

D.I.U Médecine
Subaquatique et Hyperbare
Michel Lyœn

ACCIDENTS BAROTRAUMATIQUES

Plan

- ◎ Généralités : pression et fluides
- ◎ Surpression pulmonaire
- ◎ Barotraumatisme de l'oreille
- ◎ Autres barotraumatismes

- Généralités
- Loi de Boyle et Mariotte
- Conditions de survenue

GÉNÉRALITÉS

- ◎ L'accident de plongée est traître
car :
 - il n'y a aucune corrélation entre l'erreur commise et la symptomatologie présentée.

⊙ L'accident de plongée est traître car :

- la symptomatologie est bâtarde, variable, fluctuante
 - le plongeur peut très bien présenter sous l'eau une pathologie de surface
 - La symptomatologie est très fluctuante dans les deux sens (aussi bien dans le sens de l'amélioration que dans celui de l'aggravation).

⦿ L'accident de plongée est traître ; il faut donc :

- se méfier lors de l'alerte
 - ne jamais négliger une alerte
 - ne jamais hésiter à abuser
- ne jamais négliger une symptomatologie apparue au décours d'une plongée, quelle qu'elle soit.

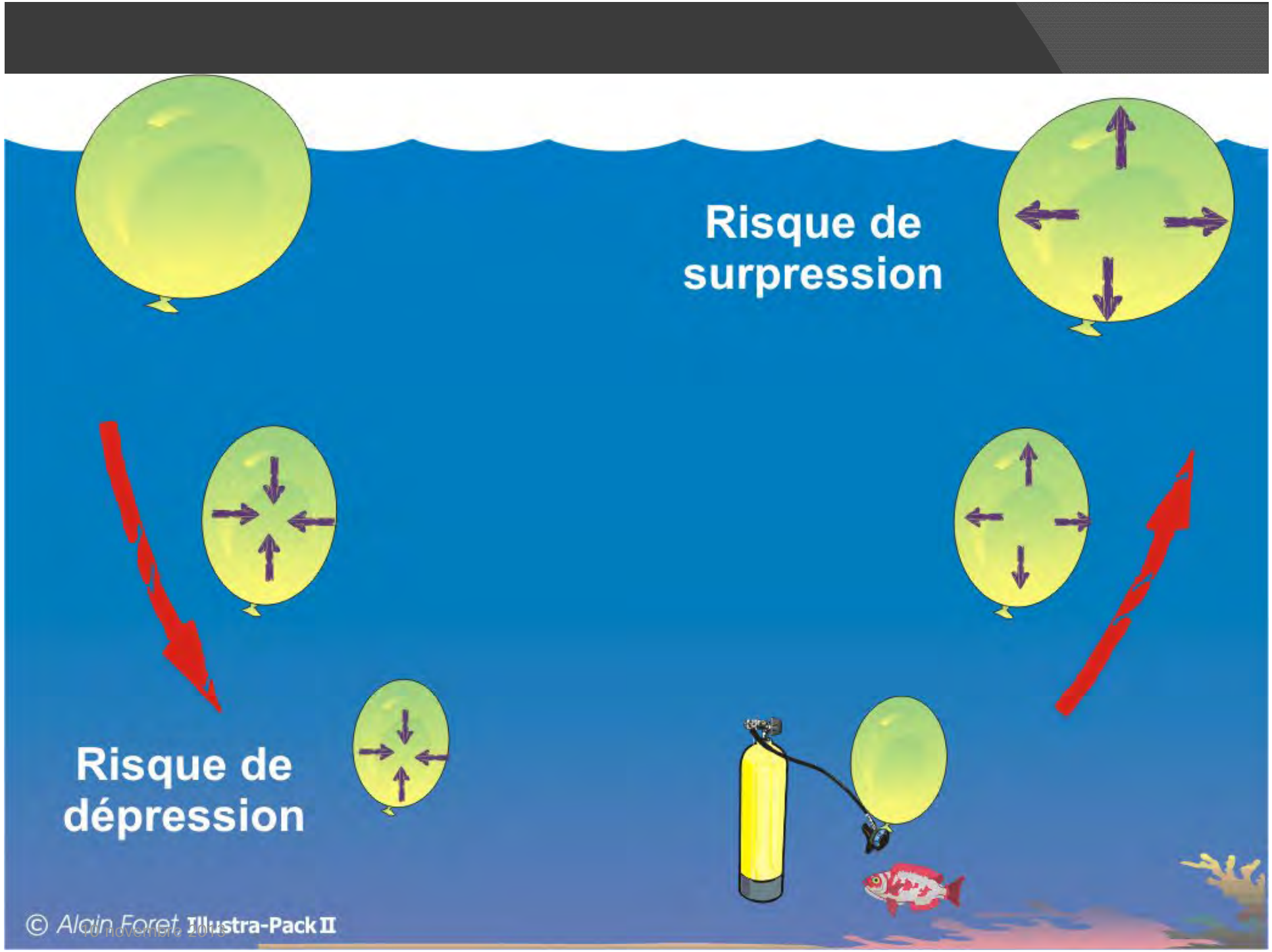


Loi de Boyle et Mariotte

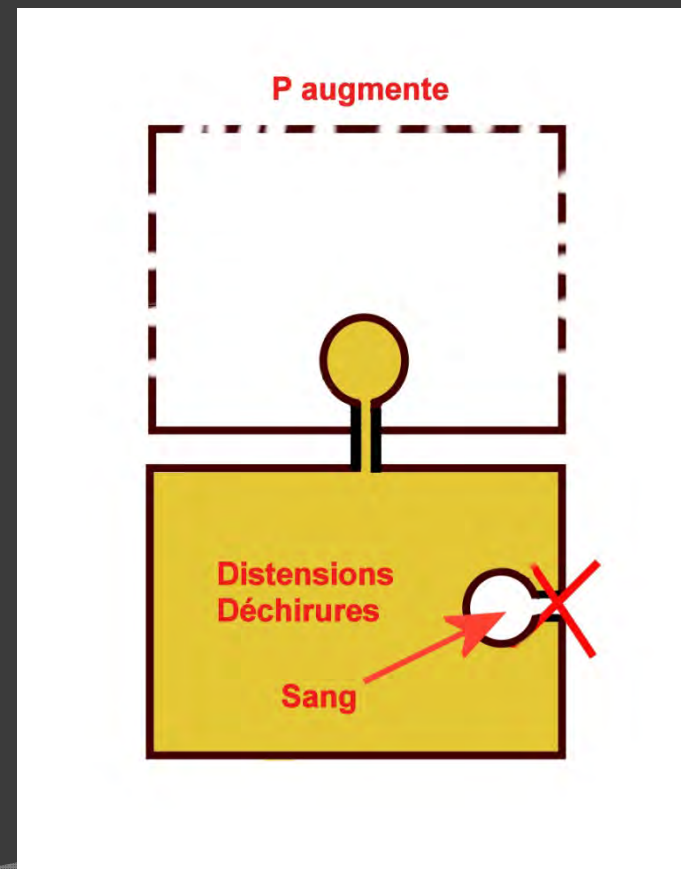
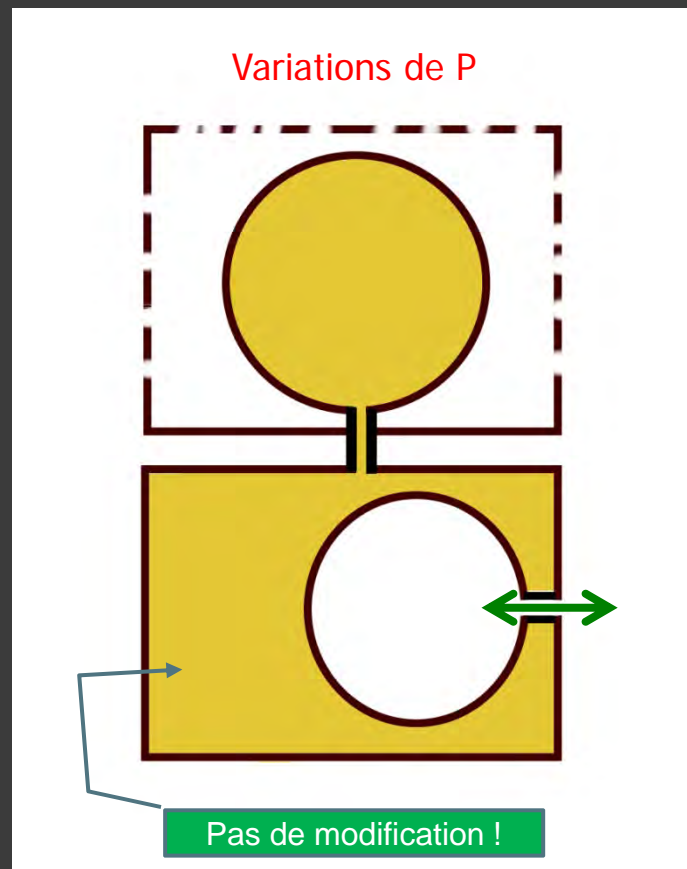
- ⊙ Loi de Boyle et Mariotte
 - $P_0 \times V_0 = P_1 \times V_1$
- ⊙ Loi des gaz parfaits : $PV = nRT$
- ⊙ Pour provoquer un barotraumatisme, il faut obligatoirement :
 - Mobiliser un gaz sous pression
 - Avoir une modification de pression à volume constant

Risque de surpression

Risque de dépression



● Notion de solide creux



Conditions de survenue

● Toujours en phase dynamique

Oreille externe	↘	bouchon cérumen	otite barotraumatique
Oreille moyenne	↘↗	dysperméabilité tubaire	otite barotraumatique
	↗↘	Pression asymétrique	vertige alternobarique
Oreille interne	↘↗	piston sur fenêtre ovale	sd cochléo-vestibulaire
Sinus	↘↗	ostium bouché	douleurs, sinusite
Dents	↘	caries ++	douleurs
	↗	cavités plombées	douleurs, explosions
Face	↘	placage de masque	complications oculaires
Gastrique	↗	blocage des gaz	dilatation, rupture, sd vagal
Poumons	↗	blocage expiratoire	surpression pulmonaire

- Physiopathologie
- Circonstances de survenue
- Clinique
- Examens complémentaires
- Traitement

Surpression pulmonaire

Physiopathologie

- ⊙ Augmentation brutale de la pression pulmonaire
- ⊙ Trois conditions de survenue :
 - existence d'une masse gazeuse respirée sous pression
 - plongée bouteille, mais aussi peut-être...
 - ↘ de la pression externe
 - phase de remontée
 - interruption ou limitation à l'expiration
 - blocage, asthme, anomalies anatomiques

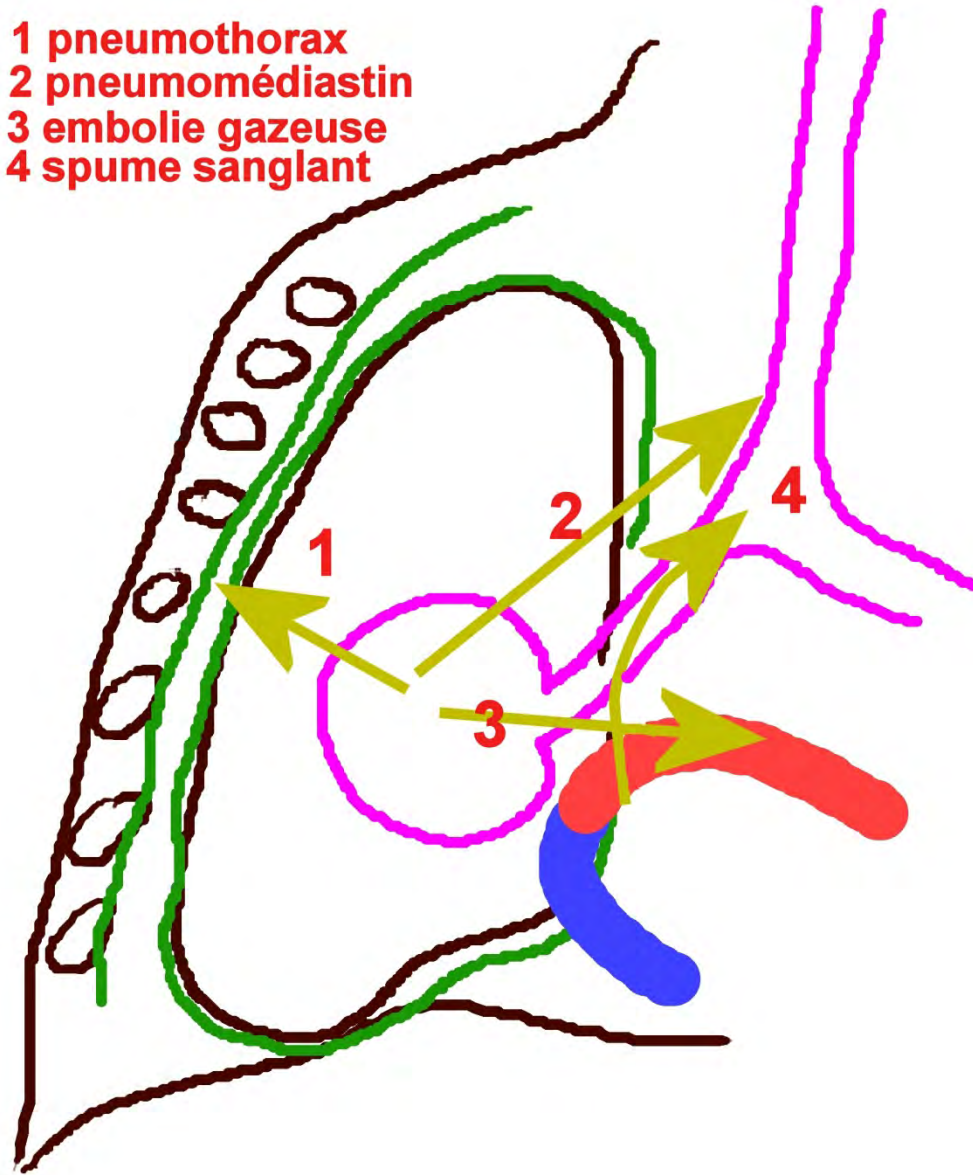
Physiopathologie

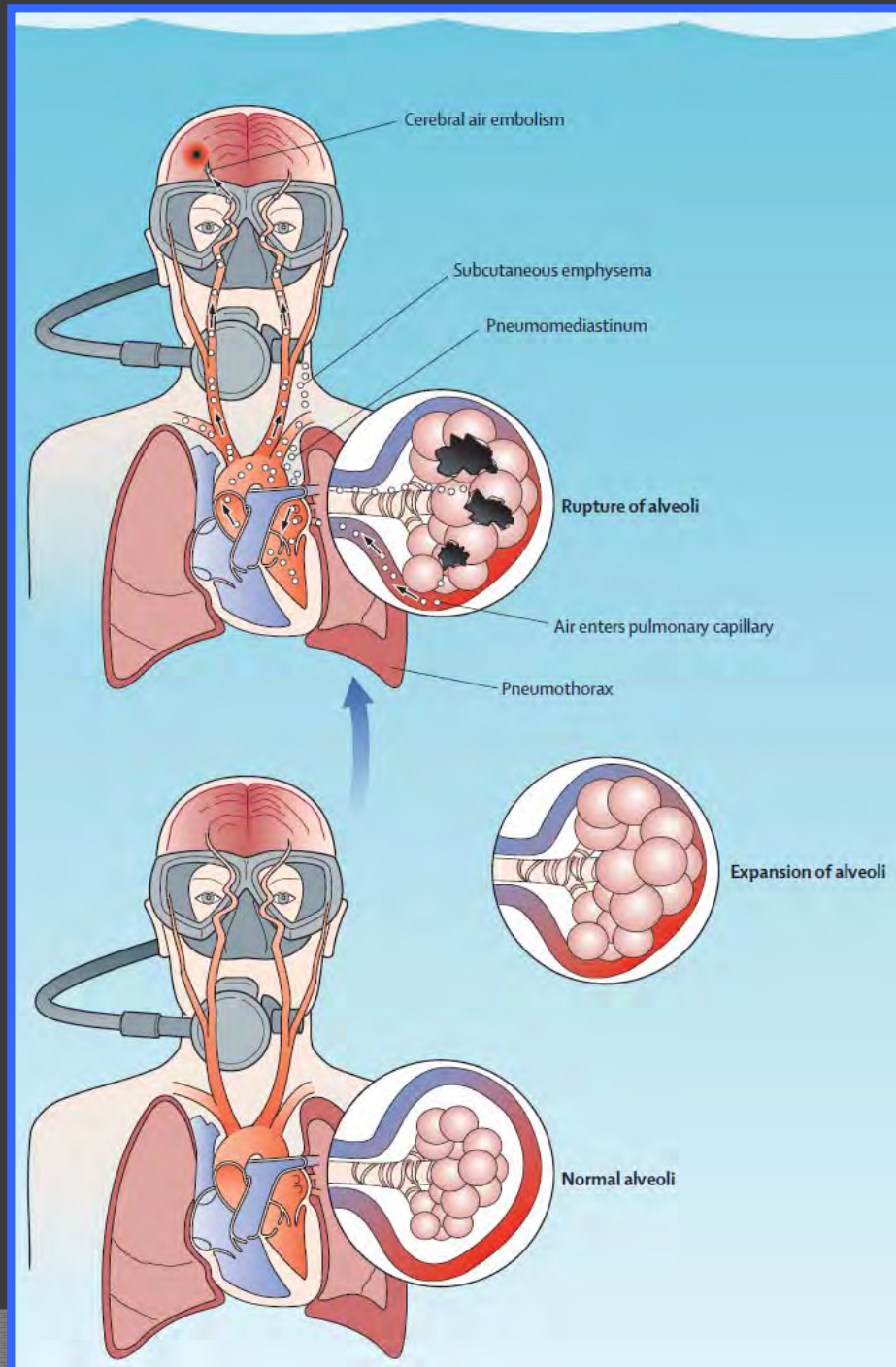
- ⊙ Trois possibilités d'effraction, isolées et parfois associées :
 - périphérique → pneumothorax d'importance variable, parfois même non visible
 - hile pulmonaire → pneumomédiastin (emphysèmes sous-cutané et médiastinal)
 - alvéolo-capillaire → aéroembolisme direct avec une grande variabilité interindividuelle
- ⊙ simple distension pulmonaire
 - simple distension pulmonaire → toux, gêne respiratoire surtout inspiratoire, crachats hémoptoïques

Physiopathologie

- ⊙ Les récepteurs sensitifs thoraciques
 - Les poumons n'ont pas de récepteurs à la douleur
 - Uniquement sensibles à l'étirement → oppression
 - Seule la plèvre possède des récepteurs à la douleur
- ⊙ Le médiastin est une cavité ouverte
- ⊙ Conséquences
 - Seul le pneumothorax de la grande cavité se manifestera par une douleur thoracique initiale
 - Lors des autres manifestations, on ne note qu'une sensation d'oppression pendant la remontée (inconstant)
 - Le pneumomédiastin
 - ne sera jamais compressif (extension de l'emphysème vers le cou)
 - Indolore (il n'y a jamais déchirure de la plèvre, mais suffusion le long des bronches)

- 1 pneumothorax
- 2 pneumomédiastin
- 3 embolie gazeuse
- 4 spume sanglant





Decompression illness
 Richard D Vann, Frank K
 Butler, Simon J Mitchell,
 Richard E Moon
 Lancet 2010; 377: 153-64

Circonstances de survenue

- ⊙ Plongeur souvent débutant, mais...
- ⊙ Incident mal contrôlé pendant la plongée
 - inhalation, panique, essoufflement
 - narcose au fond
- ⊙ Exercice dit de sécurité mal exécuté
 - remontée sur expiration (« sans embout »)
 - remontée SGS (système gonflable de sécurité)
 - DTH (démonstration technique avec handicap)

Circonstances de survenue

- ◎ Facteurs de gravité
 - survenue à proximité de la surface
 - en rapport avec la loi de Mariotte
 - importance de la masse d'air initiale
 - phase inspiratoire
 - Essoufflement (décrit, mais improbable)
 - rapidité de la remontée
 - panique
 - bouée mal gérée
- ◎ Cas du PNO spontané au fond

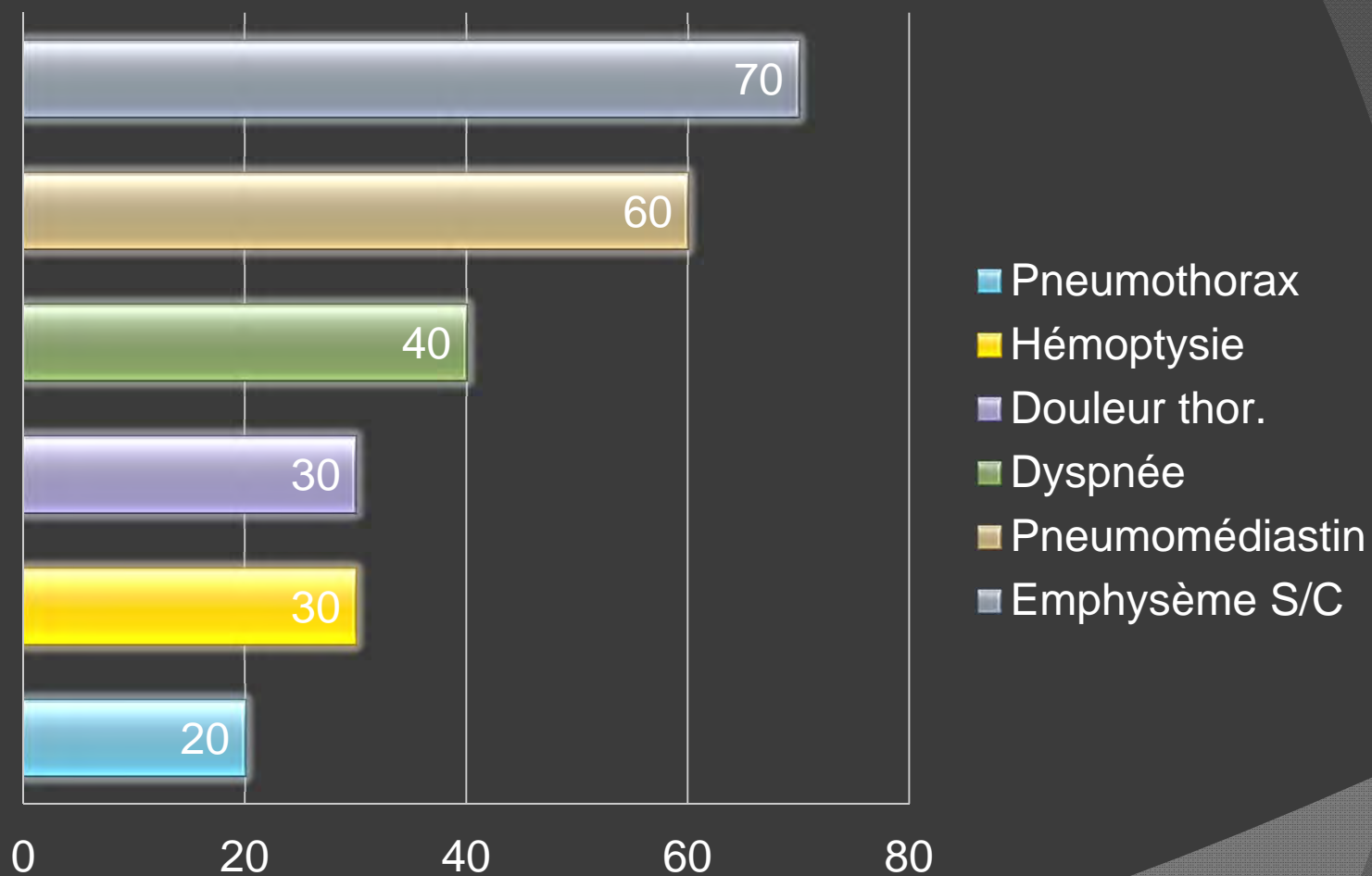
Clinique : signes généraux

- Grande variabilité
- De l'absence totale de signes cliniques au grand tableau de collapsus avec coma et arrêt cardiaque brutal

Clinique : signes pulmonaires

- ⊙ Cyanose, dyspnée, toux, oppression, crachats hémoptoïques, sibilances auscultatoires
- ⊙ Les signes pulmonaires perdurent, mais sont \pm violents
- ⊙ Diagnostic différentiel :
 - O.A.P. !
 - Infarctus du myocarde

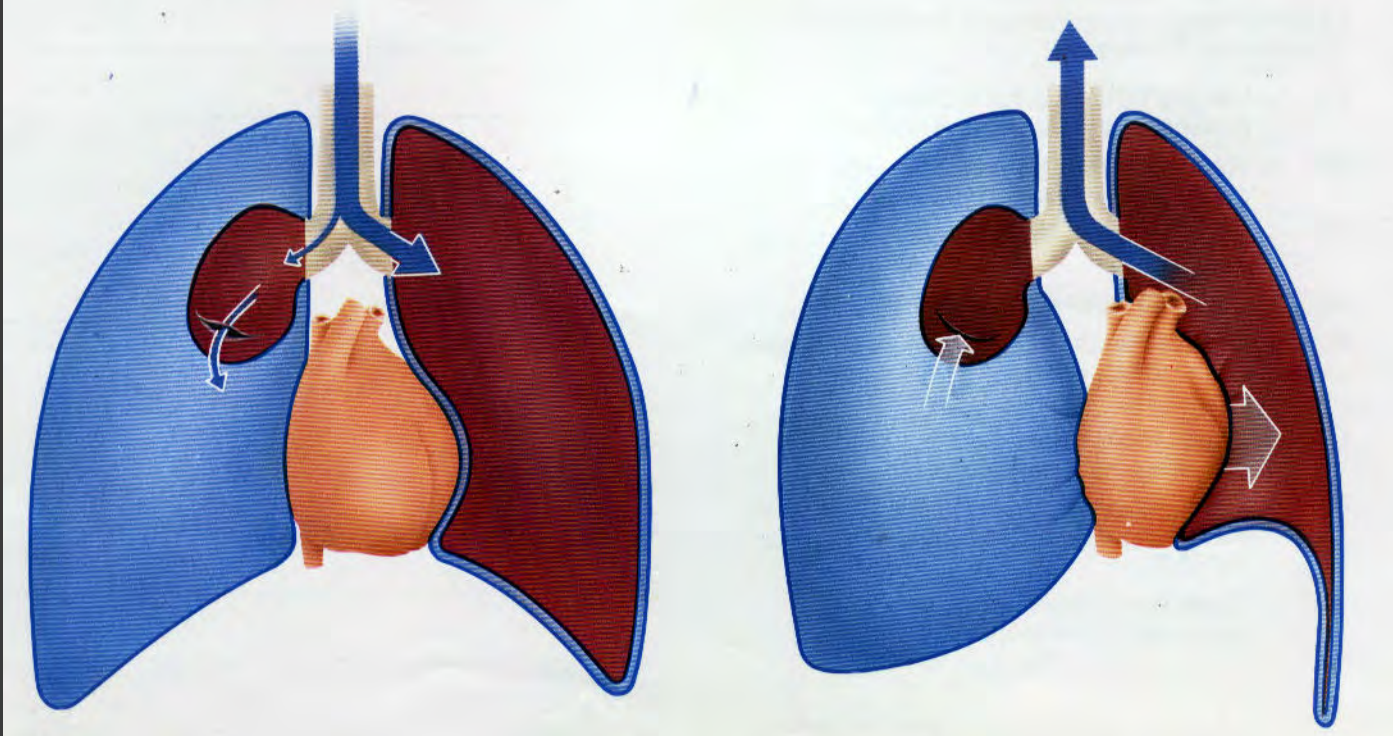
Signes



Signes respiratoires de la surpression pulmonaire (%)

Pneumothorax sous tension

Ventilation spontanée contrôlée



Clinique : signes neurologiques

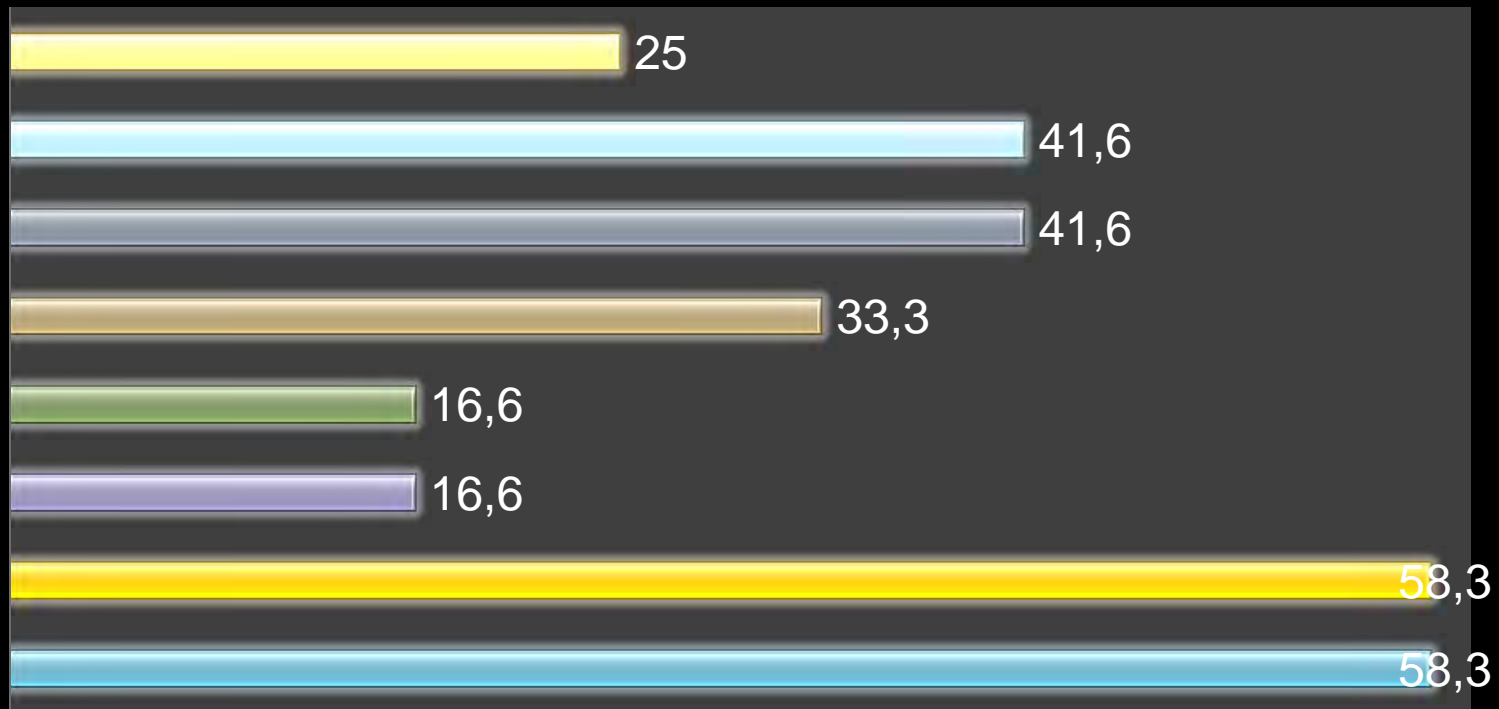
- ⊙ Aéroembolisme cérébral
 - clinique très variée
 - survenue brutale.
- ⊙ La symptomatologie clinique peut très bien s'amender dans les minutes qui suivent par ce que l'embol a été « digéré » **mais bien penser qu'il y a eu surpression pulmonaire**

⊙ Symptomatologie neurologique très variable :

- troubles de conscience
- syndromes déficitaires essentiellement moteurs
- comitialité
- atteintes neurosensorielles diverses

Signes

- Convulsions
- Tr. Conscience
- Tr. Sphinctériens
- Vertiges
- Tr. Paires cr.
- Tr. visuels
- Hémiplégie
- Coma

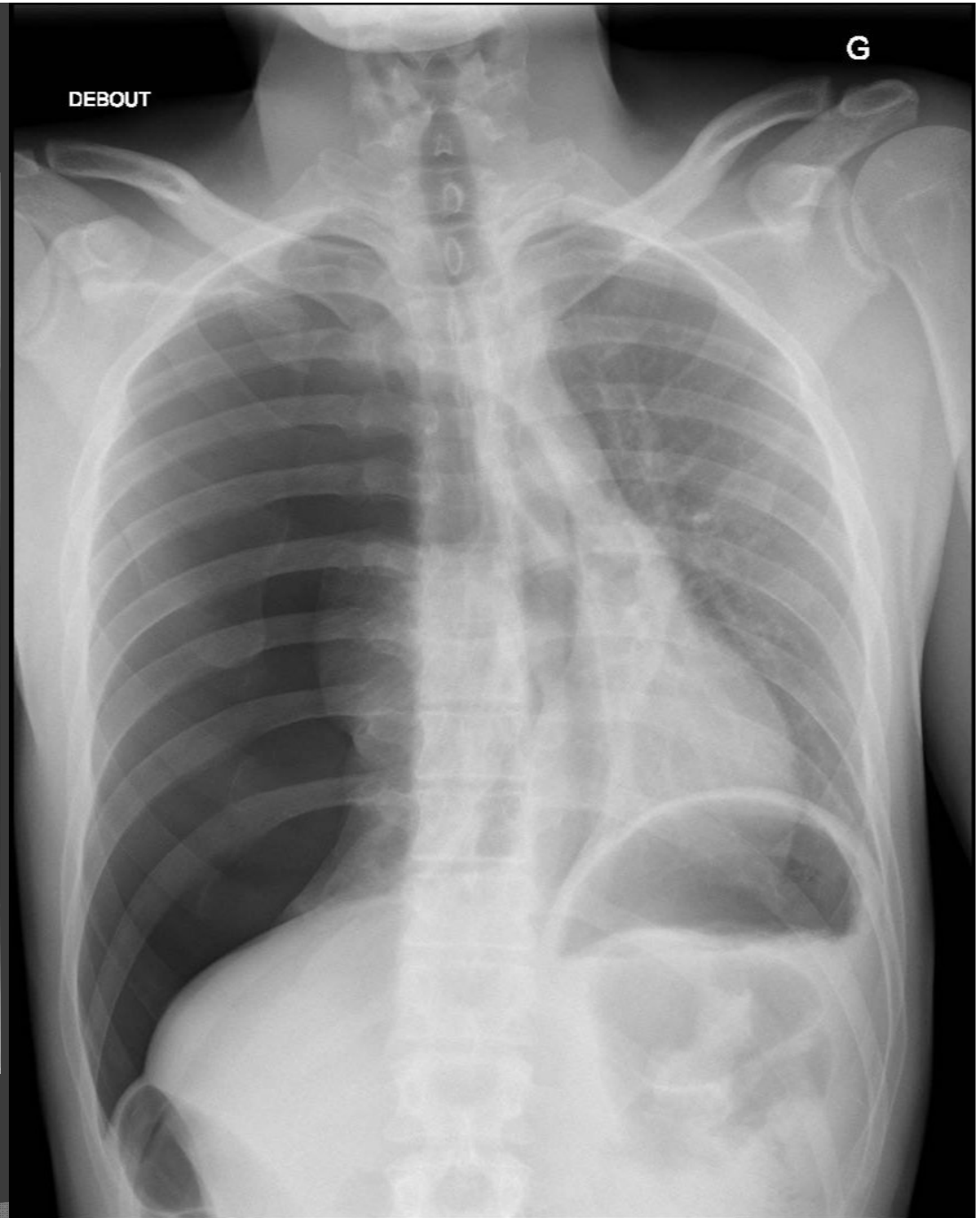


Signes neurologiques de la surpression pulmonaire (%)

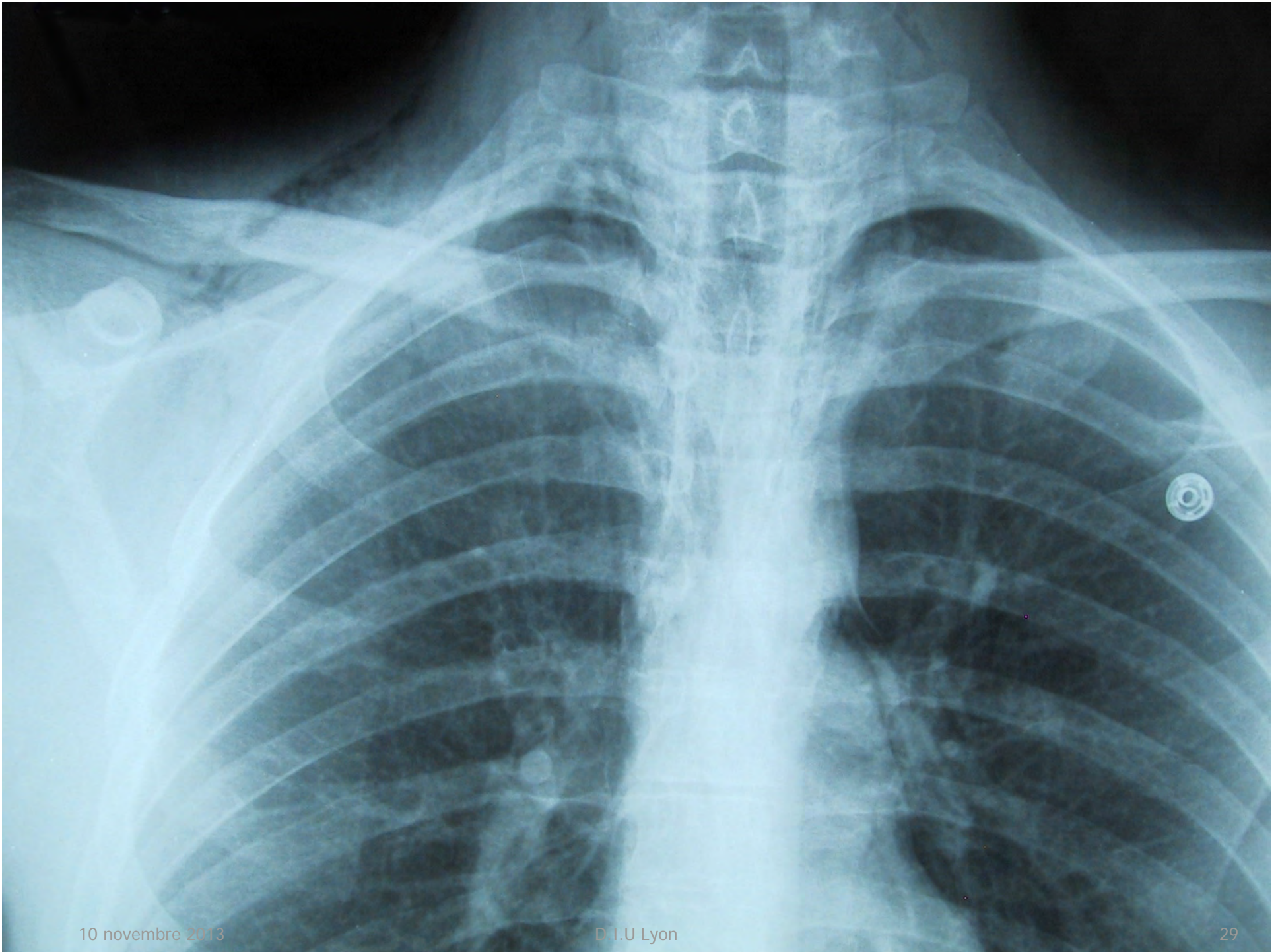
Examens complémentaires

- ⊙ En urgence : la radiographie thoracique
 - pneumothorax, pneumomédiastin, emphysème (souvent faux négatifs)
 - image de noyade associée éventuelle
- ⊙ Bilan cardiologique (OAP, IDM...)
 - PNB...
 - Troponine
 - ECG, échographie cardiaque

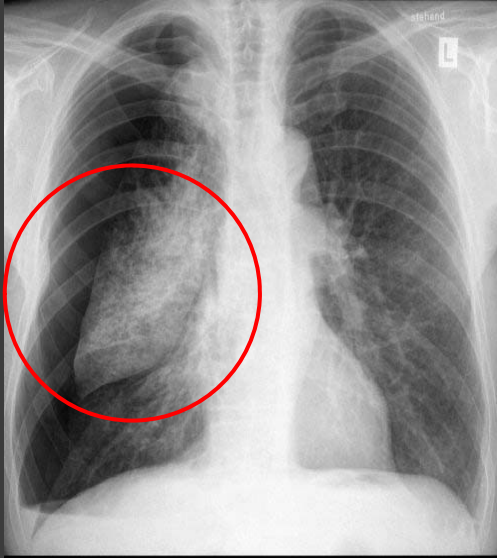




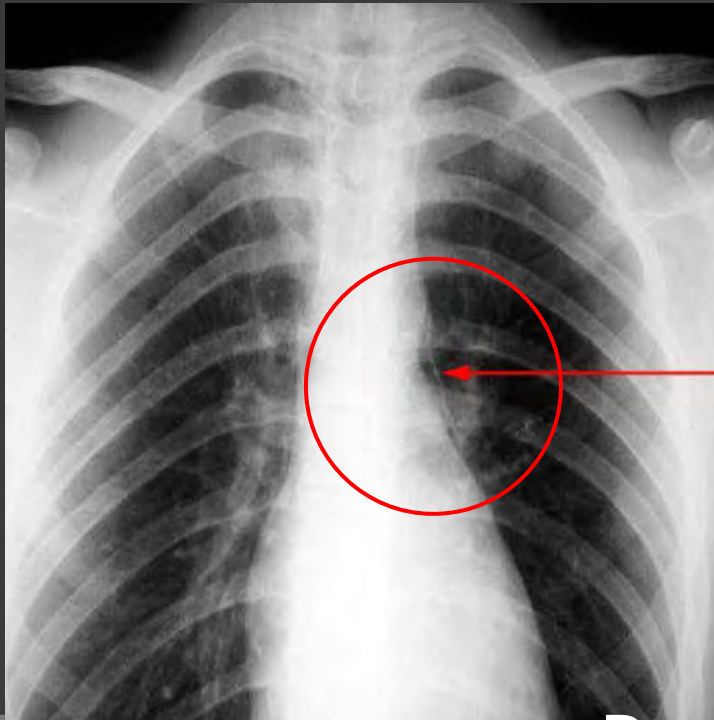
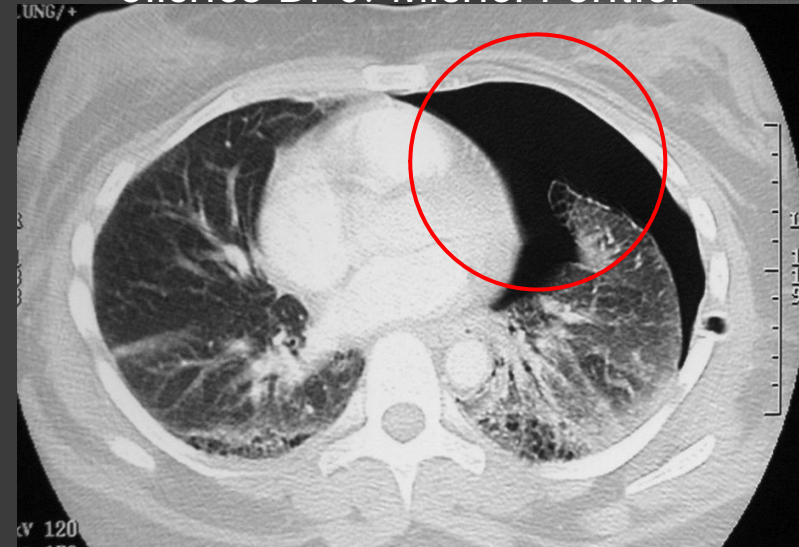




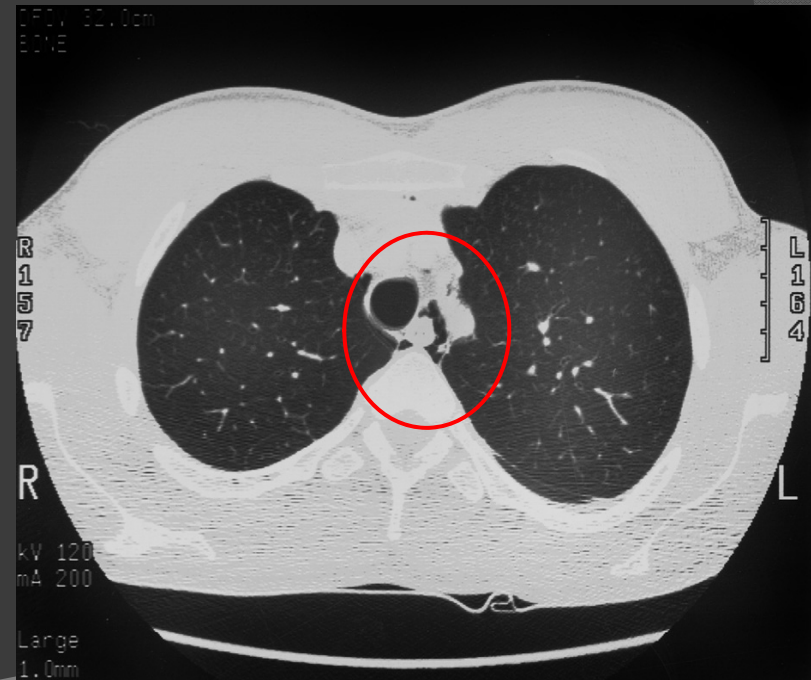


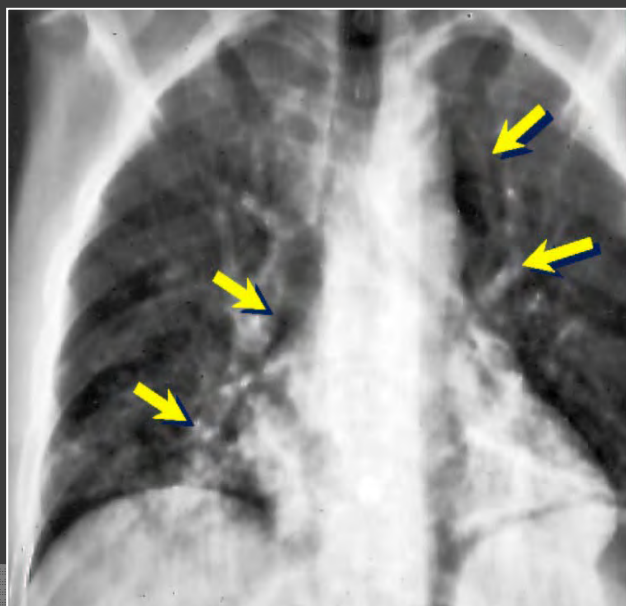
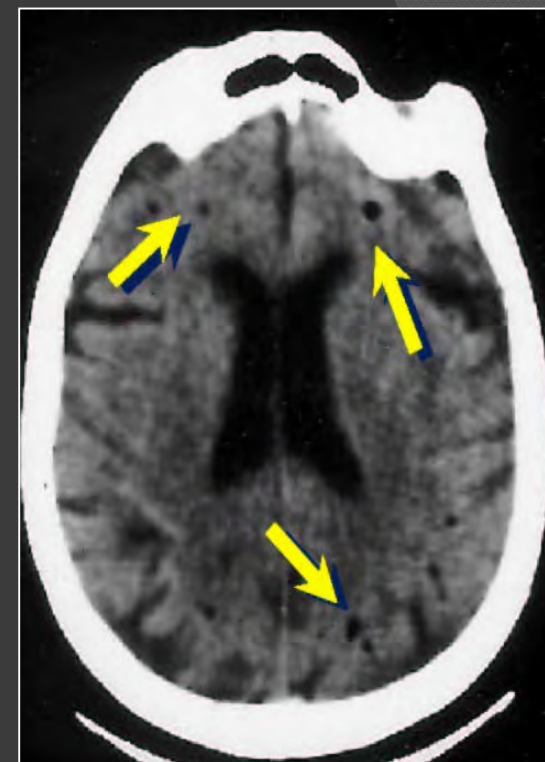
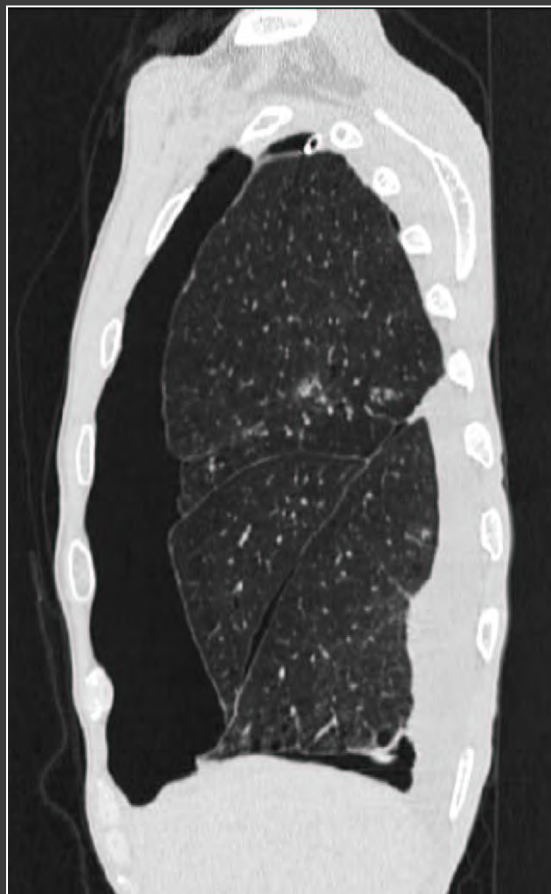
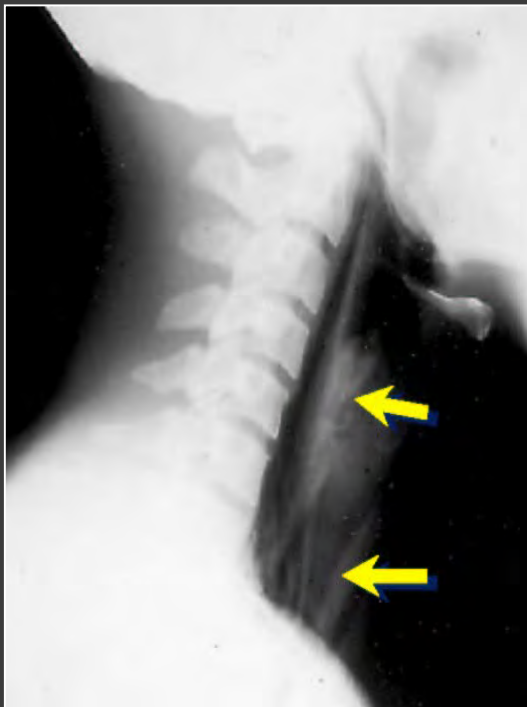


Pneumothorax



Pneumomediastin





Examens complémentaires

- ⊙ Dans les 24 heures : TDM
 - obligatoire
 - thoracique : montre l'effraction alvéolaire et permet de corriger les faux négatifs radiologiques
 - cérébrale : œdème cérébral éventuel
- ⊙ Dans les 8 jours : IRM cérébrale
 - lésions ischémiques

Traitement

⊙ Prise en charge initiale

- il n'y a plus de différence selon les accidents ; il s'agit d'un accident de plongée, un point c'est tout
- attention à la labilité des signes cliniques

⊙ Distension simple

- Pas de traitement spécifique
- Abstention de plongée pendant 1 mois

Traitement

- ⊙ Rupture alvéolaire
 - pneumothorax → drainage
 - pneumomédiastin et emphysème sous-cutané : évolution spontanée généralement favorable sans traitement particulier
 - ...

⊙ Rupture alvéolaire

- ...
- oxygène hyperbare :
 - se méfier des épanchements passés inaperçus (drainer les autres) et décompresser doucement car plongée successive
 - œdème cérébral : 1 h30 à 2 ATA
 - aéroembolisme cérébral : recompression rapide et profonde de type D50 (6 ATA + table O₂ à 2.8 ATA 135 minutes)
 - séquelles neurologiques : 2 heures à 2.5 ATA une à deux fois par jour

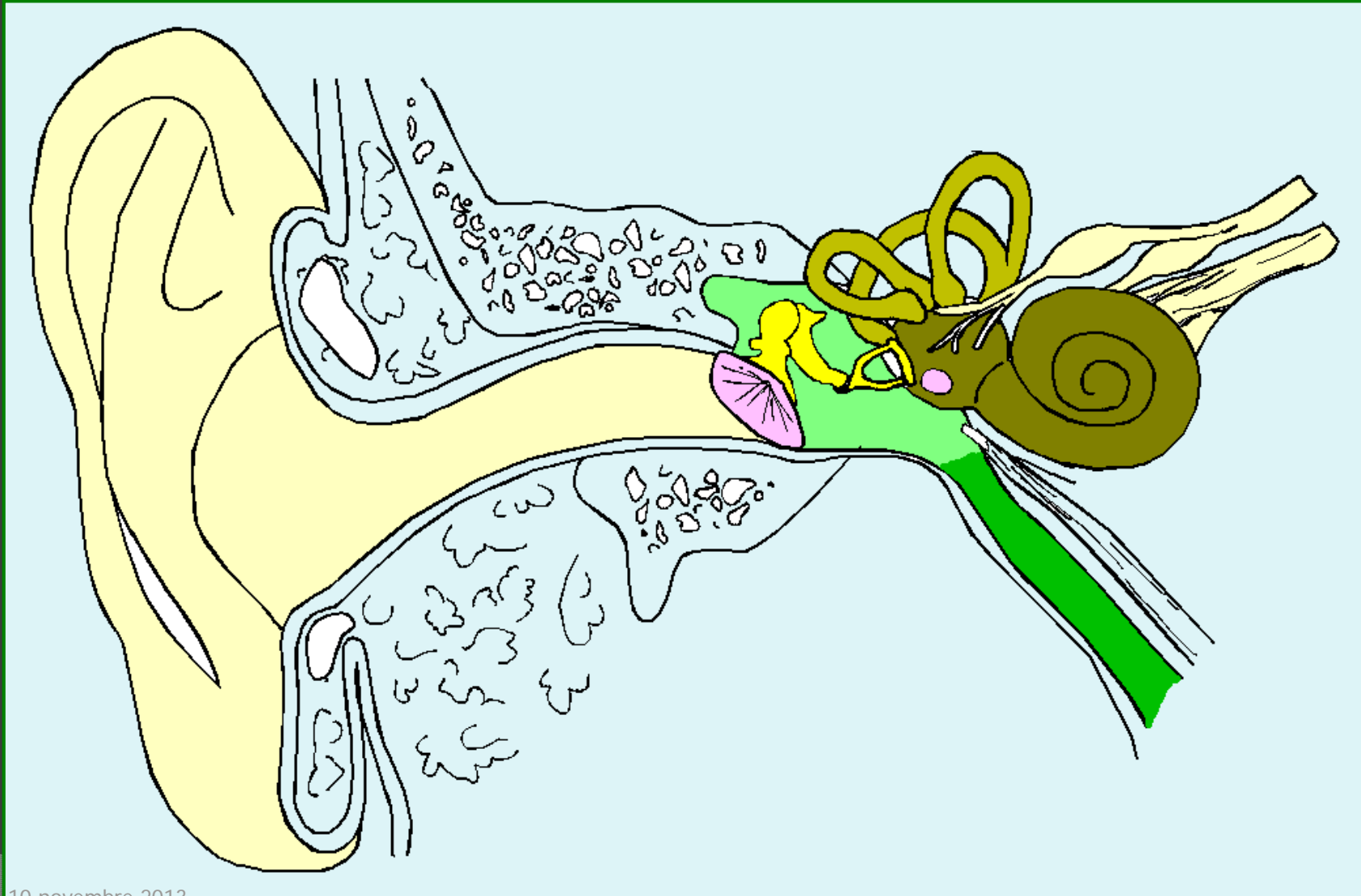
Otite moyenne barotraumatique

Otite interne barotraumatique

Maladie barotraumatique progressive de l'oreille interne

Barotraumatismes de l'oreille

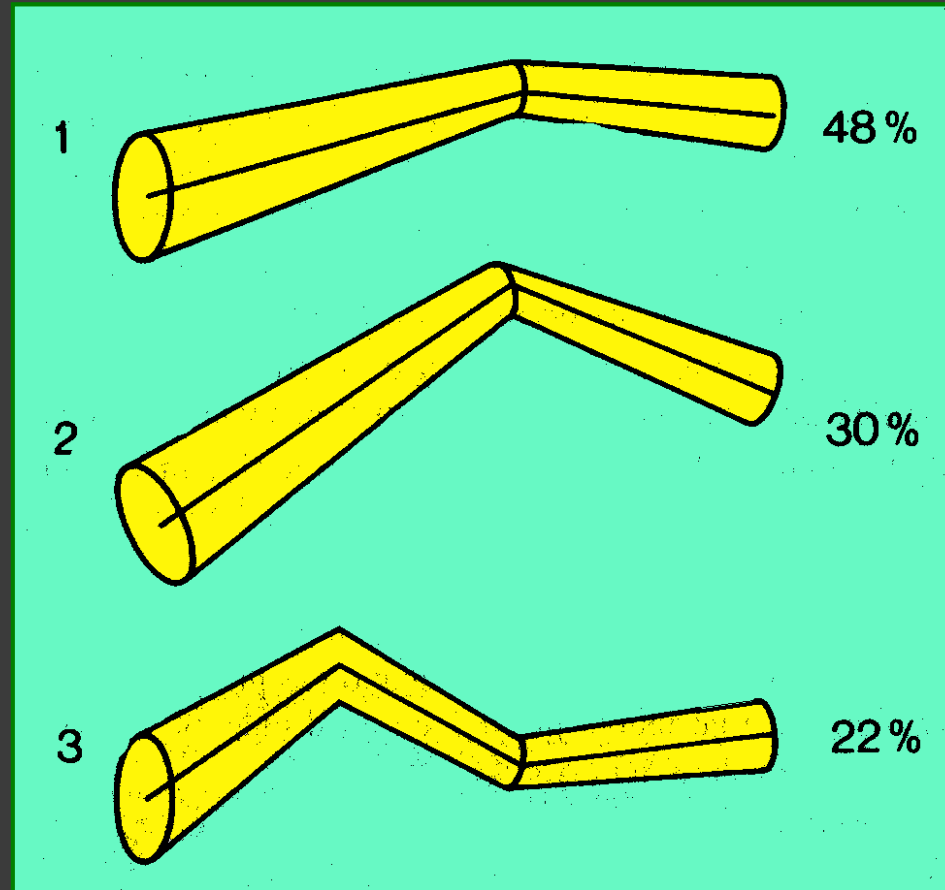
Physiologie



Physiologie : Trompe d'Eustache

- ⊙ Perméabilité de la trompe
 - Caisse → pharynx
 - ΔP 15-20 hPa
 - Pharynx → caisse
 - muscles péristaphylins
 - différentes manœuvres
 - Valsalva
 - Frenzel et Delonca
 - Toynbee
 - Ouverture volontaire
 - Blocage tubaire si $\Delta P > 100 - 150$ hPa
- ⊙ Sensibilité du tympan : $20 \mu\text{Pa}$ (2×10^{-10} bar)

Physiologie : Trompe d'Eustache



Anatomie de la trompe et la manœuvre de Delonca

Otite moyenne barotraumatique

1 à 2 % des plongées

Barotraumatismes de l'oreille moyenne

Physiopathologie

- ◎ Sens de la variation de pression
 - la compression
 - $\Delta P > 150 \text{ hPa} \rightarrow$ blocage \rightarrow coup de piston
 - la décompression
 - Valsalva intempestif
 - vertiges alternobariques
- ◎ Importance de la compression
- ◎ Répétition des phases de compression
 - risque professionnel

Etiopathogénie

- ⊙ Le barotraumatisme nécessite l'absence d'ouverture de la trompe qui peut se produire :
 - avec une perméabilité tubaire satisfaisante
 - l'ouverture n'intervient pas assez vite
 - descente rapide, débutants
 - au cours d'une dysperméabilité tubaire
 - passagère (inflammation ORL)
 - permanente (causes très nombreuses)

Anatomopathologie

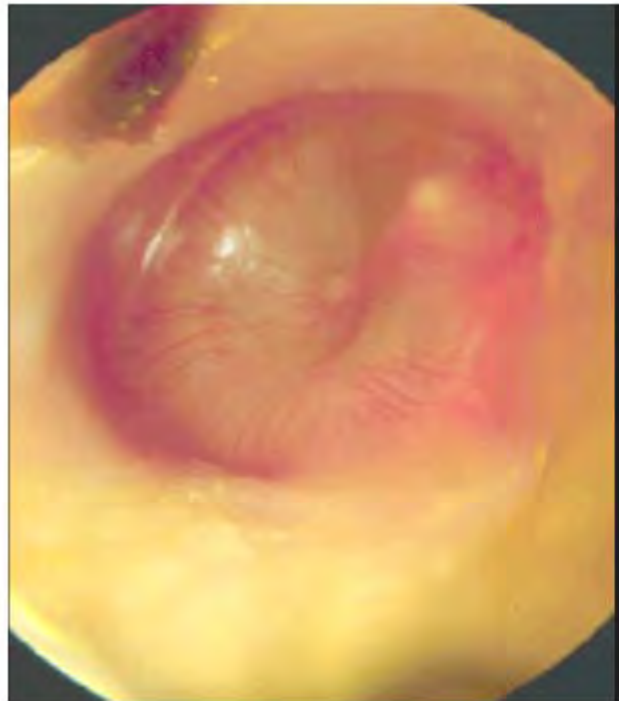
- ◎ Ce sont des lésions muqueuses *a vacuo* qui aggravent à leur tour l'obstruction tubaire. On constate successivement
 - congestion, hyperhémie et œdème
 - apparition d'un épanchement séreux par transsudat pouvant devenir hémorragique
 - rupture tympanique en cas de dépression supérieure à 800 hPa

Clinique

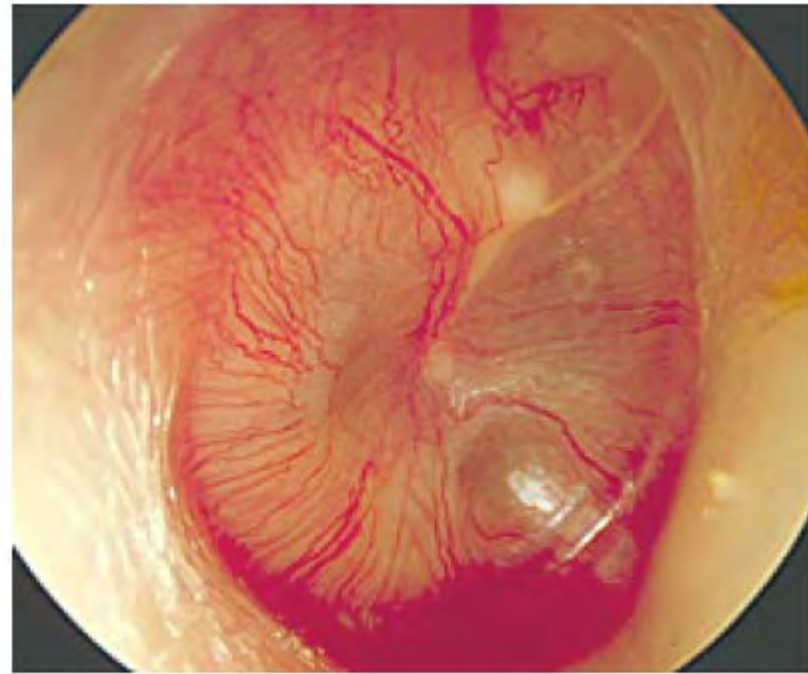
- ◎ Circonstances d'apparition
 - descente : mauvaise équilibration
 - remontée : Valsalva intempestif
- ◎ Signes d'appel
 - otalgie constante → douleur syncopale
 - sensation d'oreille bouchée ou pleine
 - hypoacousie et acouphènes (position de la tête)
 - otorragie (rupture du tympan)
 - vertiges (atteinte oreille interne associée)

● Otoscopie

- stade 1 hyperhémie simple du manche du marteau ou de la membrane de Schrapnel
- stade 2 tympan hyperhémié de façon diffuse et peu ou non mobile
- stade 3 myringite hémorragique ou épanchement séreux
- stade 4 idem + hémotympan
- stade 5 rupture tympanique avec hémorragie le plus souvent minime



Stade I

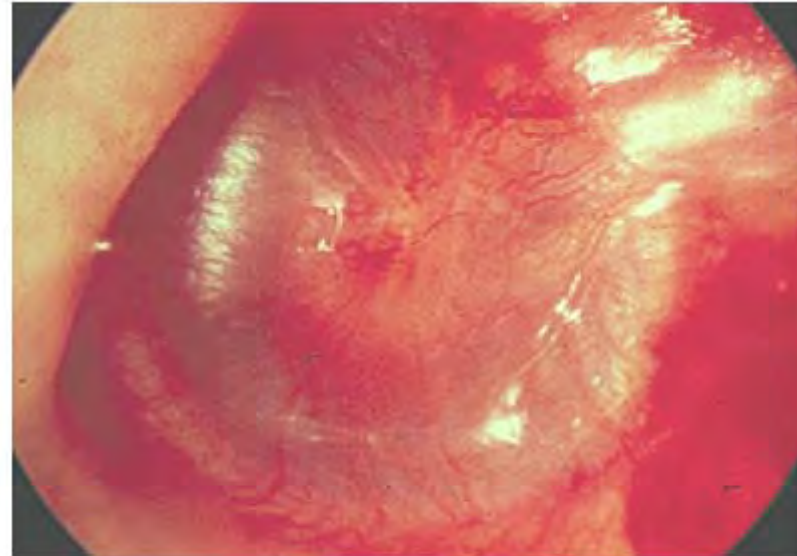


Stade II

Photos HIA Sainte Anne (In J-LMéliet 2002)



Stade III



Stade IV

Photos HIA Sainte Anne (In J-L Méliet 2002)



Stade V (évolué)

Photos HIA Sainte Anne (In J-L Méliet 2002)

Clinique

- ◎ Reste du bilan
 - Hypoacousie de transmission pure le plus souvent
 - La tympanométrie, très précieuse
 - décalée dans les premiers stades
 - impossible à obtenir au stade 5
 - Le bilan ORL régional s'avère négatif
 - hormis sinusite, angine... qui peuvent être la cause de la mauvaise perméabilité tubaire, et qu'il faut rechercher absolument pour traiter justement cette cause

Évolution

◎ Favorable

- le plus souvent
 - spontanément, et surtout sous traitement
- guérison
 - en quelques jours en cas d'OBT 1 ou 2
 - une quinzaine de jours en cas d'épanchement dans la caisse
 - la perforation peut se refermer spontanément ou nécessiter une myringoplastie

Traitement curatif

- ◎ Rétablir la perméabilité tubaire
 - rompre le cercle vicieux pathogénique
 - aérosols associant antibiotiques et vasoconstricteurs au stade d'OBT 1 ou 2
 - anti-inflammatoires aux stades 3 et 4
- ◎ Ponction transtympanique
 - aux stades 3 et 4
 - aider la résorption de l'épanchement si celui ci ne se résorbe pas spontanément

⦿ au stade 5

- on s'abstient de toute instillation auriculaire
- les bains sont formellement interdits
- la plupart du temps, la cicatrisation est spontanée, mais il faut parfois fermer une perforation résiduelle

10 à 20 fois moins fréquents que les barotraumatismes de l'oreille moyenne, mais beaucoup plus graves !

Barotraumatismes de l'oreille interne

Physiopathologie

⊙ Facteur mécanique

- à différencier des lésions d'aéroembolisme
- la transmission des variations de pression peut se faire :
 - par l'intermédiaire du système tympano-ossiculaire (coup de piston de l'étrier dans la fenêtre ovale), à la suite soit d'une mise en pression rapide soit d'une manœuvre de Valsalva très violente
 - par rupture labyrinthique au niveau des fenêtres
 - par une hyperpression endotympanique comme évoqué au dessus
 - par hyperpression du LCR transmis à l'oreille interne par le canal cochléaire (là encore par un Valsalva énergique)

- ⦿ Souffrance de l'organe de Corti
- ⦿ Parfois associée à OBT de l'oreille moyenne

Clinique

- ◎ Douleur
 - Si traumatisme de l'oreille moyenne associé
- ◎ Syndrome cochléaire : au 1^{er} plan
 - hypoacousie, acouphènes +++
 - sensation de plénitude
 - surdité de perception
 - ⇒ urgence de l'audiogramme

- ◎ Syndrome vestibulaire
 - souvent moins important (dissocié)
 - vertiges d'intensité variable
 - nystagmus battant vers l'oreille saine
 - aggravation par la manœuvre de Valsalva

Traitement curatif

- ⊙ Urgent : pronostic
- ⊙ Assez codifié
 - O.H.B.
 - vasodilatateurs et corticoïdes
 - antiagrégants plaquettaires ou anticoagulants
 - antivertigineux
 - carbogène ($FiCO_2 = 7\%$)

Vertige alternobarique

- ⊙ Diagnostic différentiel
- ⊙ Perméabilité non synchronisée des trompes d'Eustache
- ⊙ Syndrome vestibulaire périphérique irritatif
 - au cours de la remontée ou en surface, parfois cependant lors de la descente
 - dure de quelques minutes à plusieurs heures
 - spontanément régressif

Prévention

- ◎ Réel enseignement sur les manœuvres d'équilibration de l'oreille moyenne
 - Méthodes passives
 - 1/3 seulement de la population présente une béance constante
 - Béance tubaire volontaire
 - Gymnastique tubaire
 - Valsalva avec nez non pincé
 - Dans le masque...

Reprise de la plongée

- ⦿ Au moins deux à trois mois (4-6 mois)
- ⦿ Récupération auditive quasi complète
- ⦿ En cas de séquelles
 - Perméabilité de la trompe d'Eustache
 - Plus restrictif en plongée libre qu'avec scaphandre (aller-retours)
 - Ancienneté de la pratique
 - Plus restrictif chez le débutant

Maladie barotraumatique progressive de l'oreille interne

Barotraumatismes de l'oreille interne (suite)

Etiopathogénie

- Équivalent de la surdité professionnelle
- Retentissement au long cours des variations de pression itératives et quotidiennes
- Répétition des forçages quotidiens

Clinique

- ⊙ Pas de douleurs
 - *jamais eu mal aux oreilles*
 - otalgies minimales répétées cédant spontanément
- ⊙ Otoscopie
 - normale parfois
 - tympan épaissi, hétérogène, rétracté
- ⊙ Hypoacousie de transmission

Traitement

- Uniquement préventif
- Apprentissage de l'équilibration précoce et douce
- « *La plongée ne doit pas faire mal aux oreilles et ne doit pas rendre sourd* » (Delonca)

Barotraumatismes digestifs
Barotraumatismes dentaires
Barotraumatismes sinusiens
Barotraumatismes faciaux

Autres barotraumatismes

Barotraumatismes digestifs

⊙ Colique des scaphandriers

- autrefois...
 - plongées très longues
 - interphone
- flatulences
 - à la remontée
 - pas graves

◎ Barotraumatisme gastrique

- inhalation d'air
 - rôle des détendeurs
- suffusion-dilacération, rarement rupture
- parfois aéroembolisme
- distension gastrique
 - douleurs +++
 - syncope vagale
- pathologies
 - anneaux gastriques
 - hernie hiatale → roulement, chirurgie (Nissen)...

Barotraumatismes dentaires

◎ Sur une dent vivante

- la pression

- réveil douloureux d'une carie

- compression des prolongements odontoblastiques dans l'amalgame ou des fissures

- douleur pulpaire

- apex juxta-sinusien ou intra-sinusien
- modification du débit sanguin pulpaire par la pression
- canines et prémolaires

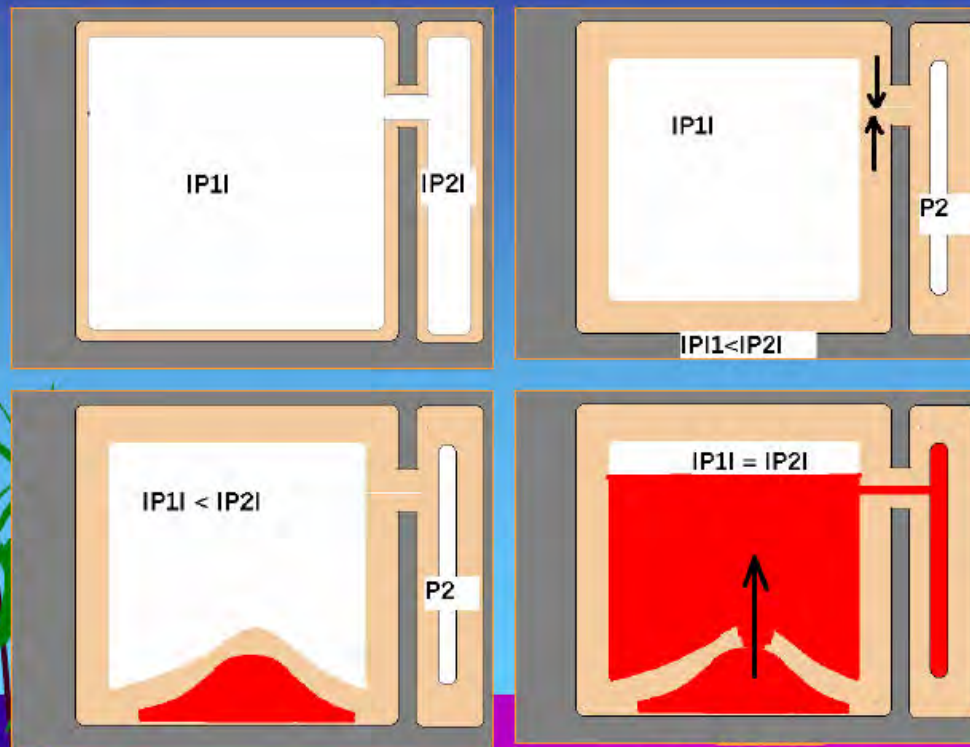
- le froid

◎ Sur une dent mortifiée

- non traitée
 - répercussion des variations de pression sur l'apex
- traitée (mal ou de longue date)
 - cavité pathologique sous pression
 - douleurs apicales
 - rejet septique au péri-apex
 - explosion de la partie coronaire de la dent
 - expulsion du composite
 - Éjection de couronne

Barotraumatismes sinusiens

B.T. sinusiens : 3 stades



♦ Stade I

$\Delta P = 100-150$ mm Hg

Œdème et hyperhémie de la muqueuse

♦ Stade II

$\Delta P = 150-300$ mm Hg

Œdème généralisé, décollement intramuqueux, rupture capillaire et sécrétion sérohématique

♦ Stade III

$\Delta P > 300$ mm Hg

Hématome sous muqueux
Déchirure muqueuse,
hémosinus

Barotraumatismes sinusiens

- ⊙ Douleurs ± épistaxis
- ⊙ La plongée est autorisée après :
 - cure de la cause éventuelle
 - radiographie de contrôle
 - plongée test à 10 mètres.

Barotraumatismes faciaux

- Placage de masque avec effet ventouse
- Survient surtout aux débutants
- Hémorragie sous-conjonctivale, hématomes palpébraux sans conséquence, épistaxis.
- Par contre gros risques en cas de fragilité oculaire (chirurgie, laser, kératocônes...)



Bibliographie

- ◎ Barotraumatismes de l'oreille interne
 - F. Di Méglio
 - Subaqua 2003,190:38-40
- ◎ Physiologie & Médecine de la Plongée
 - Éditions Ellipses, Paris 2006 (2^{ème} édition)
- ◎ Cours de Physiologie et Médecine de la Plongée
 - IMNSSA (Toulon), 2002