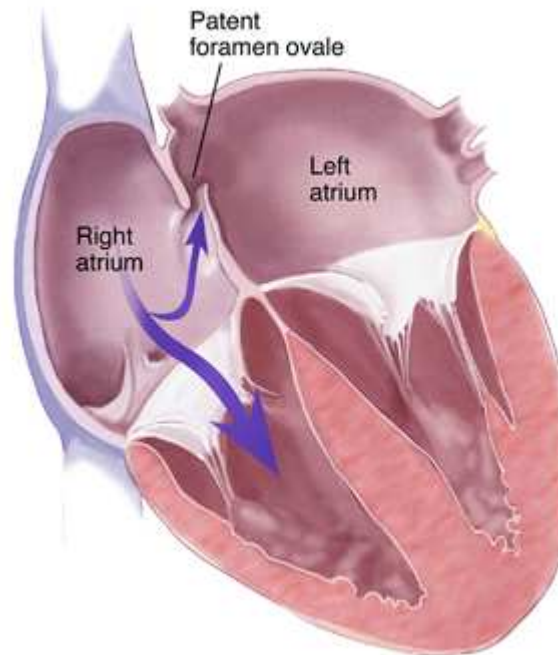


FOP et PLONGEE

Le casse tête du plongeur !



Mathieu Coulange, Vincent Lafay, Cyril D'Andréa, Aude Fassier, Alain Barthélémy

Service de Médecine Subaquatique et Hyperbare, Hôpital Ste Marguerite, Marseille

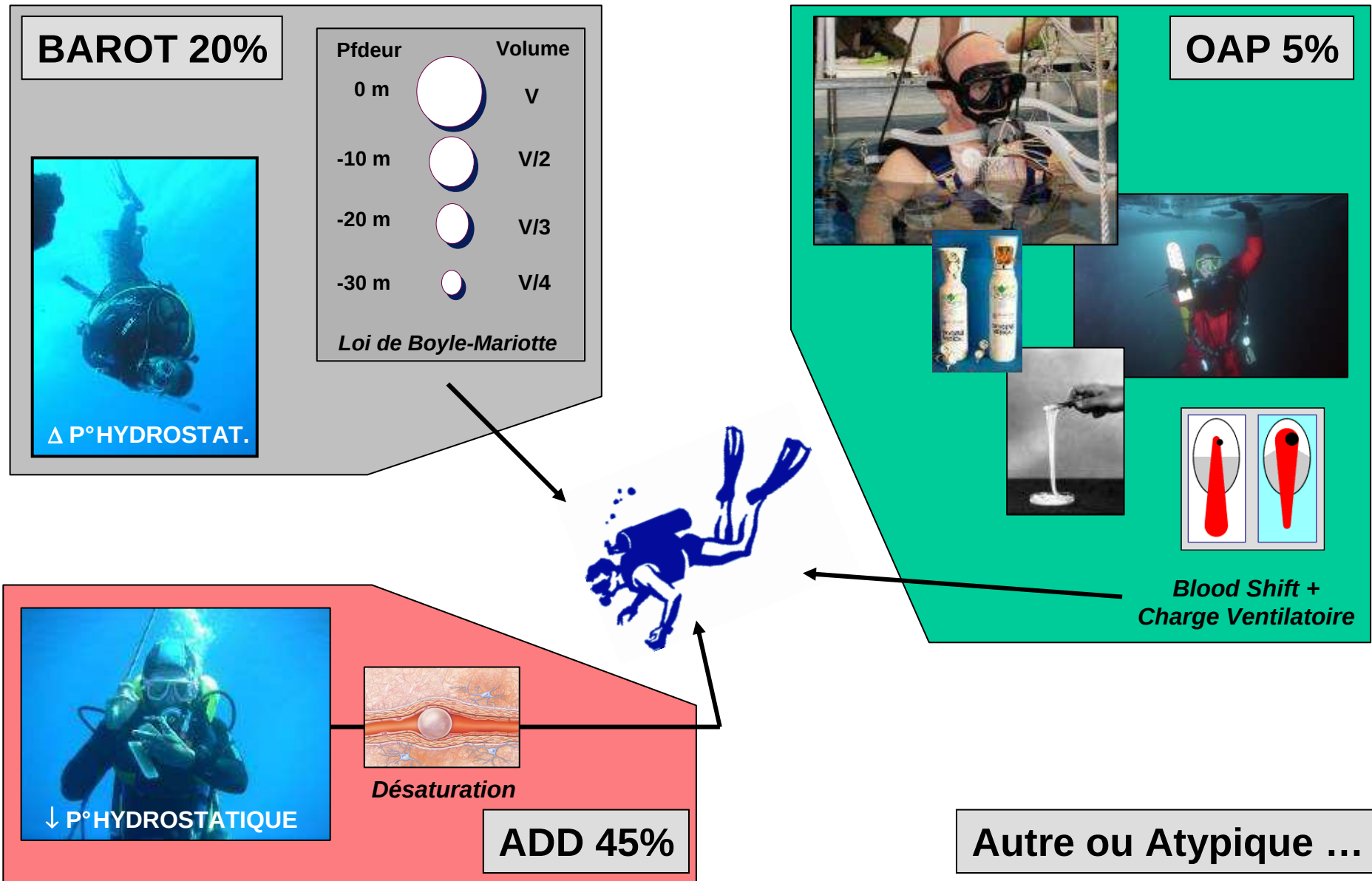
AP - Épidémiologie



- . 1 AP / 6 à 10.000 plongées
- . 350 AP / an en France
(25% à Marseille)
- . 42 ans (↑), 70% d'hommes
- . Tout niveau
- . 20% en formation
- . Pronostic (↑)
- . 5% récidives

150.000 licenciés - 280.000 plongeurs – 3,5 millions de plongées

AP - Typologie



Accident de Désaturation

PLONGÉE : ↗ Pression ambiante (1 ATA tous les 10 mètres)



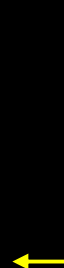
Dissolution des gaz respirés (air = 79% N, 21% O₂)
proportionnellement à la profondeur

O₂
consommé



N
non consommé

Saturation sang et tissus



Paliers



Désaturation nécessaire

TISSUS



Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES



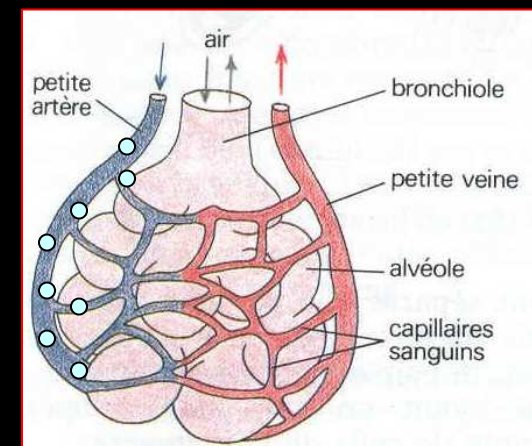
Bulles dans microcirculation



Circulantes



Peu abondantes
(filtrées par le poumon)



TISSUS



Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES



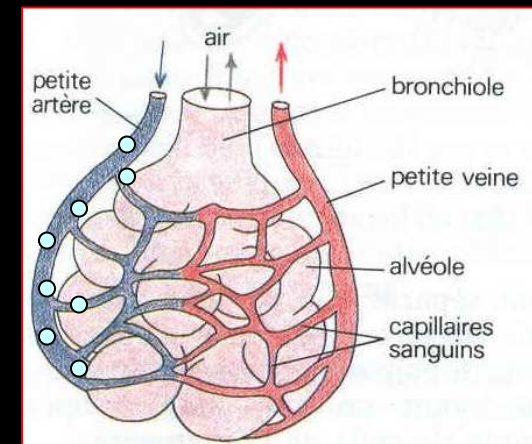
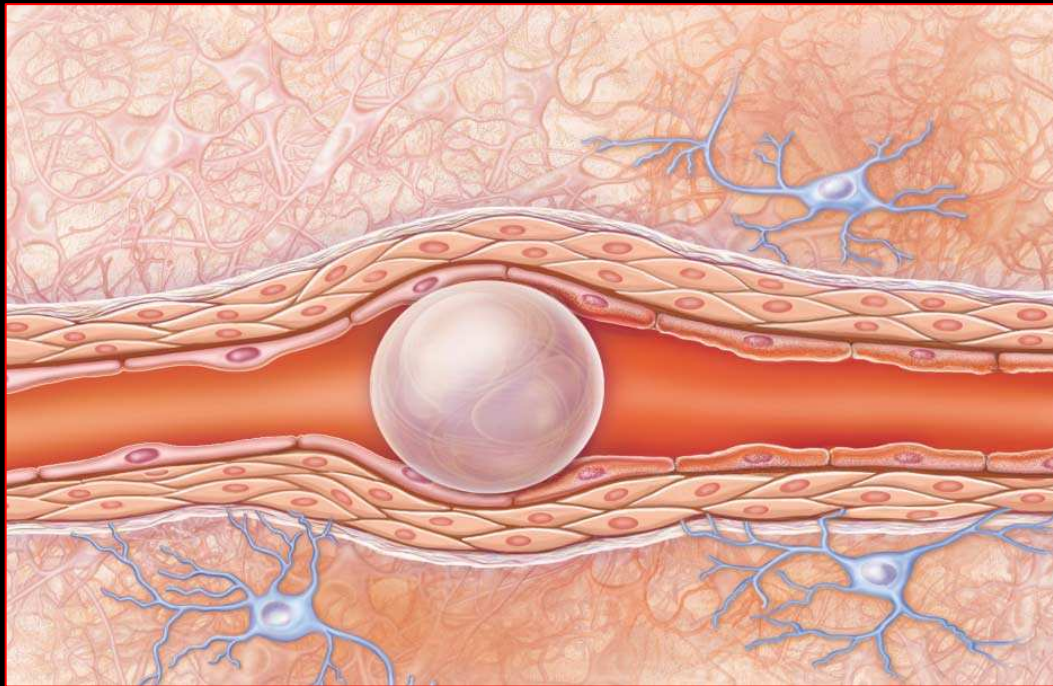
Bulles dans microcirculation



Circulantes



Peu abondantes
(filtrées par le poumon)





TISSUS

Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES

Bulles dans microcirculation

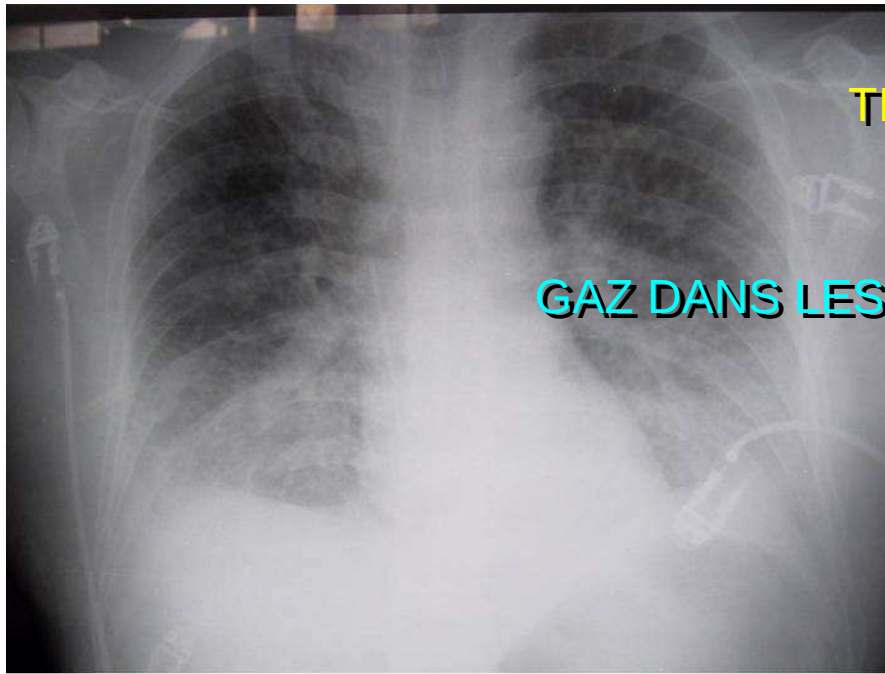
Circulantes

Abondantes

Peu abondantes
(filtrées par le poumon)

Blocage retour veineux (épidural ++)

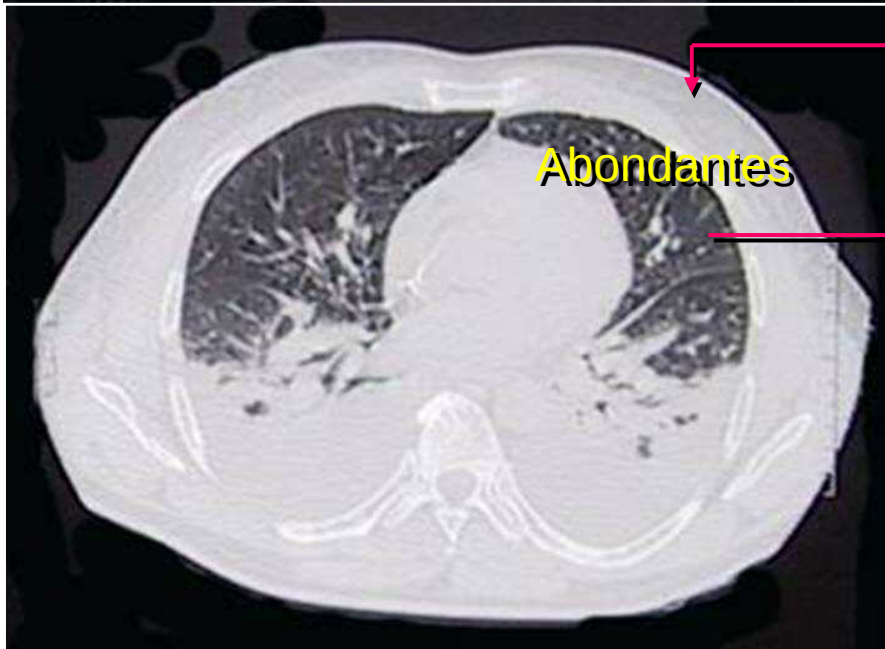
ADD neurologique médullaire



TISSUS

Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES



Abondantes

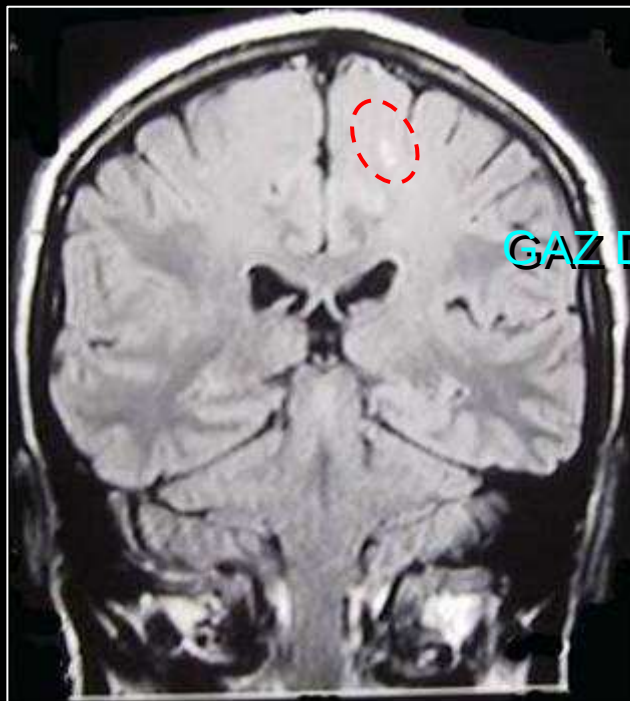
Bulles dans microcirculation

Circulantes

Peu abondantes
(filtrées par le poumon)

Passage artériel

Chokes



TISSUS



Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES



Bulles dans microcirculation



Circulantes



Abondantes



Peu abondantes
(filtrées par le poumon)



Blocage retour veineux (épidural ++)

Passage artériel



ADD neurologique médullaire

Chokes, ADD neurologique
cérébral



TISSUS

Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES

Bulles dans microcirculation

Circulantes

Abondantes

Peu abondantes
(filtrées par le poumon)

Passage artériel

Blocage retour veineux (épidural ++)

ADD neurologique médullaire

**Chokes, ADD neurologique
cérébral, ADD vestibulaire**

TISSUS

Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES

Bulles extra vasculaires
(Liq. labyrinthiques)

Bulles dans microcirculation

Circulantes

Abondantes

Peu abondantes
(filtrées par le poumon)

Passage artériel

Blocage retour veineux (épidural ++)

ADD neurologique médullaire

**Chokes, ADD neurologique
cérébral, ADD vestibulaire**

TISSUS



Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES



Bulles extra vasculaires
(Liq. labyrinthiques, **peau**)



Bulles dans microcirculation



Circulantes



TISSUS



Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES



Bulles extra vasculaires

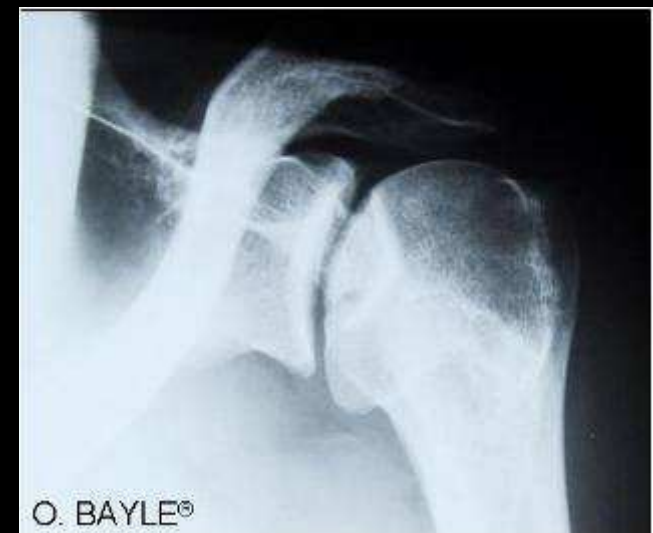
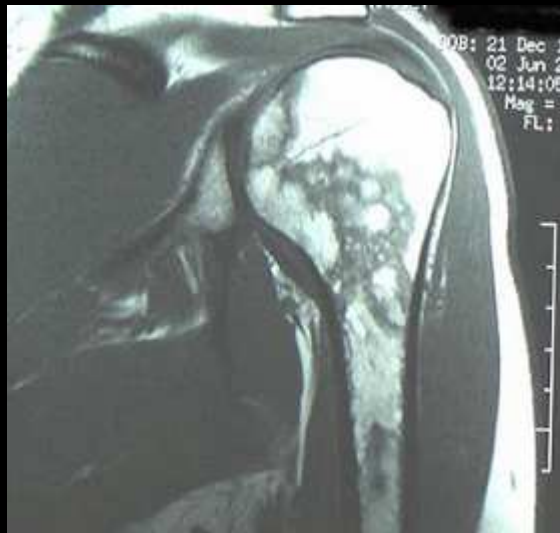
(Liq. labyrinthiques, peau, articulations)



Bulles dans microcirculation



Circulantes



ADD - Étiologie

30% Erreurs de Procédures

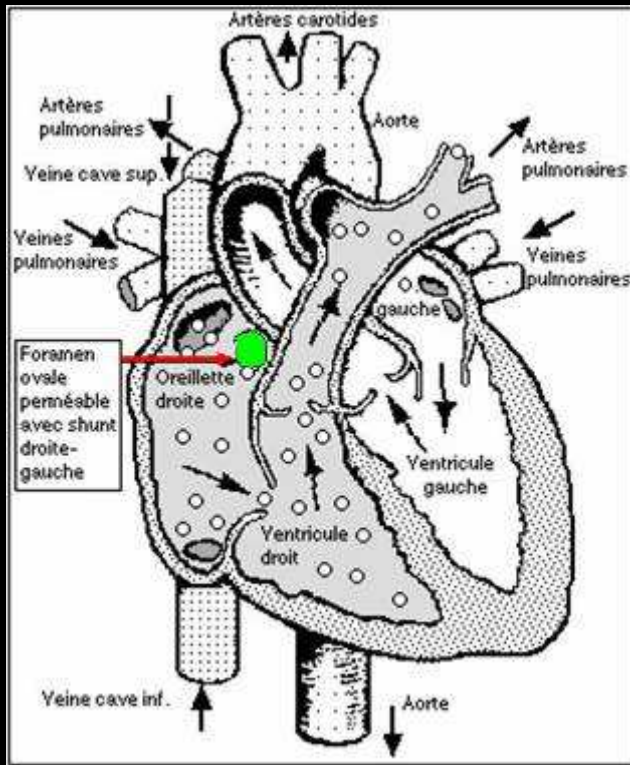


30% ADD « Inexpliqués »

???

30% Facteurs Favorisants





TISSUS

Décompression

GAZ DANS LES CAPILLAIRES

Bulles dans microcirculation

Circulantes

Abondantes

Peu abondantes
(filtrées par le poumon)

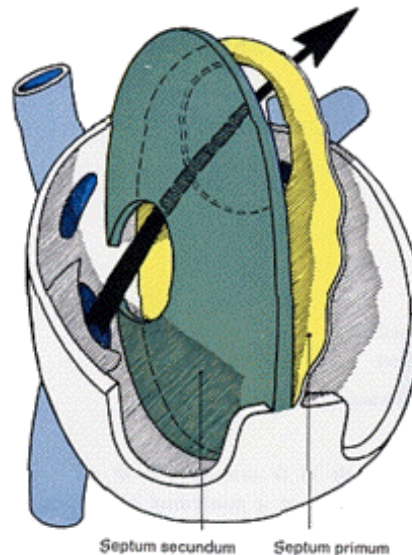
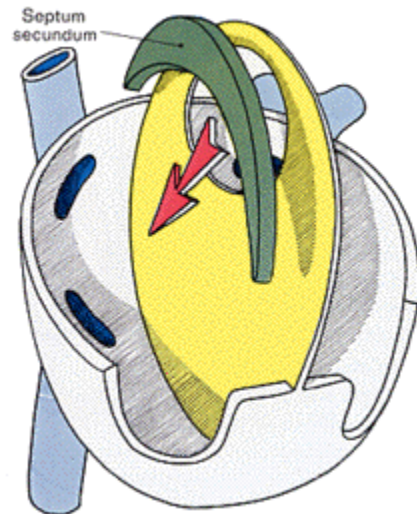
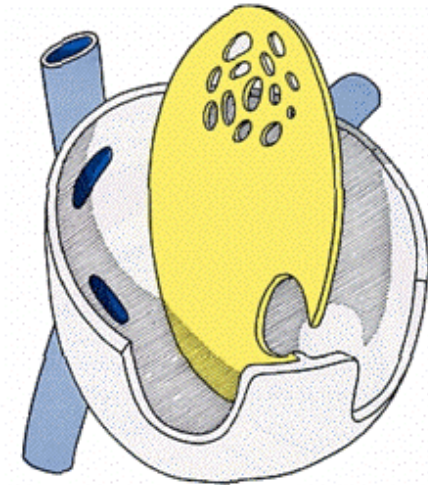
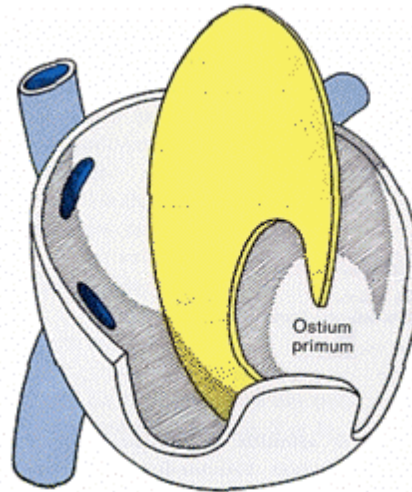
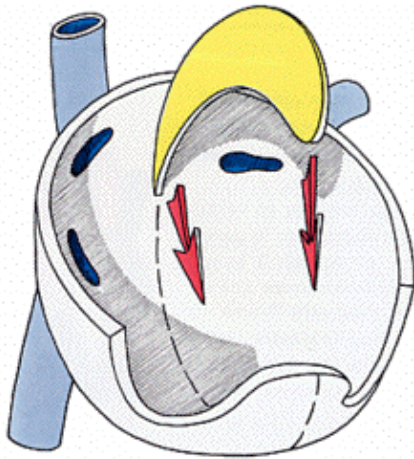
Passage artériel

Blocage retour veineux (épidural ++)

ADD neurologique médullaire

**Chokes, ADD neurologique
cérébral, ADD vestibulaire**

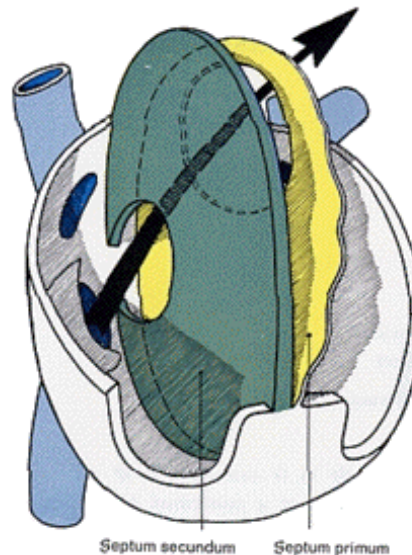
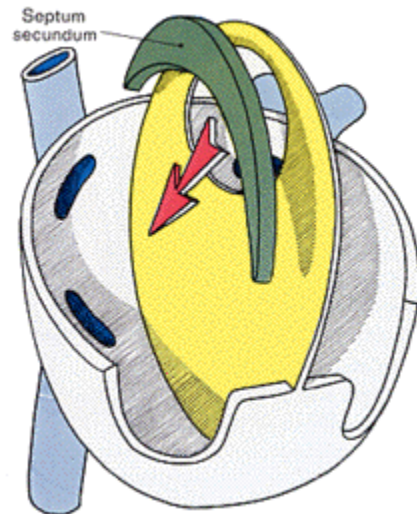
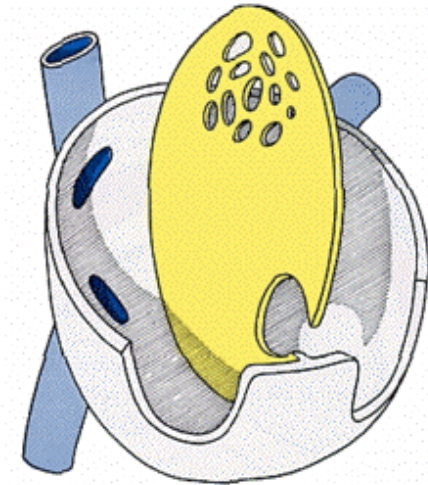
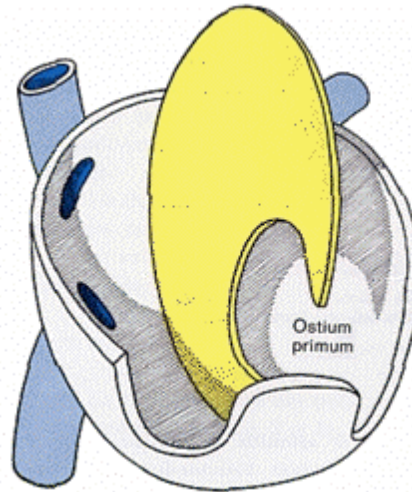
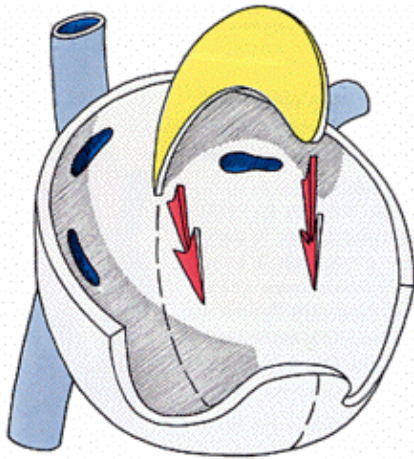
FOP - Embryologie



Vie Foétale

- Résistance pulmonaire ↑↑↑
- AP → CS (canal artériel)
- OD → OG (FO)

FOP - Embryologie



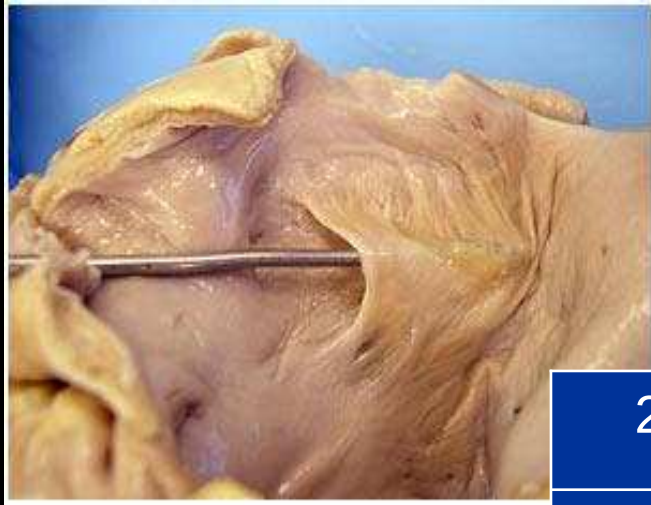
A La Naissance

- Respiration : Δ hémodynamique
 - Fermeture CA
 - Fermeture FO

FOP – Cinétique de Fermeture

- A 1 semaine : 75% FOP
- A 1 an : 50% FOP
- A l'âge adulte : $\cong$ 30% FOP
 - » HTA $\cong$ 5%
 - » HTAP (BPCO, SAS) $\geq$ 50%
 - » Ventilation en pression positive $\uparrow$

FOP – Incidence



OUVERTURE SI

$$P_{OD} > P_{OG}$$

29%	1809 Autopsies	Scammon, 1918
17%	500 Autopsies	Seib, 1935
27,3%	965 Autopsies	Hagen, 1984
15%	500 Autopsies	Penther, 1994
9,2%	1000 ETO	Fischer, 1995

FOP - Plongée

Perméabilisation facilitée :

- Immersion + Charge Ventilatoire
- Manœuvre de Valsalva
- Effort à glotte fermée
 - » Remontée à l'échelle
 - » Remontée du
 - » Port

↑ **RISQUE ADD ???**

Charge bullaire importante :

- Plongées profondes
- Plongées consécutives ou successives

Germonpré et al., Am J Cardiol, 2005 : ↑ Fq FOP chez le « vieux » plongeur

Lien entre FOP et ADD ???

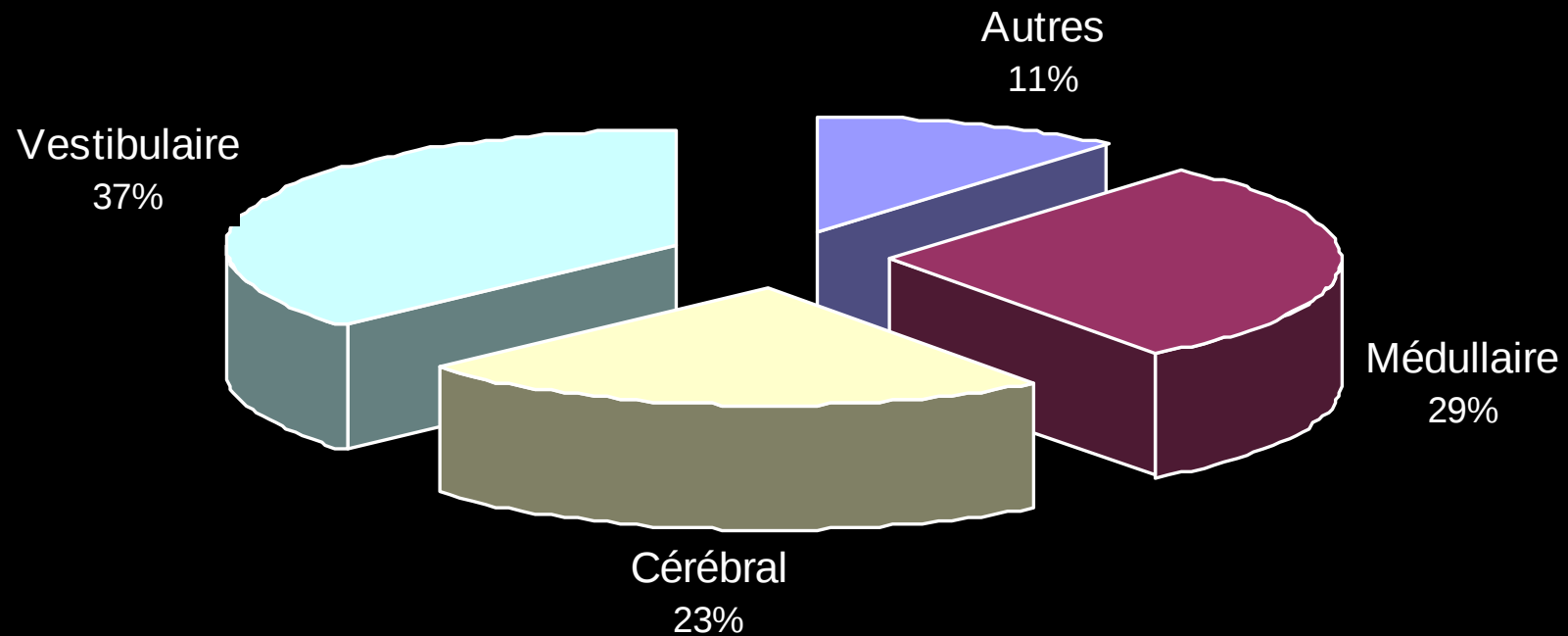
Détection FOP	TEMOIN	CAS	OR
en provoqué	25%	58%	4,27

	FREQUENCE ADD pour 10.000 plongées	
	Population Générale	Population avec FOP
Bove, 1998	2,8	5,3
Germonpré, 1998	0,25	0,63
	< 30 mètres	
	1,4	3,6
	> 30 mètres	

Cartoni et al., 2004 : **FOP + ASIA** = ↑↑ **ADD**

Torti et al., 2004 : **FOP grade 1** = Ø **FOP**

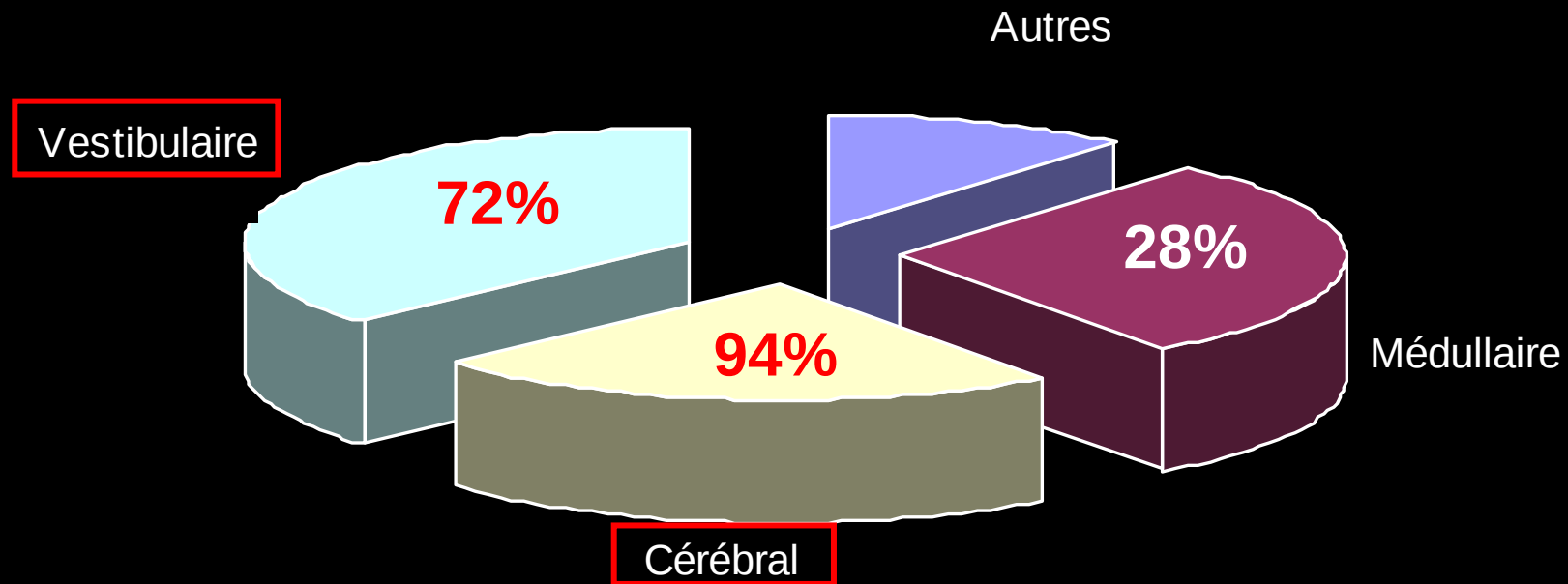
N=104



358 accidents de plongées admis sur 5 ans

62% de shunt

N=104



Qui dépister ???

Prévention *Primaire* :

- Systématique : NON !!!
- Plongeur demandeur : Acte de prévention (???)

Prévention *Secondaire* après ADD :

- Systématique : NON !!!
- **ADD vestib., cérébral, topo incertaine** : JUSTIFIE

QUAND ET QUI EXPLORER ?

En cas de survenue d'accident de décompression

Qui explorer ? Les accidents de décompression neurologiques :

- × cérébraux
- × cochléo-vestibulaires
- × mixtes cérébro-médullaires
- × de diagnostic topographique incertain mais présentant ou ayant présenté une symptomatologie objective.

Quand explorer ? Le plus précocement possible, au décours de la prise en charge, dès que la situation clinique est stabilisée, en fonction de la disponibilité du plateau technique.

En prévention d'accident de décompression

Dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas justifié de pratiquer cette recherche de shunt D-G sur l'ensemble de la population des plongeurs.

La réalisation de cet examen à la demande insistante de l'intéressé est possible. Il s'agit alors d'un acte de médecine préventive actuellement non pris en charge par l'assurance maladie. Le patient doit être informé des risques de l'examen et de ses conséquences.

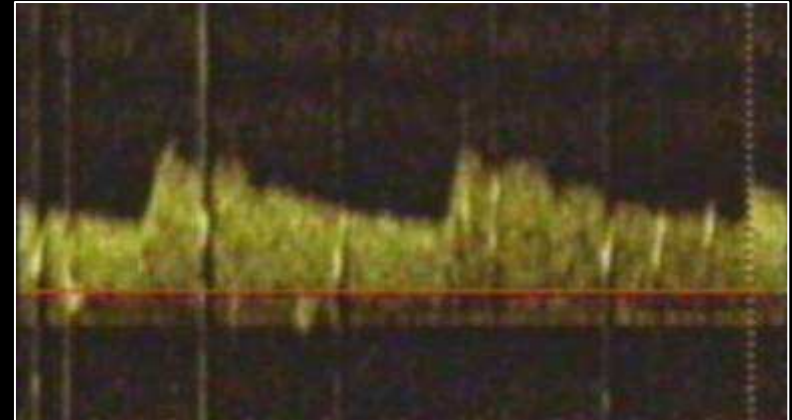
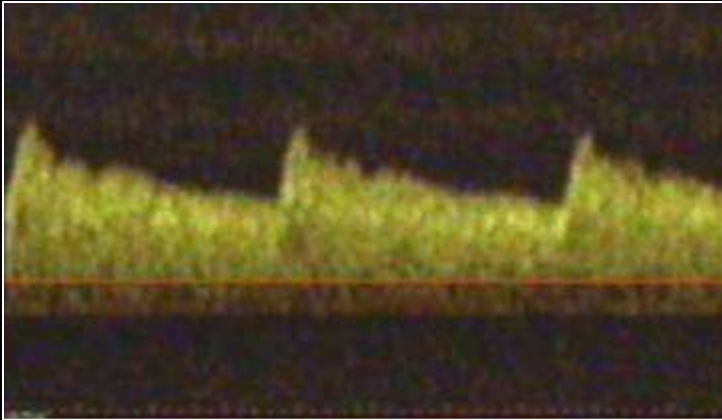
Comment le dépister ???



ETT + Doppler trans-carotidien ou trans-crânien
avec épreuve de contraste et manœuvre de sensibilisation

Comment le dépister ???

EDTC



ETO



Fermeture percutanée ???



Disponible en ligne sur www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Annales de Cardiologie et d'Angéiologie ■■ (2007) ■■■

Annales de
cardiologie
et d'angéiologie

<http://www.elsevier.com/locate/ANCAAN>

Mise au point

Fermeture percutanée des forams ovales perméables :
indications, techniques et résultats

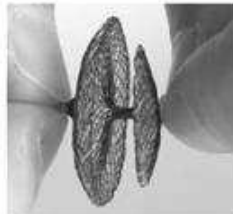
Patent foramen ovale percutaneous closure:
indications, techniques and results

P. Aubry^{a,*}, B. Géraud^b, J.-M. Juliard^a, D. Tchetché^a, E. Brochet^a, L. Eichegoyen^c, A. Vahanian^a

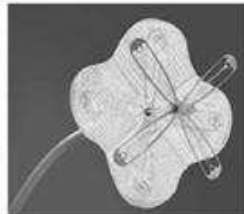
^a Service de cardiologie, centre hospitalier Richer-Claude-Bernard, 46, rue Henri-Huchard, 75018 Paris, France

^b Unité de cardiologie interventionnelle, clinique Ambroise-Paré, 27, boulevard Victor-Hugo, 92200 Neuilly-sur-Seine, France

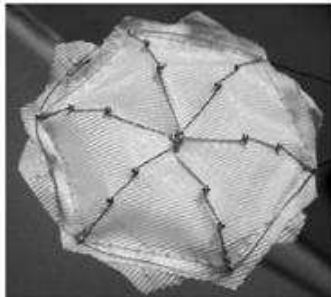
^c Département d'anesthésie-réanimation, centre hospitalier Richer-Claude-Bernard, 46, rue Henri-Huchard, 75018 Paris, France



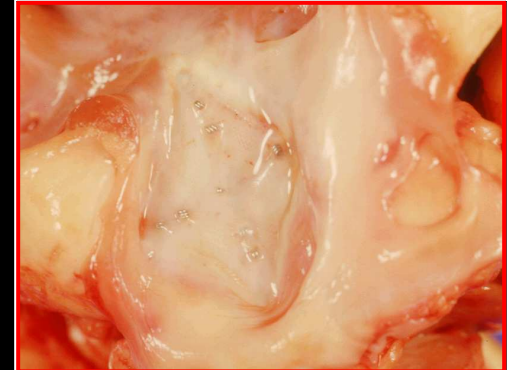
Amplatzer™ (AGA Medical)



Premere™ (St. Jude Medical)



STARflex™ (NMT)



STARflex-MASTER

Fermeture percutanée ???



Disponible en ligne sur www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Annales de Cardiologie et d'Angéiologie ■■ (2007) ■■■

Annales de
cardiologie
et d'angéiologie

<http://anncc.elsevier.com/anncc/ANCAAN/>

Mise au point

Fermeture percutanée des forams ovales perméables :
indications, techniques et résultats

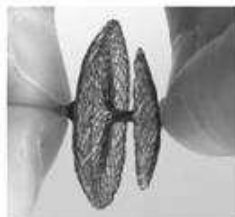
Patent foramen ovale percutaneous closure:
indications, techniques and results

P. Aubry^{a,*}, B. Gèrardin^b, J.-M. Juliard^a, D. Tchetché^a, E. Brochet^a, L. Eichegoyen^c, A. Vahanian^a

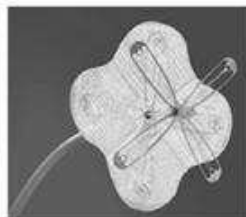
^aService de cardiologie, centre hospitalier Richer-Claude-Bernard, 46, rue Henri-Huchard, 75018 Paris, France

^bUnité de cardiologie interventionnelle, clinique Ambroise-Paré, 27, boulevard Victor-Hugo, 92200 Neuilly-sur-Seine, France

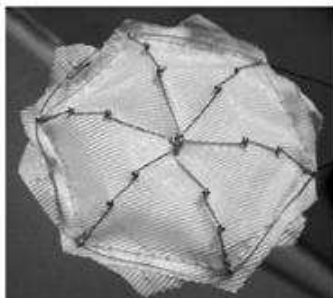
^cDépartement d'anesthésie-réanimation, centre hospitalier Richer-Claude-Bernard, 46, rue Henri-Huchard, 75018 Paris, France



Amplatzer™ (AGA Medical)



Premere™ (St. Jude Medical)



STARflex™ (NMT)



J0 à J3 : Hospitalisation

- Héparine + Aspirine + Clopidogrel
- Prévention EI

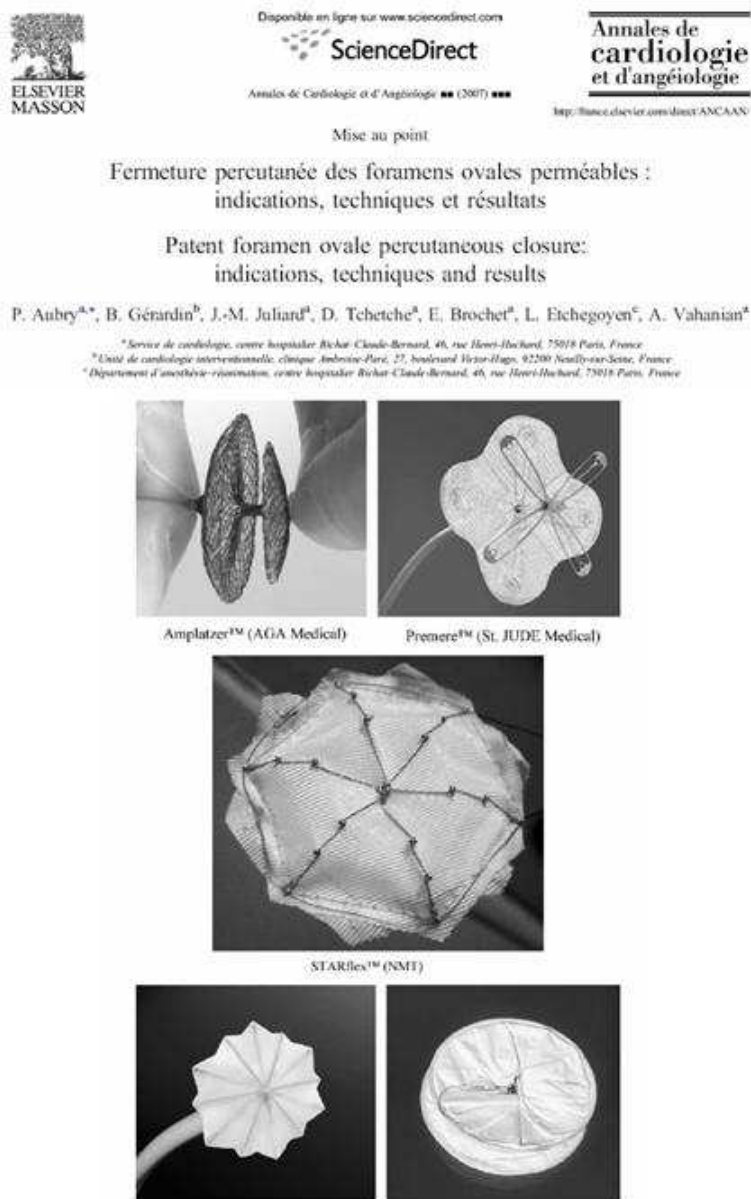
M1 à M6 : Aspirine 75 + Clopidogrel 75 (3 mois)

M6 : ETO de contrôle (Efficacité ? Arrêt AAP ?)



Mareedu et al., CM & R 2007

Fermeture percutanée ???



J0 à J3 : Hospitalisation

- Héparine + Aspirine + Clopidogrel
- Prévention EI

M1 à M6 : Aspirine 75 + Clopidogrel 75 (3 mois)

M6 : ETO de contrôle (Efficacité ? Arrêt AAP ?)

Complications :

- Immédiate :
 - . AG et intubation endo-oesophagienne
 - . Embolisation de la prothèse
 - . Hémopéricarde
 - . EG coronaire droite
- Précoce :
 - . Thrombose (1 à 3%)
 - . Fistule OD Ao
 - . TDR auriculaire
 - . Hématome
- Tardive :
 - . Infection
 - . (altération)

Taux de perméabilité résiduelle à 6M : < 15%

Bénéfice clinique attendu ???

Transcatheter closure of patent foramen ovale using the Amplatzer septal occluder to prevent recurrence of neurological decompression illness in divers

K P Walsh, P T Wilmshurst, W L Morrison

- 7 plongeurs (3 pro)
- ADD neurologiques (3 médullaires)
- Ø de complication aigue
- Ø de shunt résiduel
- Reprise de la plongée
- Ø de récurrence à 1 an

Wilmshurst et al., Lancet, 2000 (n=28)

- 28 ADD avec fermeture de FOP
- Pas de récurrence après 2.536 plongées (23 plongeurs)

FERMETURE DU *FORAMEN OVALE* PERMÉABLE, PAR VOIE
VEINEUSE TRANSCUTANÉE (À L'EXCLUSION DE LA
FERMETURE DE LA COMMUNICATION INTERAURICULAIRE :
LIBELLÉ DASF004)



HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

Prévention secondaire d'accident ischémique cérébral ou transitoire, traitement de la migraine, ou
prévention secondaire d'accident de décompression

Dans ces indications, le service attendu est considéré comme non encore déterminé. Par conséquent, l'avis de la HAS sur l'inscription de l'acte dans ces indications à la liste des actes prévue à l'article L. 162-1-7 du Code de la sécurité sociale est :

- pour la prévention secondaire d'accident ischémique cérébral ou transitoire chez les patients porteurs d'un *foramen ovale* perméable et d'un anévrisme du septum interauriculaire favorable en tant qu'acte en phase de recherche clinique (pouvant faire l'objet d'une convention HAS - UNCAM définie dans l'article L. 162-1-7 du Code de la sécurité sociale) ;
- défavorable dans les autres situations.

Alternative à la fermeture ???



Alternative à la fermeture ???



fédération française d'études et de sports sous-marins
FONDÉE EN 1955 – MEMBRE FONDATEUR DE LA CONFÉDÉRATION MONDIALE DES ACTIVITÉS SUBAQUATIQUES

Madame, Mademoiselle, Monsieur,

Une échographie a été réalisée, soit à la suite d'un accident de plongée non imputable à la présence d'un shunt, soit dans le cadre d'un bilan sans rapport avec la pratique de la plongée subaquatique avec scaphandre. Elle a mis en évidence chez vous l'existence d'un shunt droit-gauche (Foramen Ovale Perméable ou shunt droit-gauche extra cardiaque).

Selon l'état actuel de nos connaissances, la présence de ce shunt majore significativement le risque d'accident de décompression cérébral ou cochléo-vestibulaire par rapport à la population générale.

En conséquence, la seule solution radicale pour éviter tout risque *est l'arrêt de la pratique de la plongée subaquatique avec scaphandre.*

Si votre choix est autre il faut vous mettre dans des conditions qui limitent la majoration du risque d'accident, c'est à dire :

- ✱ *réduire la production de bulles circulantes :*
 - plonger exclusivement dans la courbe de sécurité (aucune plongée avec palier imposé)
 - pas de plongée successive
 - profondeur maximale autorisée 30 mètres
 - limiter les efforts en plongée
 - éviter les efforts musculaires pendant les 3 heures suivant l'émersion
 - ne pas réaliser de plongées yo-yo
 - réaliser une remontée lente (inférieure à 10 m/minute)
- ✱ *limiter les variations brutales de la pression intrathoracique :*
 - éviter impérativement les manœuvres de Valsalva brutales ; privilégier en permanence les manœuvres d'équipression dites passives (rappel : ne jamais faire de manœuvre de Valsalva lors de la remontée)
 - ne pas pratiquer d'apnées dans un délai de 12 heures après une plongée scaphandre
 - éviter les efforts en respiration bloquée (remontée du mouillage, portages intempestifs, remontée à bord avec le bloc sur le dos, efforts de toux...)
 - éviter la plongée en cas de mal de mer avec risque de vomissement
- ✱ *limiter les facteurs de risque, et en particulier :*
 - ne pas plonger fatigué, stressé...
 - entretenir une bonne condition physique
 - avoir un entraînement progressif et régulier
 - se méfier de la surcharge pondérale
 - au delà de 40 ans les risques sont majorés

Mr G., 48 ans, niveau II, 40 plongées



- ADD Vestibulaire
- EDTC : stade III

CAT ???

1/ CID

2/ Reprise avec restriction

3/ Fermeture du FOP

Mr G., 48 ans, niveau II, 40 plongées



- ADD Vestibulaire
- EDTC : stade III

CAT ???

1/ CID

- 2/ Reprise avec restriction
3/ Fermeture du FOP

Mr G., 48 ans, niveau II, 40 plongées



- ADD Vestibulaire
- EDTC : stade III

CAT ???

1/ CID

2/ Reprise avec restriction

3/ Fermeture du FOP

RECIDIVE

par absence de modification de ses profils

Mr B., 35 ans, NIII, 120 plongées



- ADD Cutanée
- EDTC « abusive » : stade III

CAT ???

- 1/ Reprise sans restriction
- 2/ Reprise avec restriction
- 3/ Fermeture du FOP

Mr B., 35 ans, NIII, 120 plongées



- ADD Cutanée
- EDTC « abusive » : stade III

CAT ???

- 1/ Reprise sans restriction
- 2/ Reprise avec restriction
- 3/ Fermeture du FOP

Mr B., 35 ans, NIII, 120 plongées



- ADD Cutanée
- EDTC « abusive » : stade III

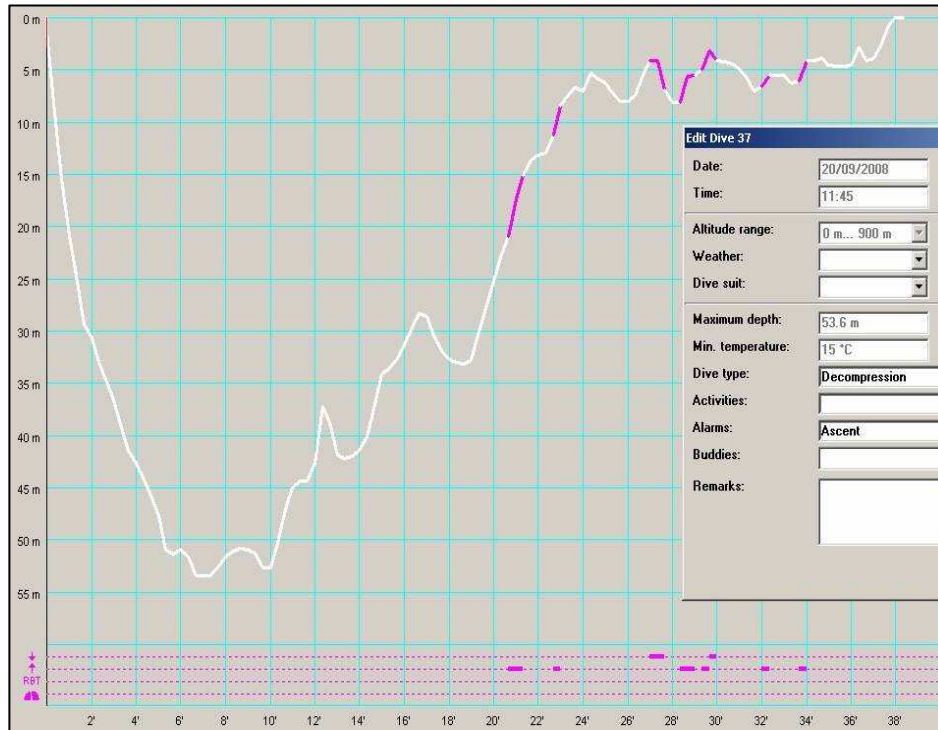
CAT ???

- 1/ Reprise sans restriction
- 2/ Reprise avec restriction
- 3/ Fermeture du FOP

SHUNT RESIDUEL

9 mois après

Mme P., 47 ans, NII, 400 plongées



- ADD Vestibulaire
- EDTC : stade II

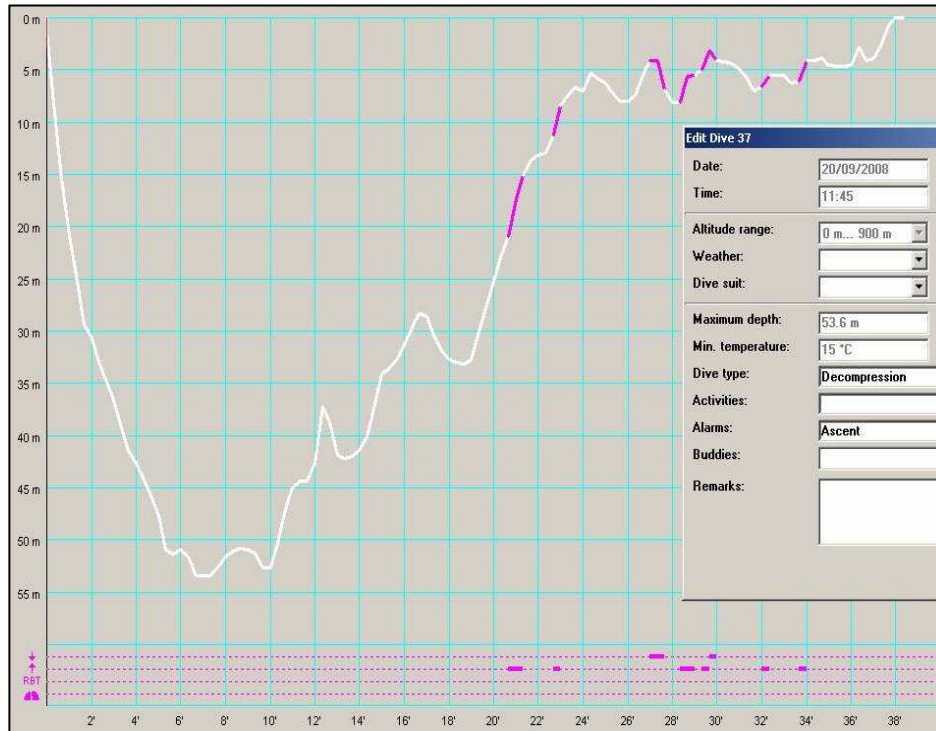
CAT ???

1/ CID

2/ Reprise avec restriction

3/ Fermeture du FOP

Mme P., 47 ans, NII, 400 plongées



- ADD Vestibulaire

- EDTC : stade II

CAT ???

1/ CID

→ 2/ Reprise avec restriction

3/ Fermeture du FOP

ABSENCE DE RECIDIVE

« LOW BUBBLE DIVING » - 100 plongées depuis



SWISS UNDERWATER AND HYPERBARIC MEDICAL SOCIETY
SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR UNTERWASSER-
UND HYPERBARMEDIZIN
SOCIÉTÉ SUISSE DE MÉDECINE SUBAQUATIQUE ET HYPERBARE
SOCIETÀ SVIZZERA DI MEDICINA SUBACQUEA E IPERBARICA

FOP

RECOMMANDATIONS 2007
DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DE MÉDECINE
SUBAQUATIQUE ET HYPERBARE
POUR LA PLONGÉE AVEC UN
FORAMEN OVALE PERMÉABLE

15 Règles pour la plongée „low bubble diving »

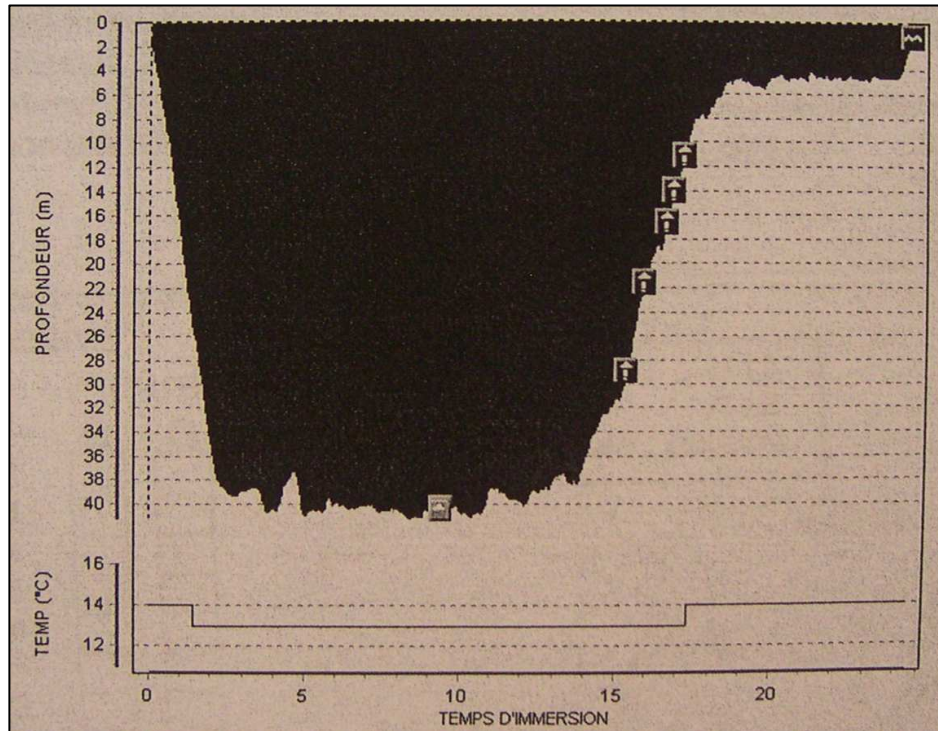
.... diminution de la formation de bulles:

- 1 Débuter la plongée à la profondeur maximale prévue.**
- 2 Pas de plongée yoyo.** Pas de descentes répétitives dans la zone des 10m.
- 3 Réduction de la vitesse de remontée à 5 m/min. pour les derniers 10 m.**
- 4 Palier de sécurité entre 3 et 5 m pendant au minimum 5 à 10 minutes.**
- 5 Uniquement des plongées dans la courbe de sécurité.** Pas de plongée avec décompression.
- 6 Au minimum 4 heures d'intervalle de surface avant la prochaine plongée.**
- 7 Maximum deux plongées par jour.**
- 8 Au moins deux heures d'attente avant de rejoindre un point plus élevé en altitude que le site de plongée.**
- 9 Eviter un grand réchauffement de la peau après la plongée.** P. ex. bain de soleil, douche chaude, sauna.
- 10 Eviter le froid, la déshydratation ainsi que l'abus de nicotine.**
- 11 Plonger avec un mélange de Nitrox mais avec les tables de décompression à l'air.** Attention à la toxicité de l'O₂.
- 12 Des ordinateurs de plongée avec des logiciels spécialisés permettent de diminuer les risques.**

.... diminution du risque de passage des bulles dans la circulation artérielle:

- 13 Pas d'effort physique dans les 10 derniers mètres de la remontée.** Eviter le travail physique ainsi que le palmage dans les courants en fin de plongée.
- 14 Pas d'effort physique dans les 2 heures qui suivent une plongée.** Ne pas gonfler son gilet par insufflation directe. Décapelage dans l'eau et prise en charge du matériel par des aides à la sortie. Pas de remontée en force sur le bateau ou sur la rive (sans pression!). Le matériel lourd ne sera pas transporté par le plongeur.
- 15 Défense formelle de plonger en cas de refroidissement.** La toux ainsi que les manœuvres d'équilibrage forcées (Valsalva) favorisent le passage de bulles.

Mlle A., 25 ans, Scientif., 40 plongées



- ADD Cérébral
- EDTC : stade III

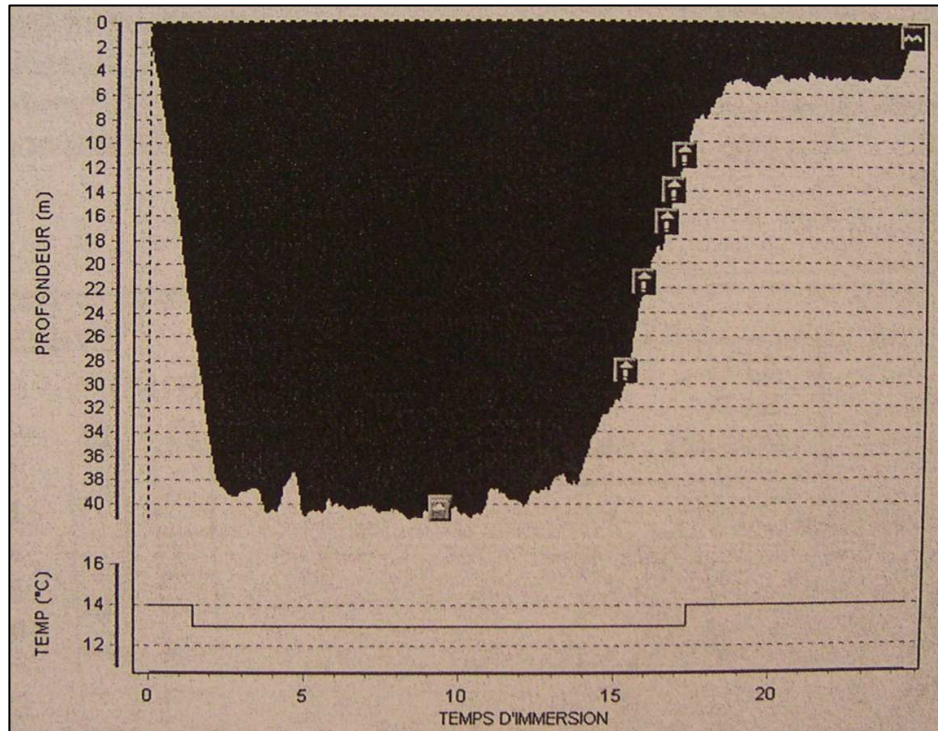
CAT ???

1/ CID

2/ Reprise avec restriction

3/ Fermeture du FOP

Mlle A., 25 ans, Scientif., 40 plongées



- ADD Cérébral
- EDTC : stade III

CAT ???

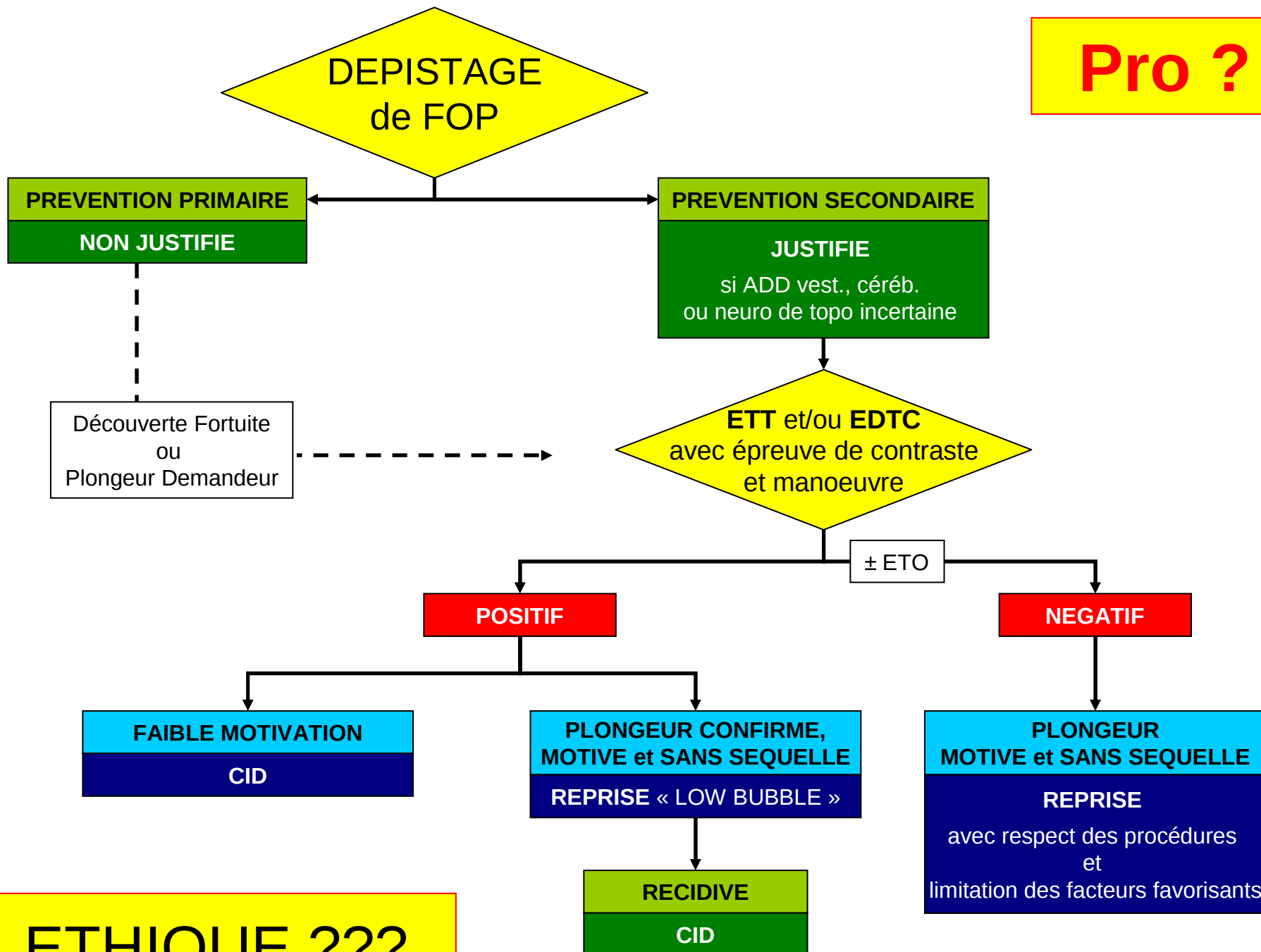
1/ CID

→ 2/ Reprise avec restriction

→ 3/ Fermeture du FOP

???

Pro ?



ETHIQUE ???



Mathieu.Coulange@ap-hm.fr

SERVICE DE MEDECINE HYPERBARE

Pr. JM SAINTY, Dr A BARTHELEMY

Hôpital de Sainte Marguerite
270 Bd de Ste Marguerite
13274 Marseille cedex 09

TEL : +33(0) 491 744 944

TEL : +33(0) 491 749 996

QUESTION ?

