement la lumière et est de ce fait opaque.**

Saturométrie

Courbes d'extinction de l'Hb



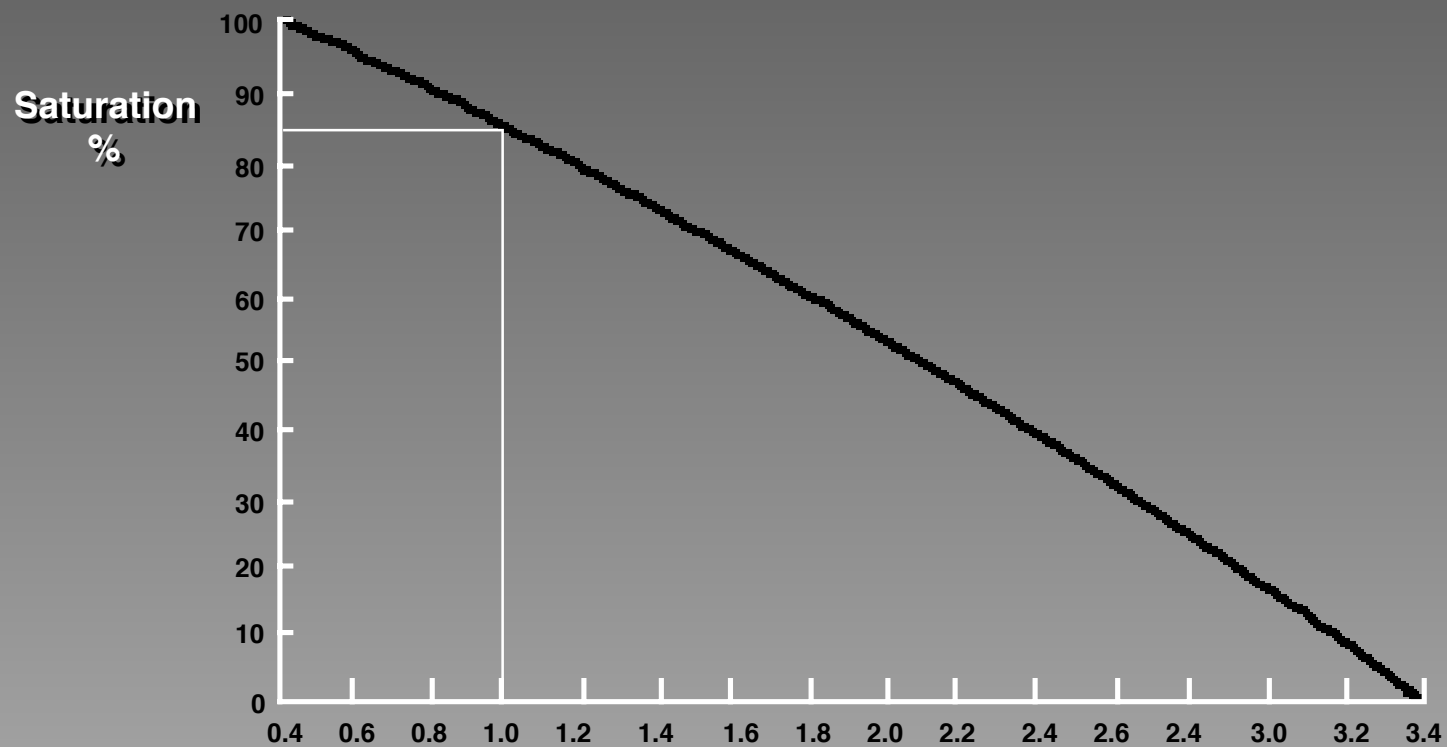
Saturométrie



$$R = \frac{AC_{660} / DC_{660}}{AC_{940} / DC_{940}}$$

Saturométrie

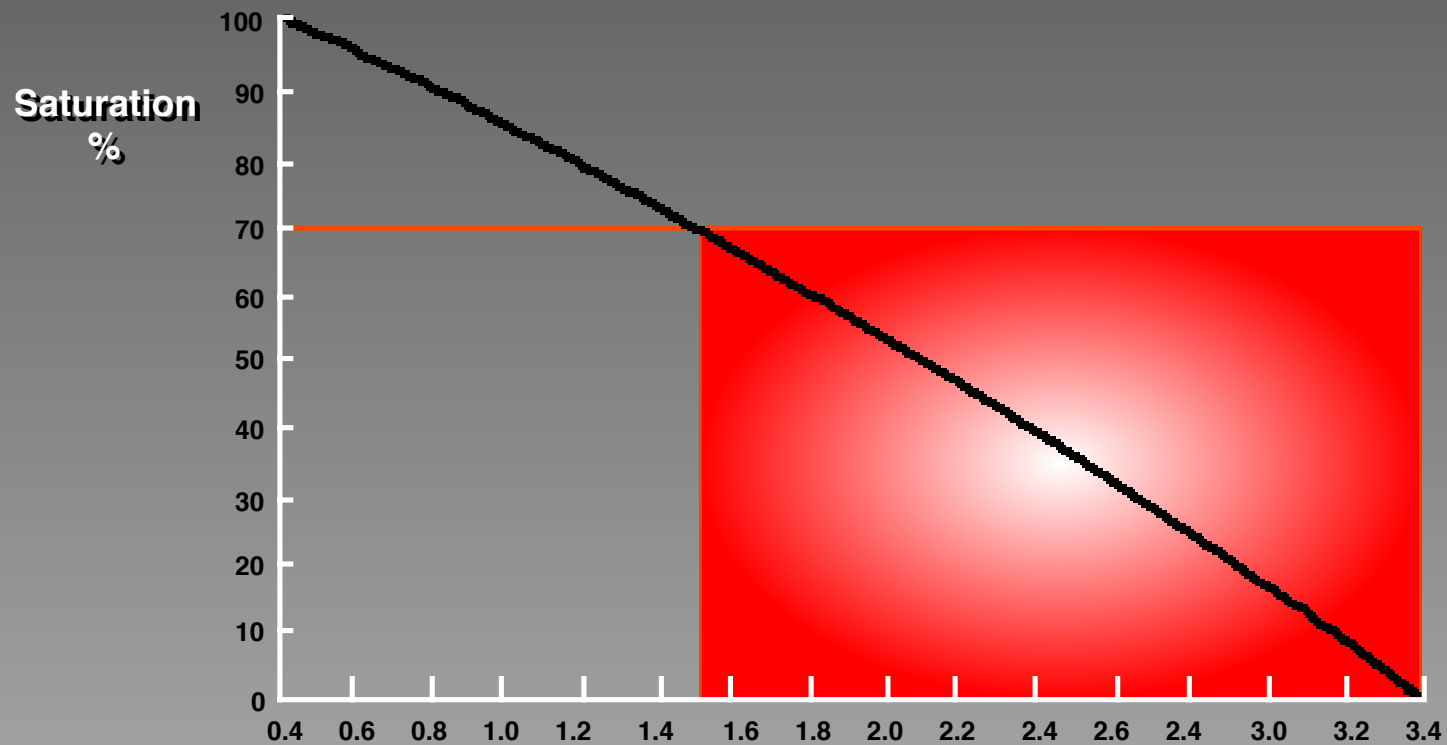
Courbe de calibration



$$R = \frac{AC\ 660 / DC\ 660}{AC\ 940 / DC\ 940}$$

Saturométrie

Courbe de calibration



$$R = \frac{AC_{660} / DC_{660}}{AC_{940} / DC_{940}}$$

Saturométrie

Interférence optique

- **Saturation fractionnelle et fonctionnelle**
- **Dyshémoglobulinémies**
 - MetHb
 - HbCO
 - Hb foetale
- **Bilirubine**
- **Colorants iv**
- **Polis à ongles**

Saturométrie

Saturation fractionnelle

$$\text{HbO}_2 = \frac{[\text{O}_2\text{Hb}]}{[\text{O}_2\text{Hb}] + [\text{Hb}] + [\text{COHb}] + [\text{MetHb}]} \times 100\%$$

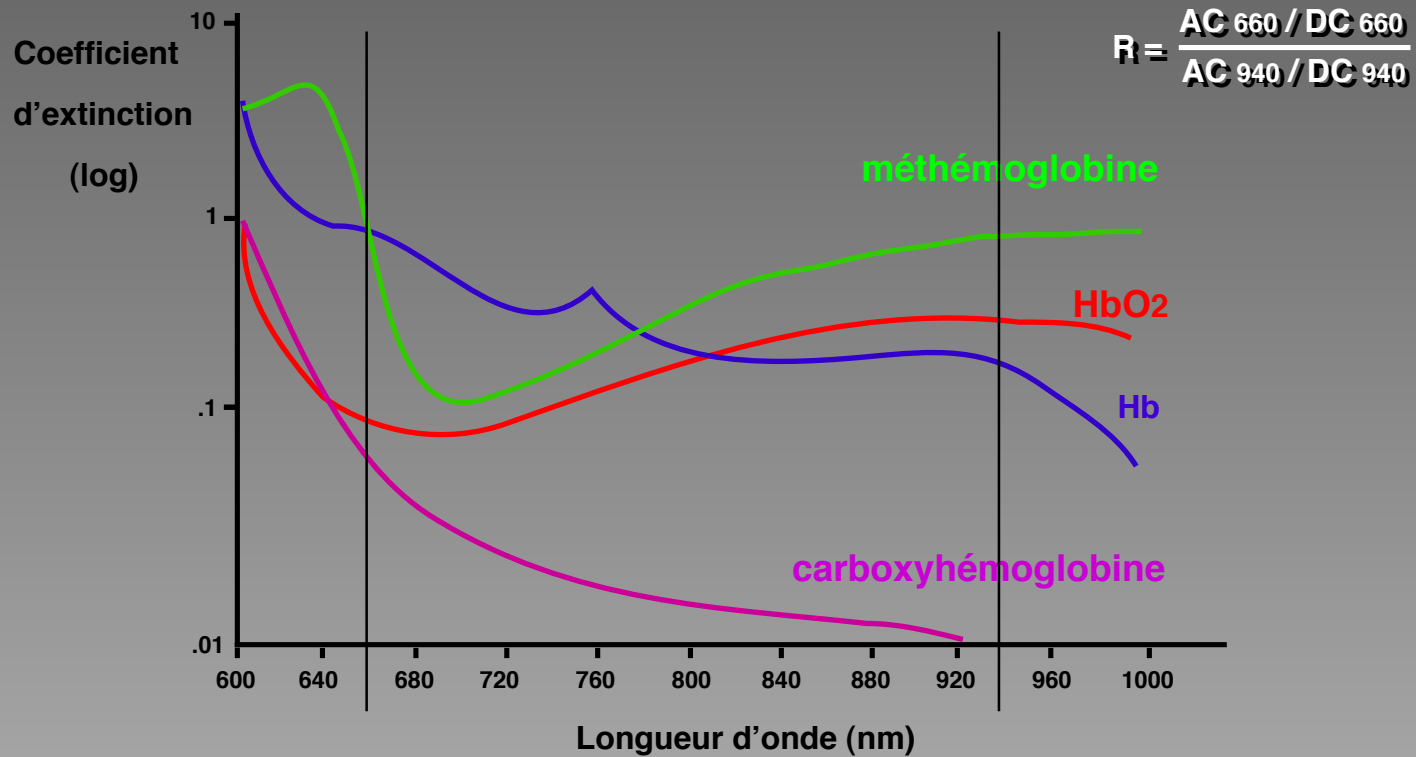
Saturométrie

Saturation fonctionnelle

$$SaO_2 = \frac{[O_2Hb]}{[O_2Hb] + [Hb]} \times 100\%$$

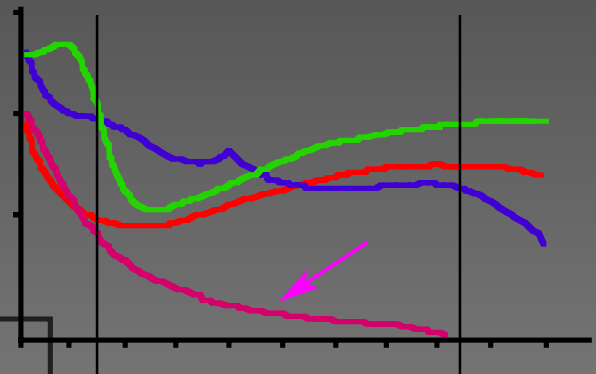
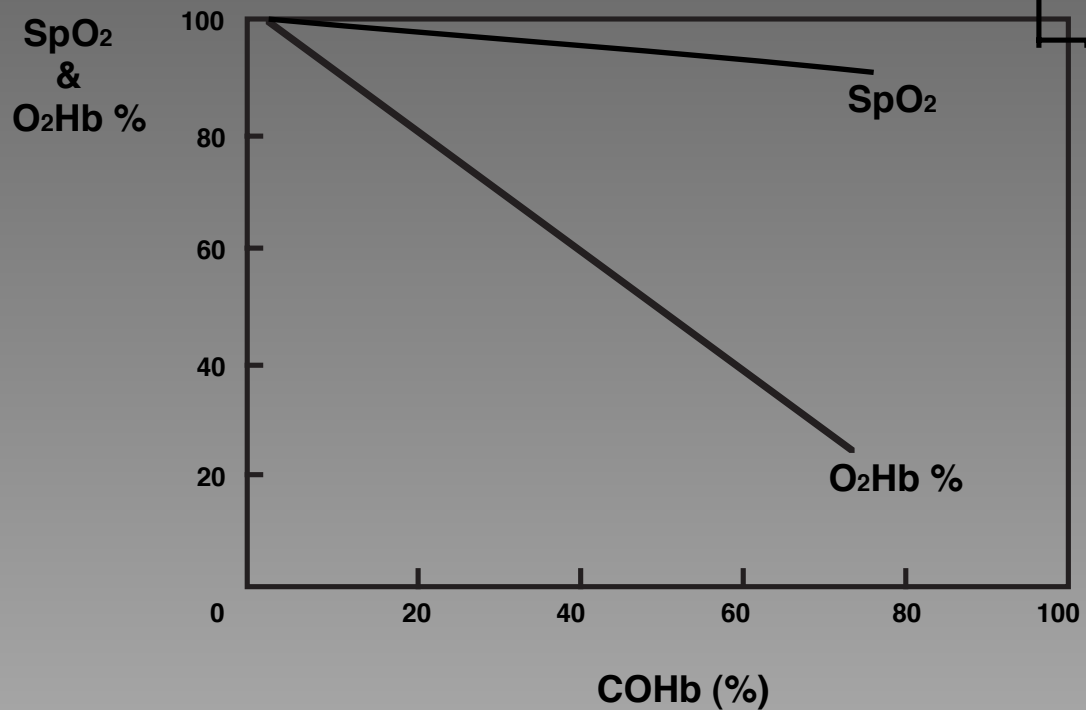
Saturométrie

Courbes d'extinction des Hb



Saturométrie

COHb

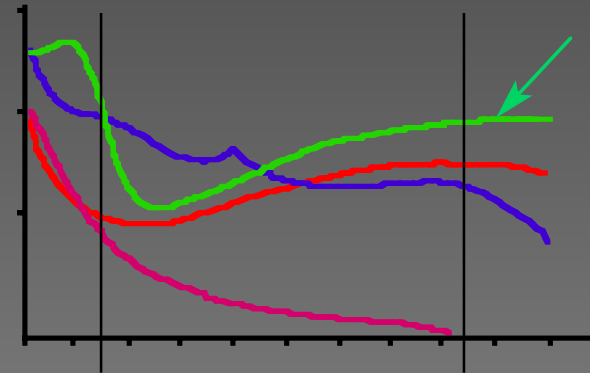
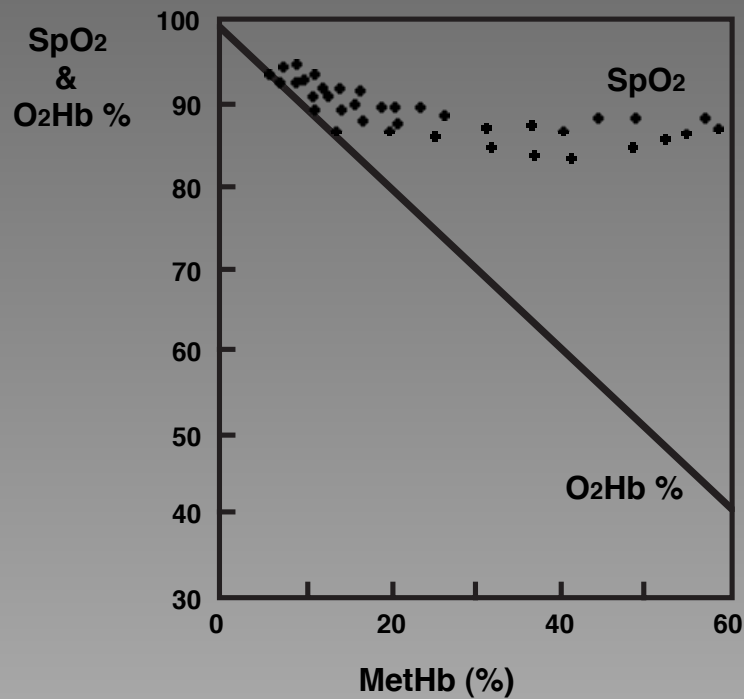


COHb:
Non-fumeurs: <2%
Fumeurs: 10 à 20%

$$SpO_2 = SaO_2 + \% COHb$$

Saturométrie

MetHb



MetHb:
Sujets sains: < 1%

$$R = \frac{AC\ 660 / DC\ 660}{AC\ 940 / DC\ 940}$$

Saturométrie

Hb foetale

- Pas d'impact sur la lecture
- Mais fausse lecture co-oxymètre

Saturométrie

Bilirubine

- Pas d'impact sur la lecture, sauf via augmentation COHb (anémie hémolytique)
- Mais fausse lecture co-oxymètre

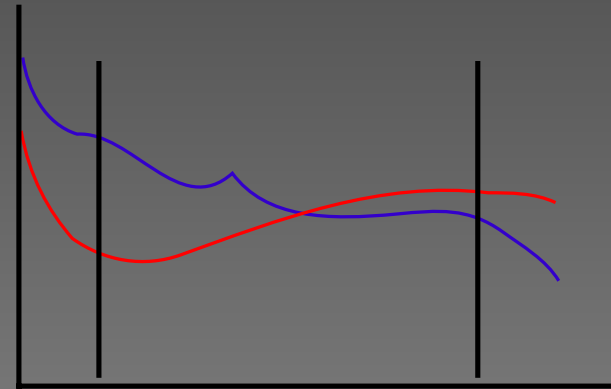
Saturométrie

Colorants

- **Bleu de méthylène**
- **Indigo carmine**
- **Vert d'indocyanine**

Saturométrie

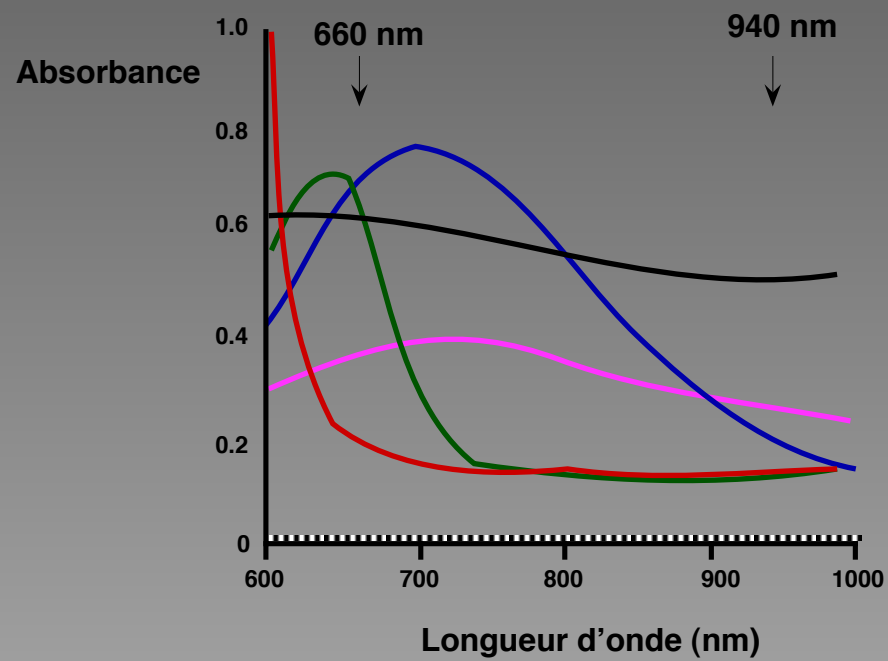
Colorants



- **Bleu absorbe +++ à 660 nm, donc dim. importante de la saturation**
- **5 ml iv de bleu de méthylène: sat = 1%**
 - **Début 45 sec**
 - **Fin 3 min (ad 20 min)**

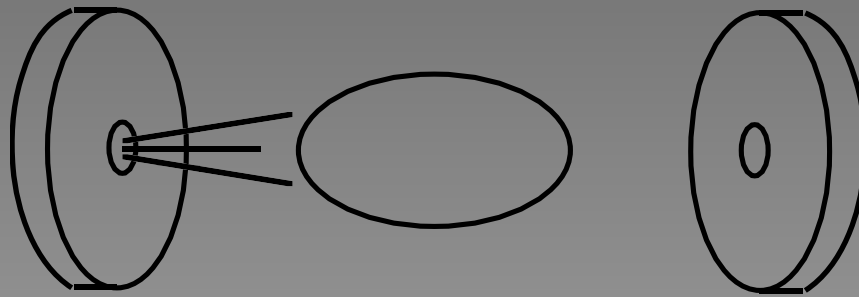
Saturométrie

Vernis à ongles



Saturométrie

Vernis à ongles



Même solution pour les ongles
en acrylique.

Saturométrie

Signaux artéfactuels

- **Faux signaux**
 - Lumière ambiante
 - Shunt optique
 - Mouvements
 - Pulsation veineuses
 - Radiations électro-magnétiques
- **Rapport signal / bruit de fond faible**
 - Hypoperfusion

Saturométrie

Lumière ambiante

- **Plusieurs centaines de cycles / seconde**
 - a) 1e longueur d'onde
 - b) 2e longueur d'onde
 - c) récepteur seulement

Saturométrie

Lumière ambiante

- **Malgré tout**
 - **Lumière fluorescente, xénon, infra-rouge**
 - **Fibres optiques**
 - **Soleil**

Peuvent avoir un effet

Saturométrie

Shunt optique

- **Quand une partie de la lumière se rend directement au capteur**
p.ex.: Capteur inapproprié

Saturométrie

Artéfacts dûs au mouvement

- **Frissons**
- **Toux**
- **Neurostimulateur**
- **Convulsions ne semblent pas modifier la réponse**

Saturométrie

Pulsations veineuses

- Capteur trop serré sur le doigt
- Régurgitation tricuspидienne

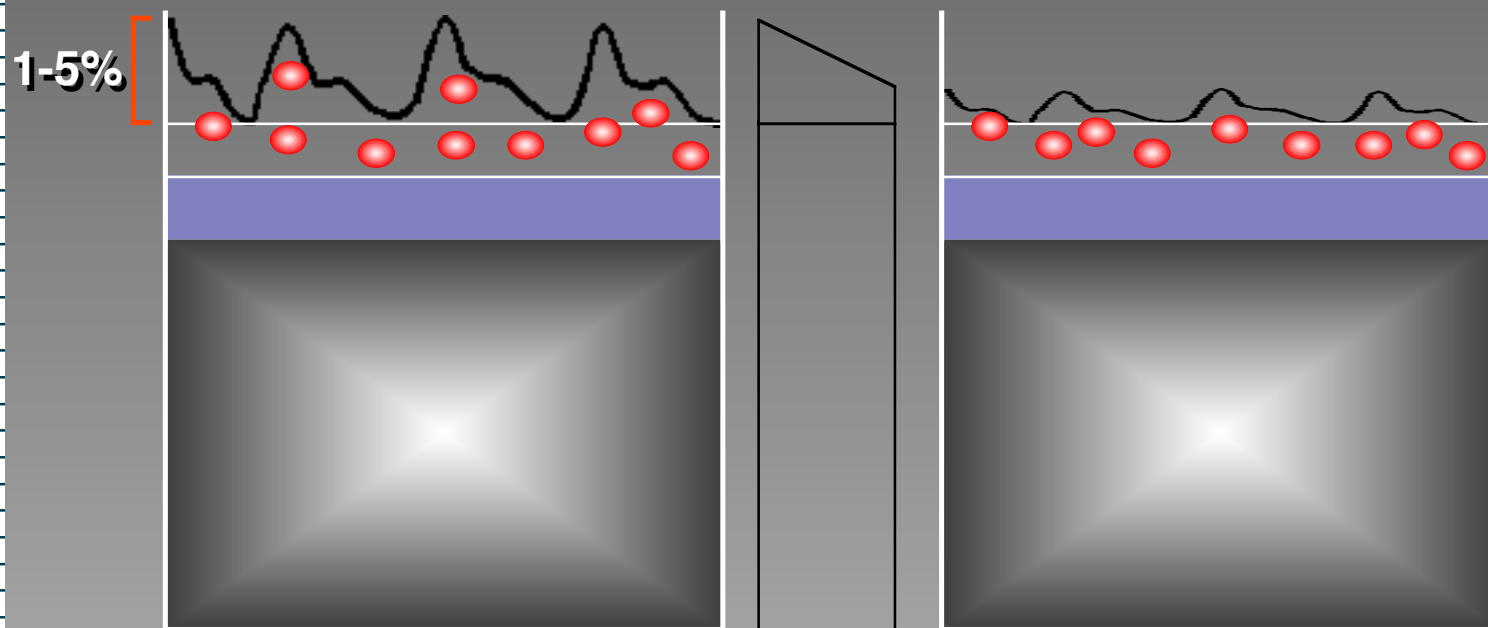
Saturométrie

Interférence électro-magnétique

- **Électro-cautère**

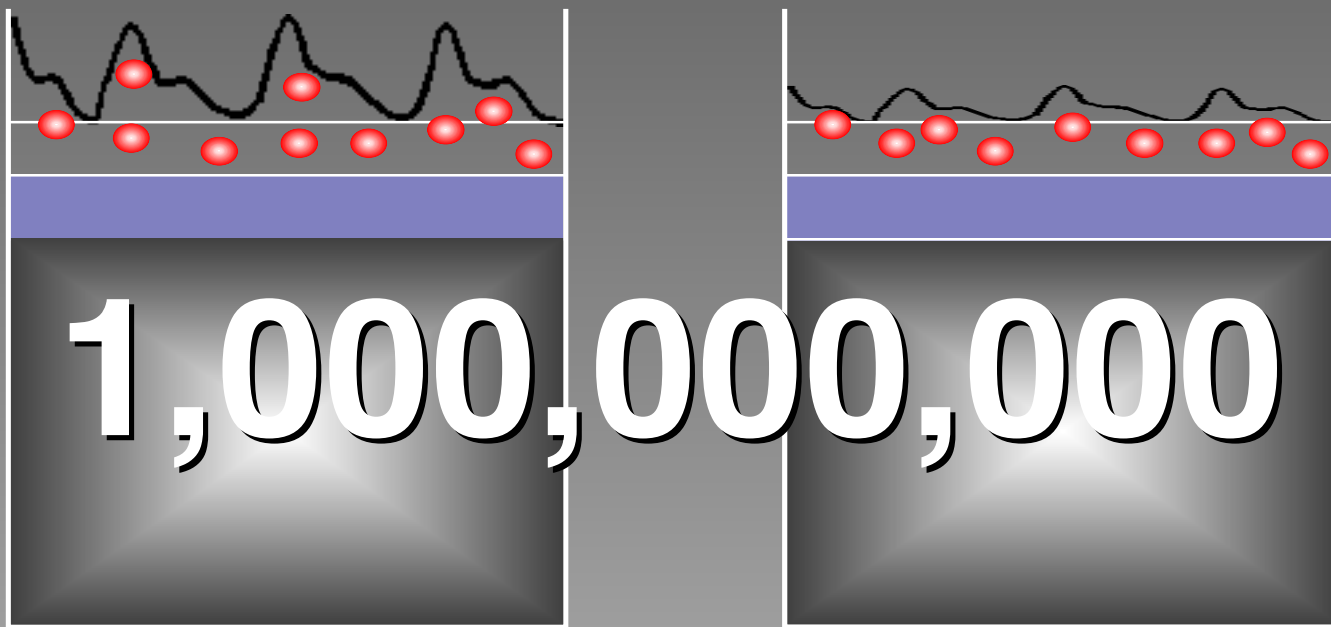
Saturométrie

Rapport signal / bruit de fond faible
Hypoperfusion



Saturométrie

Hypoperfusion



Rapport signal / bruit de fond

Saturométrie

Hypoperfusion

- **Capteur au doigt: erreur systématique et précision plus grandes**

Saturométrie

Hypoperfusion: que faire

- **Vérifier la position**
- **Changer la position**
- **Chaleur locale**
- **Bloc digital**
- **Nitro topique**
- **Nitro intra-artériel 10 µg**

Saturométrie

Autres aspects limitatifs

- **Anémie**
- **Pigmentation de la peau**
- **Variabilité de la longueur d'onde émise**

Saturométrie

Anémie

- **Sous-estime la SpO₂ surtout si basse (<80%)**
 - (Moins dangereux)
- **Précis si pas d'hypoxie**
- **Anémie falciforme en crise vaso-occlusive**
Erreur syst. 4,5% (individus ad 8%)

Saturométrie

Pigmentation de la peau

- **Signal plus difficile à capter**
- **Surestimation des valeurs**
 - **Raison?**
 - **Groupe mal représenté dans les courbes de calibration**

Saturométrie

*Pigmentation de la peau:
recommandations aux SI pour la
prévention de l'hypoxie*

- **Caucasiens: 92%**
- **Africains: 95%**

Saturométrie

Variabilité de la longueur d'onde

- Variabilité de la longueur d'onde
 - ± 15 nm
 - 2 solutions
 - Contrôler la fabrication
 - Ajuster l'algorithme de l'appareil

Saturométrie

Précision varie d'une compagnie à l'autre

- **Limites imposées par les volontaires (70%, nature des volontaires)**
- **Précision de l'étalon or utilisé**
- **Algorithmes utilisés**

Saturométrie

Fiabilité

1 é cart-type (68%)	3 é carts-type (99%)	Saturation
$\pm 2\%$	$\pm 6\%$	70 @ 100%
$\pm 3\%$	$\pm 9\%$	50 @ 70%
???	???	< 50 %

Saturométrie

Fiabilité

	Erreur syst.	Précision
> 90%	<2%	
<80%	-15,0 à +13,1	1,0 à 16,0

Saturométrie

Temps de réponse aux variations de SpO₂

T 1/2 oreille	9.6 @ 19.8 sec.
T 1/2 doigt	24 @ 35.1 sec.

Saturométrie

Fausses alarmes

- **Saturomètre: 45% de l'ensemble les moniteurs et 75% des alarmes du saturomètre sont fausses (faux positifs).**

Saturométrie

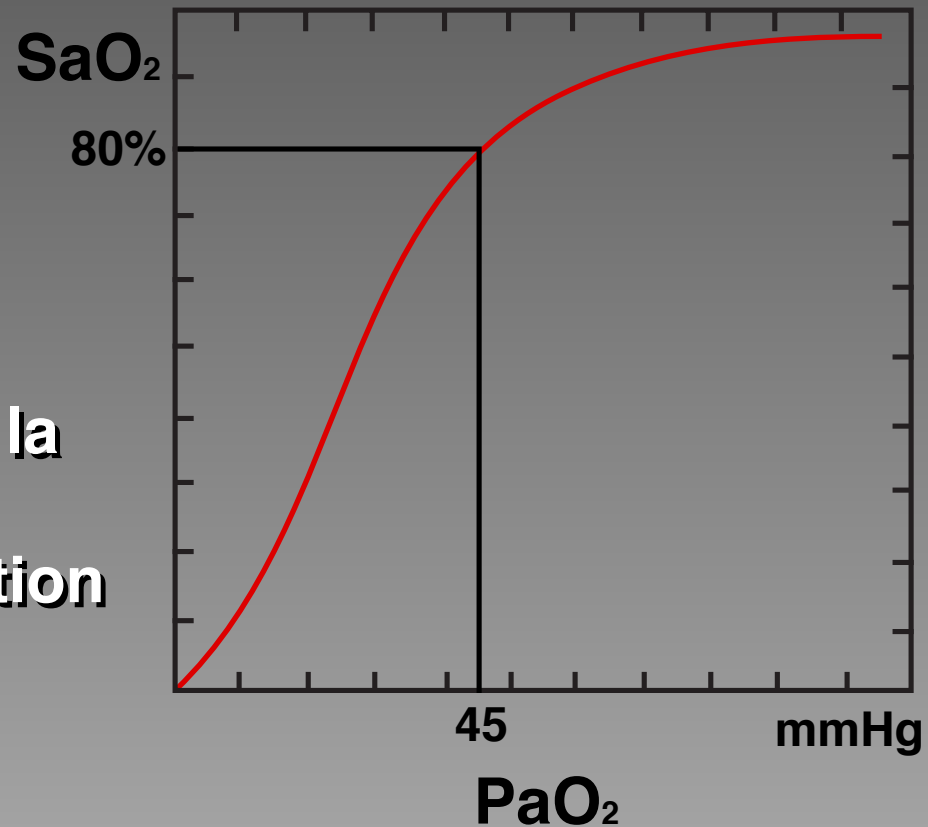
Utile?

- **Reconnaissance d'événements hypoxique peropratoire bien documentée**
- **Diminution des admissions imprévues aux soins intensifs bien documentée**

Saturométrie

Utile?

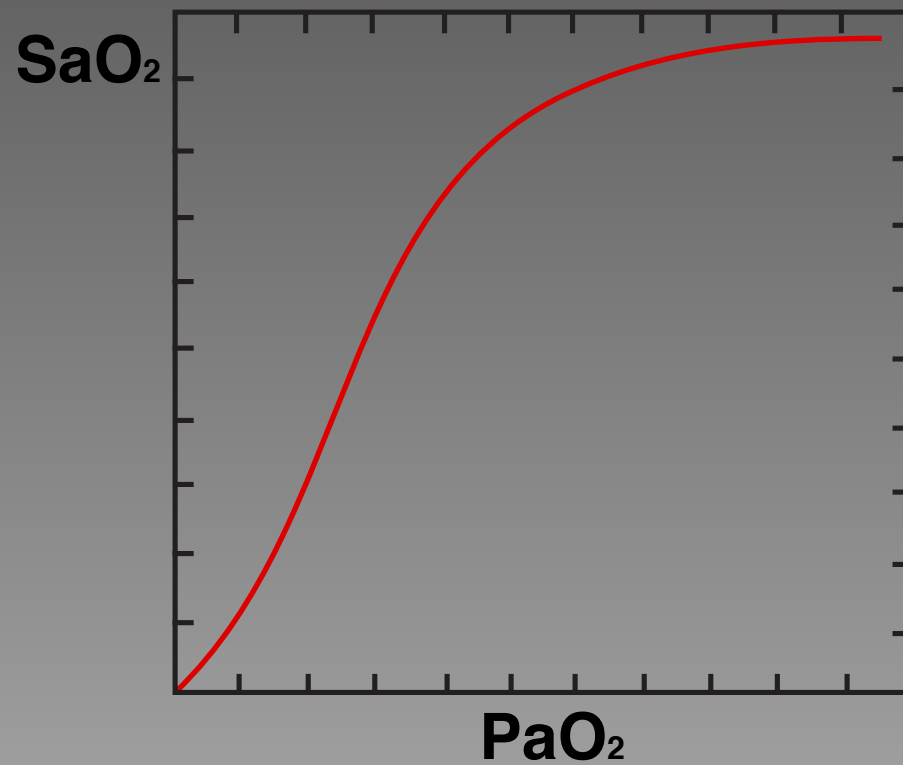
- **Attention!**
 - L'oeil ne perçoit la cyanose que lorsque la saturation < 80%



Saturométrie

Utile?

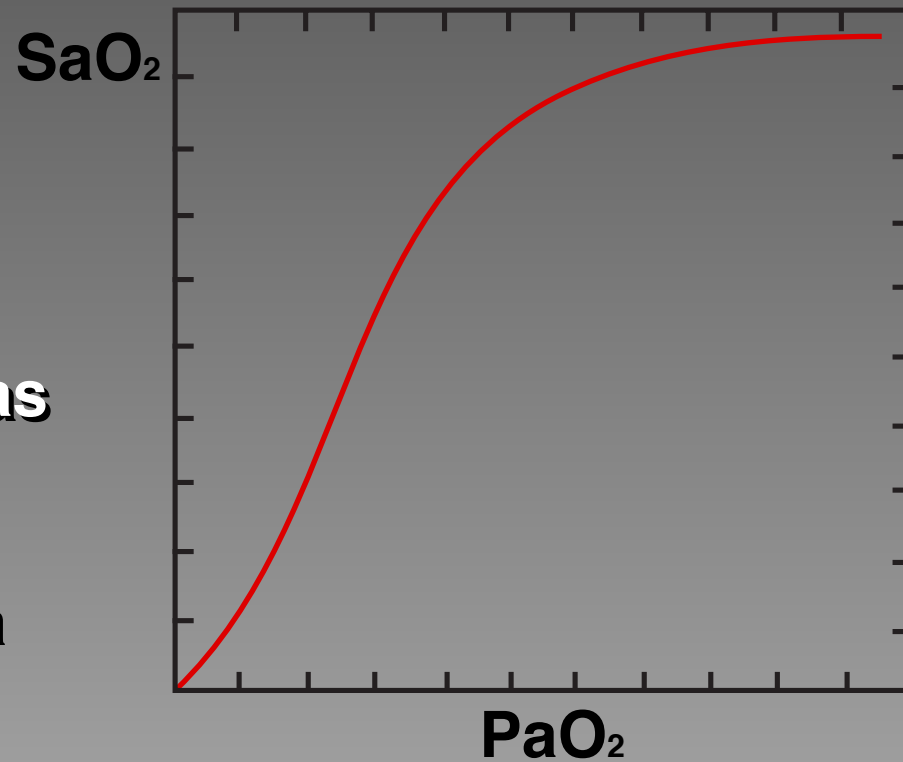
Sat		PO ₂
90	→	60
75	→	40
50	→	27



Saturométrie

Utile?

- **Attention!**
 - La SpO_2 n'est pas un indicateur sensible de la diminution de la PaO_2 .



Saturométrie

Utile?

- **Risques**
 - **Brûlures**
 - **Effet de tourniquet**

Saturométrie

Utile?

**Le plus grand risque
est la présomption qu'il
s'agit d'un faux positif.**