Aptitude Cardio-Vasculaire à la plongée

Vincent LAFAY

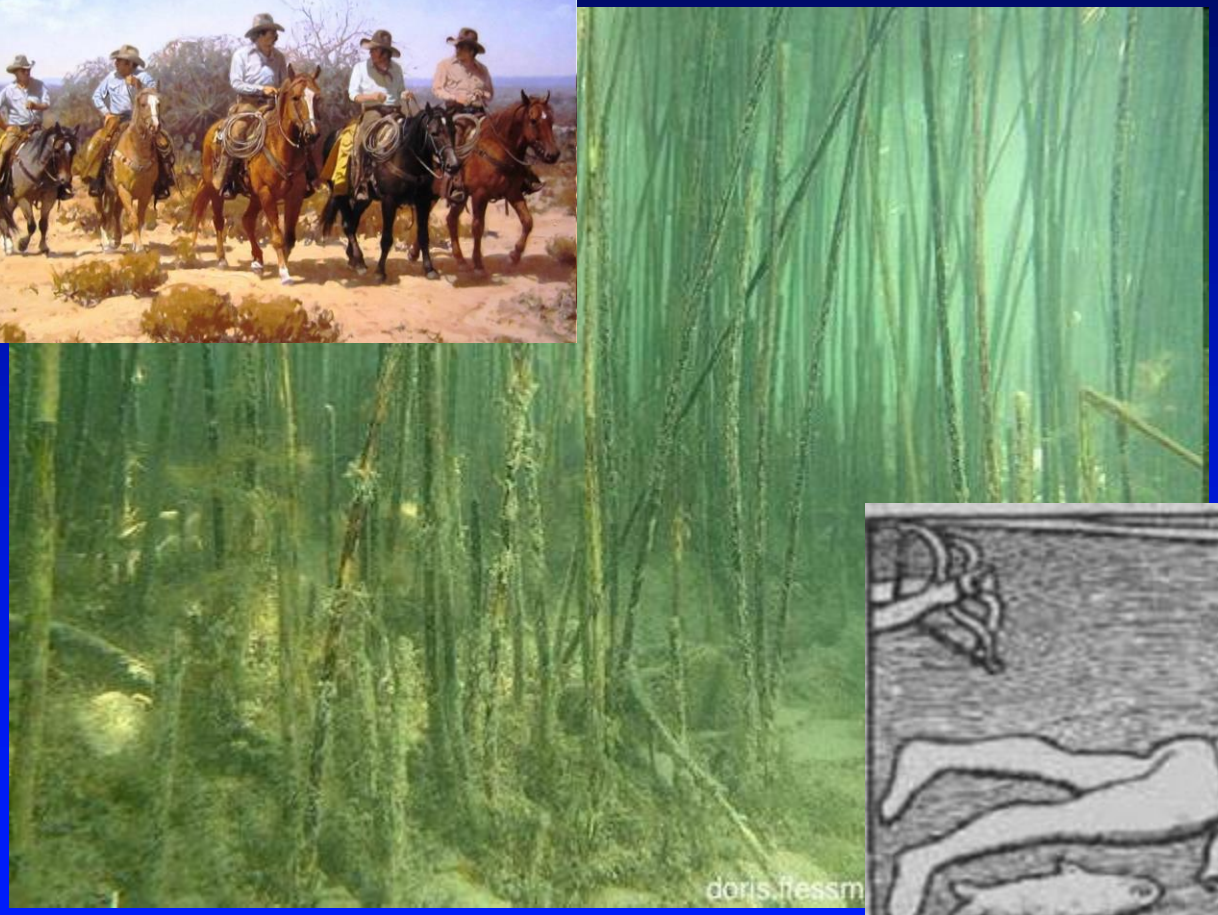
Club des Cardiologues du Sport

CHP Beauregard, MARSEILLE

vincent.lafay@medecins-saint-antoine.fr

Réanimation sub-aquatique….

Respirer sous l'eau
Le principe d'équipression



Bajorrelieve de Assurbunipal II (880 a.d.C)

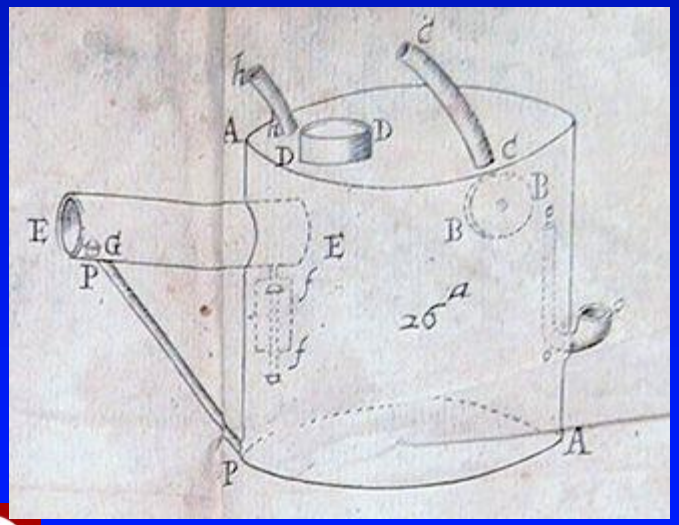
Respirer sous l'eau
Le principe d'équipression

Giovanni BORELLI, 1680

La cloche à plongeurs

Alexandre le Grand 322 av JC: Colympha

Edmond HALLEY 1690, Denis PAPIN 1690



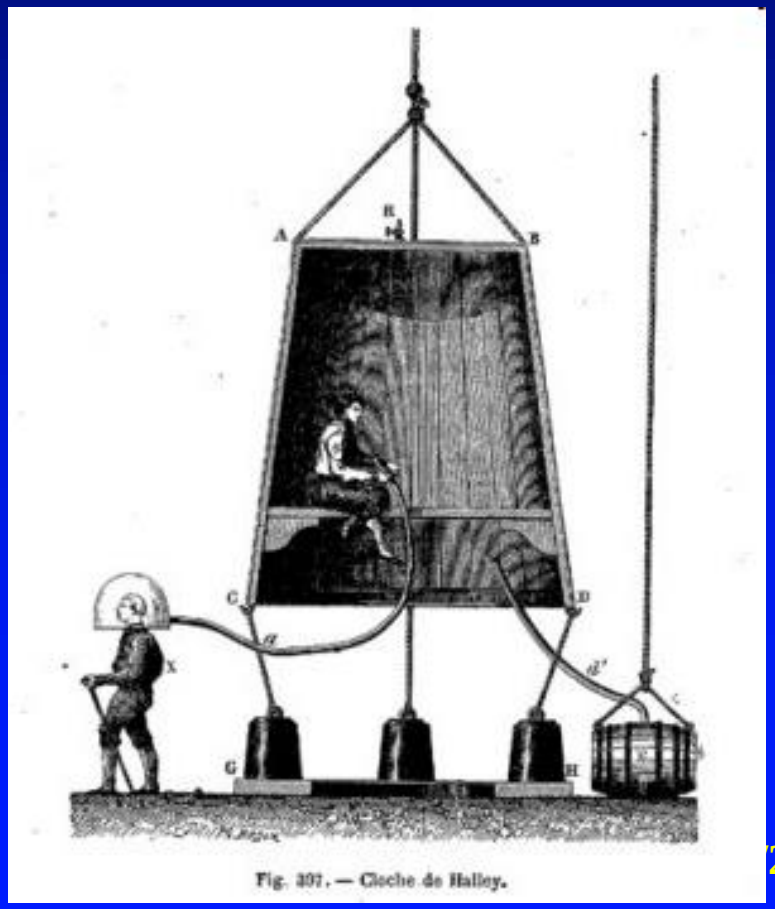


Fig. 307. — Cloche de Halley.

2020

Le scaphandre pieds lourds

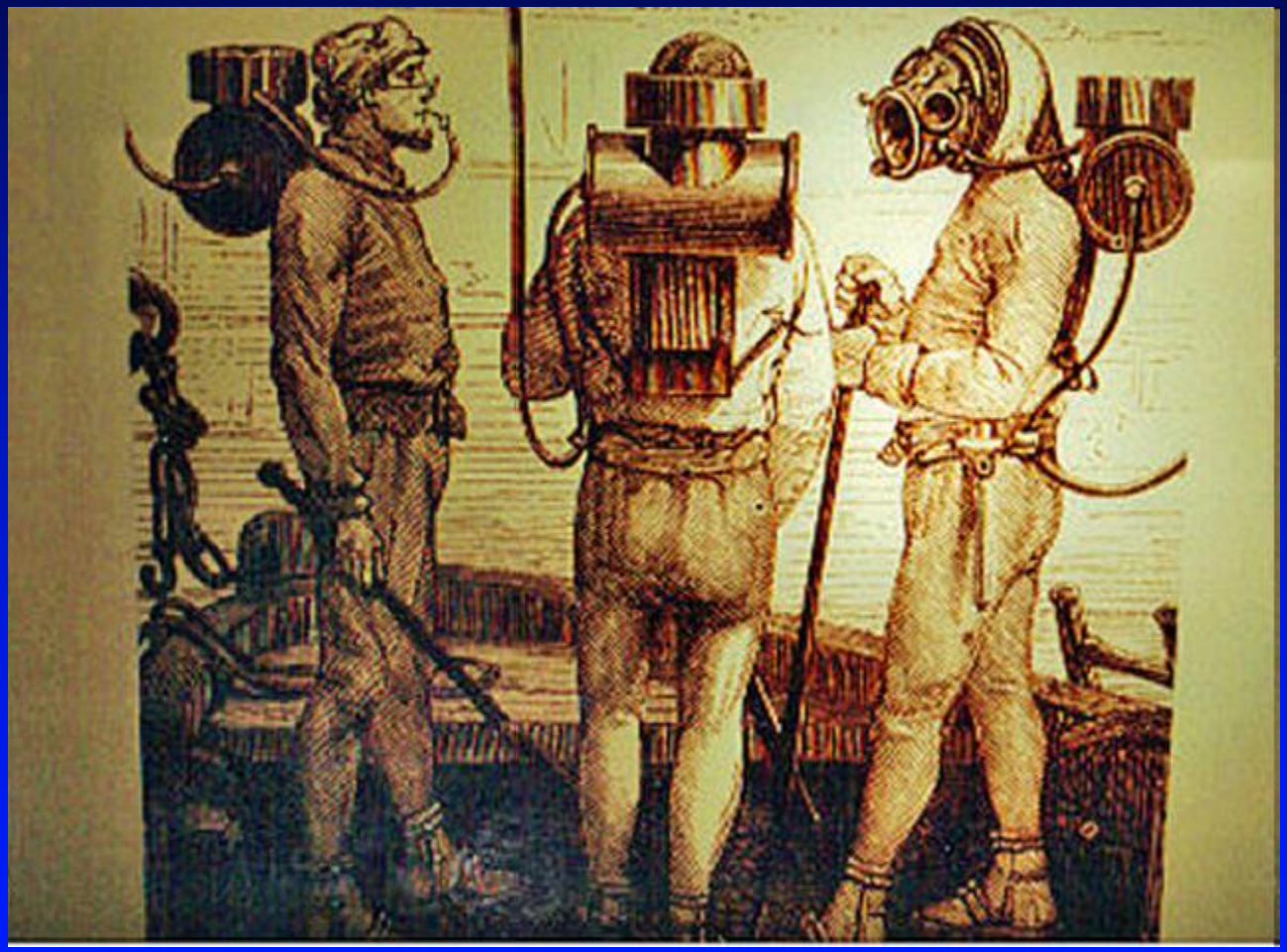
1823: John & Charles DEANE

1819-37: Augustus SIEBE

1855: Joseph CABIROL

Le scaphandre "autonome"

1860: Benoît ROUQUAYROL



1864-1873: Auguste (Louis) DENAYROUZE

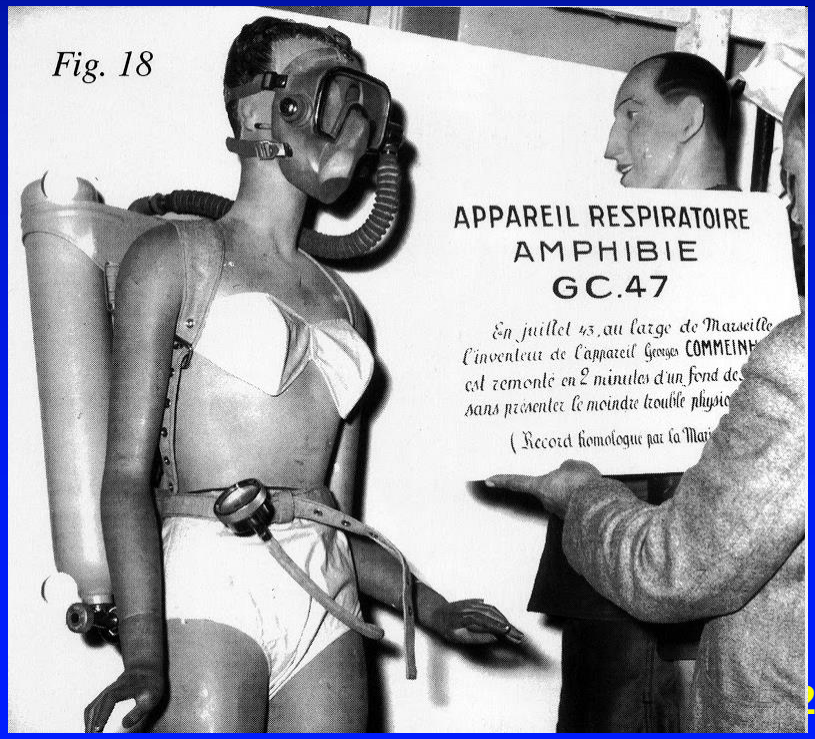
Le scaphandre autonome

Louis de CORLIEU, 1914

Maurice FERNEZ 1920

Yves LE PRIEUR, 1926

René puis Georges COMMEINHES, 1939-42



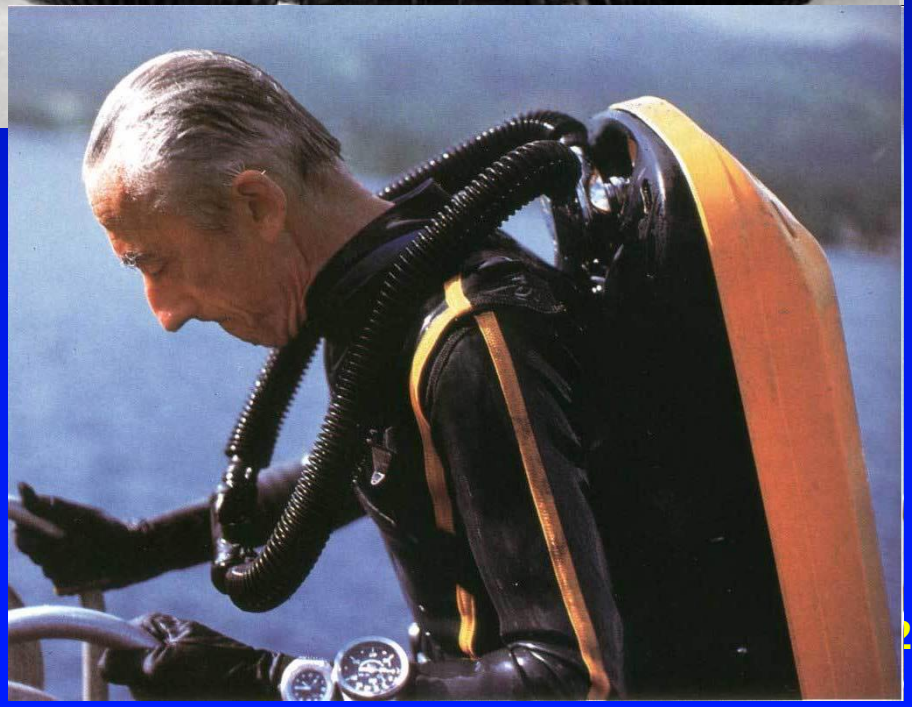
Le scaphandre autonome

1942 - 1943

Jacques Yves COUSTEAU

Emile GAGNAN

Le scaphandre autonome



Le CG 45, "Aqua lung"

Le Mistral, 1955

Les sports à contraintes particulières

(arrêté du 24 juillet 2017)

- **Par tout médecin ayant, le cas échéant, des compétences spécifiques …..**
  - **Sports de combat (possibilité de « mise hors combat »)**
  - **Alpinisme de pointe (> 2500m d'altitude)**
  - **Spéléologie**
  - **Rugby**
  - **Sports utilisant les armes à feux**
  - **Sports mécaniques (auto, moto…)**
  - **Sports aériens (sauf aéro-modélisme)**
  - **Plongée sub-aquatique**

La plongée sub-aquatique

(arrêté du 24 juillet 2017)

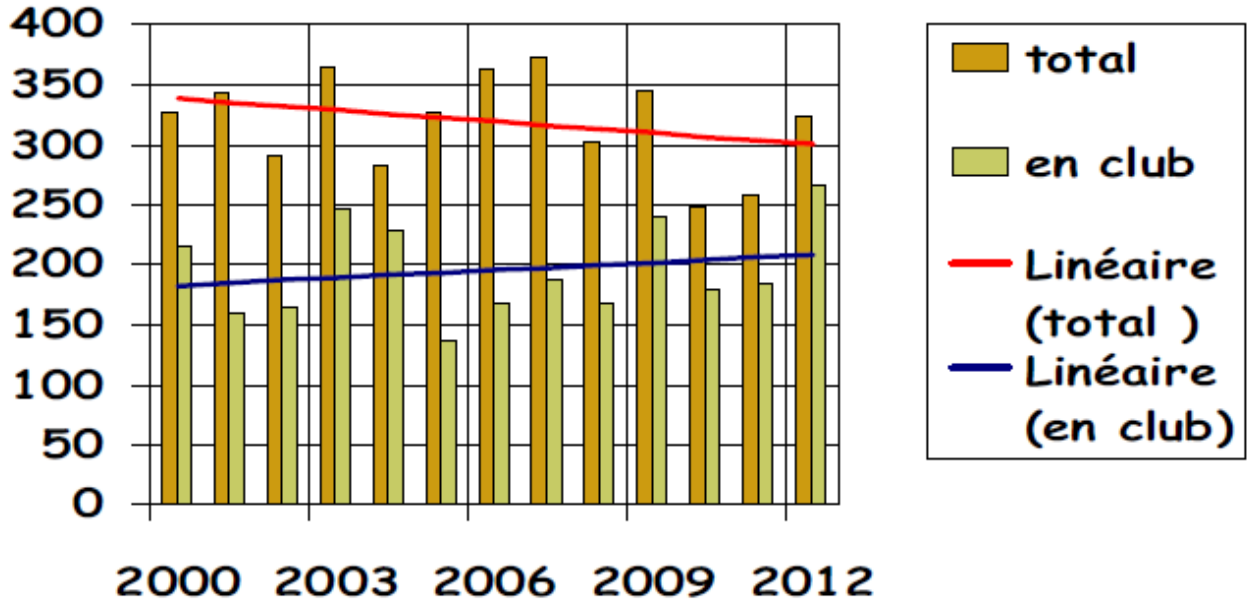
« Pour la pratique de la plongée subaquatique, une attention particulière est portée sur

l'examen ORL (tympans, équilibration/ perméabilité tubaire, évaluation vestibulaire, acuité auditive)

et l'examen dentaire »

Statistiques accidents

Accidents recensés: tendance de 2000 à 2012



Maxi en 2007: 373 Mini en 2010 : 249

Divers Alert Network Report 2015

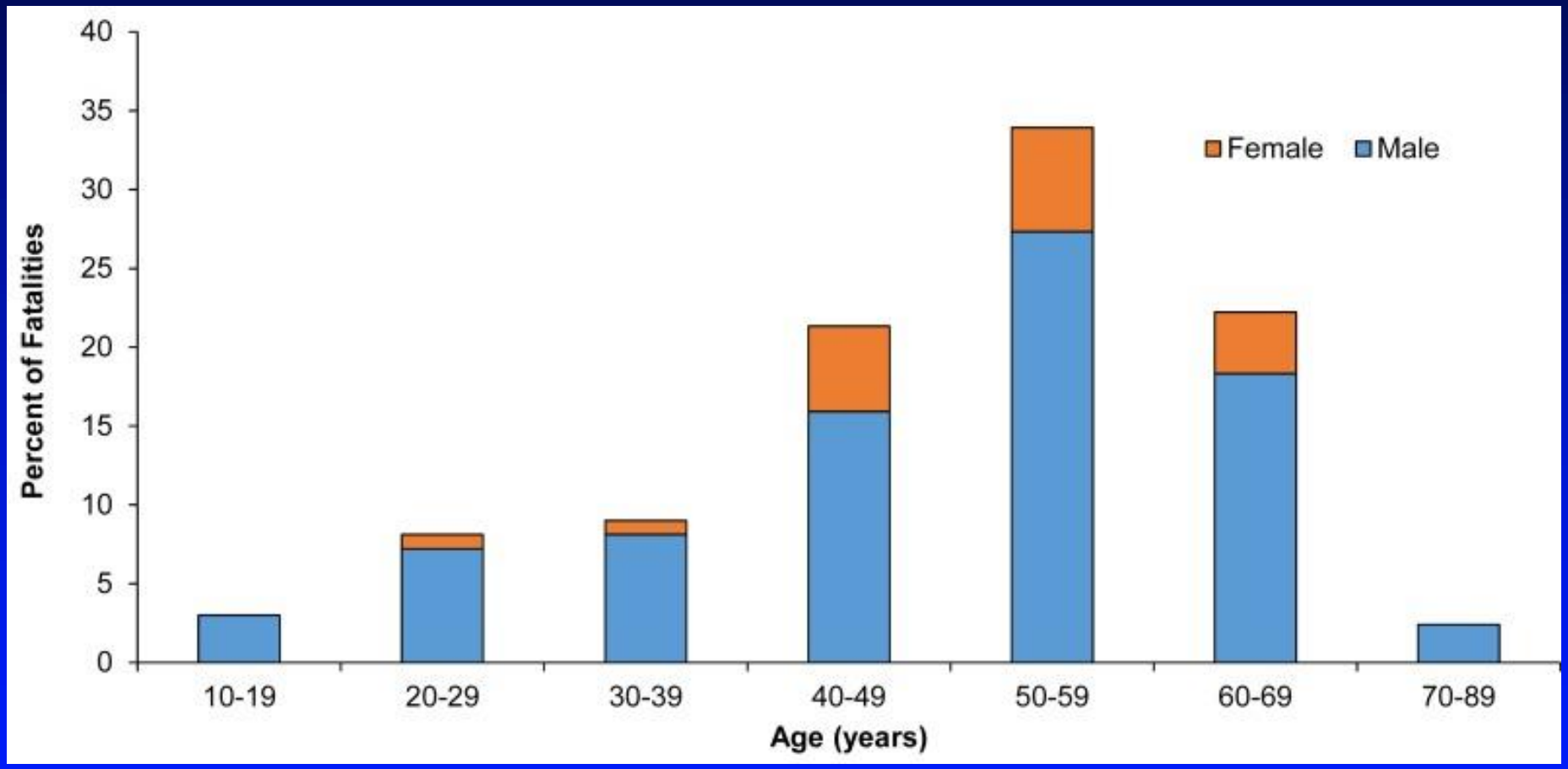


Figure 1.4-1Overall distribution of fatalities by age and sex 2010-2013 (n=333)

INPP, 09/2020

Divers Alert Network Report 2015

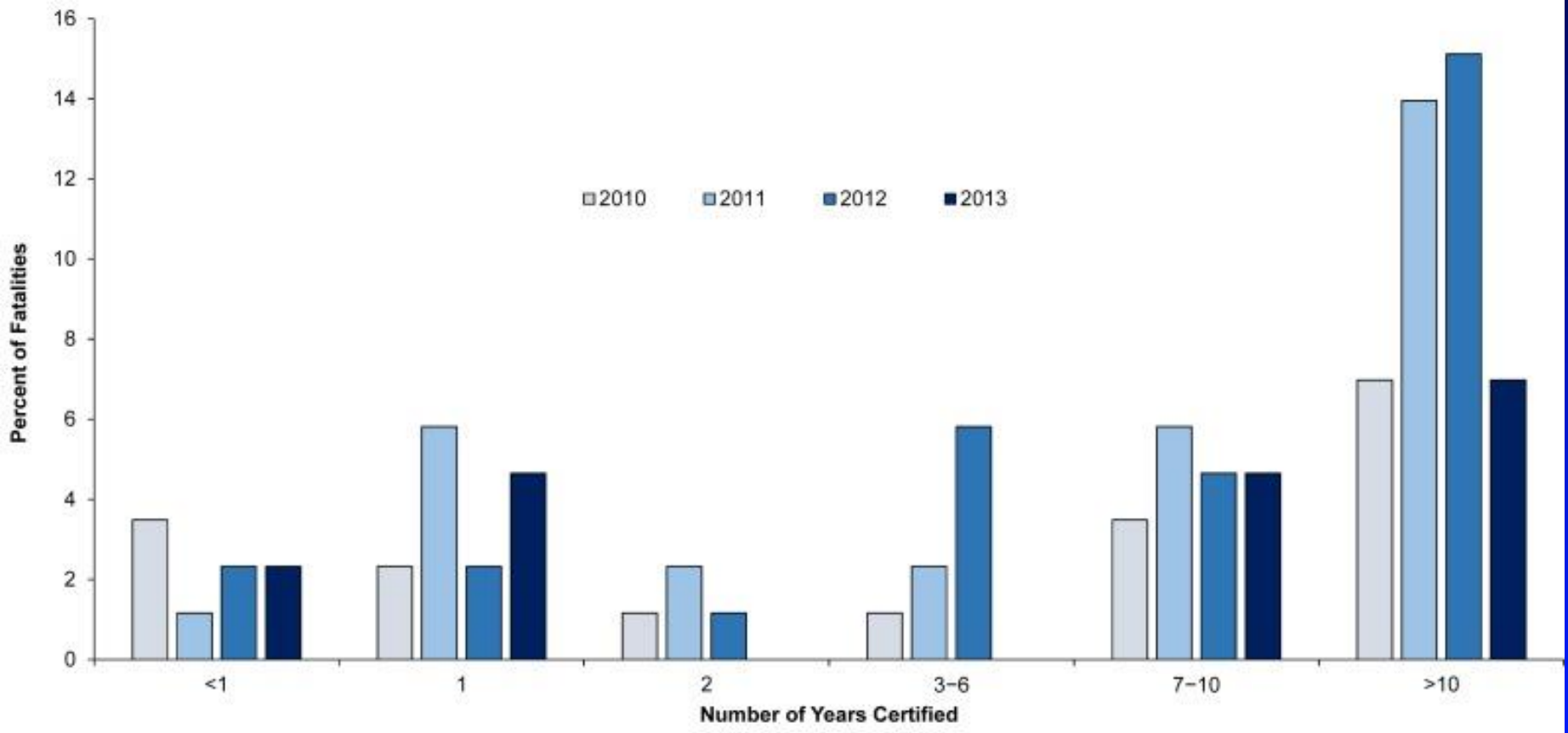


Figure 1.5-1Number of years since initial certification for divers who died, by year 2010-13 (n=147)

INPP, 09/2020

Divers Alert Network Report 2015

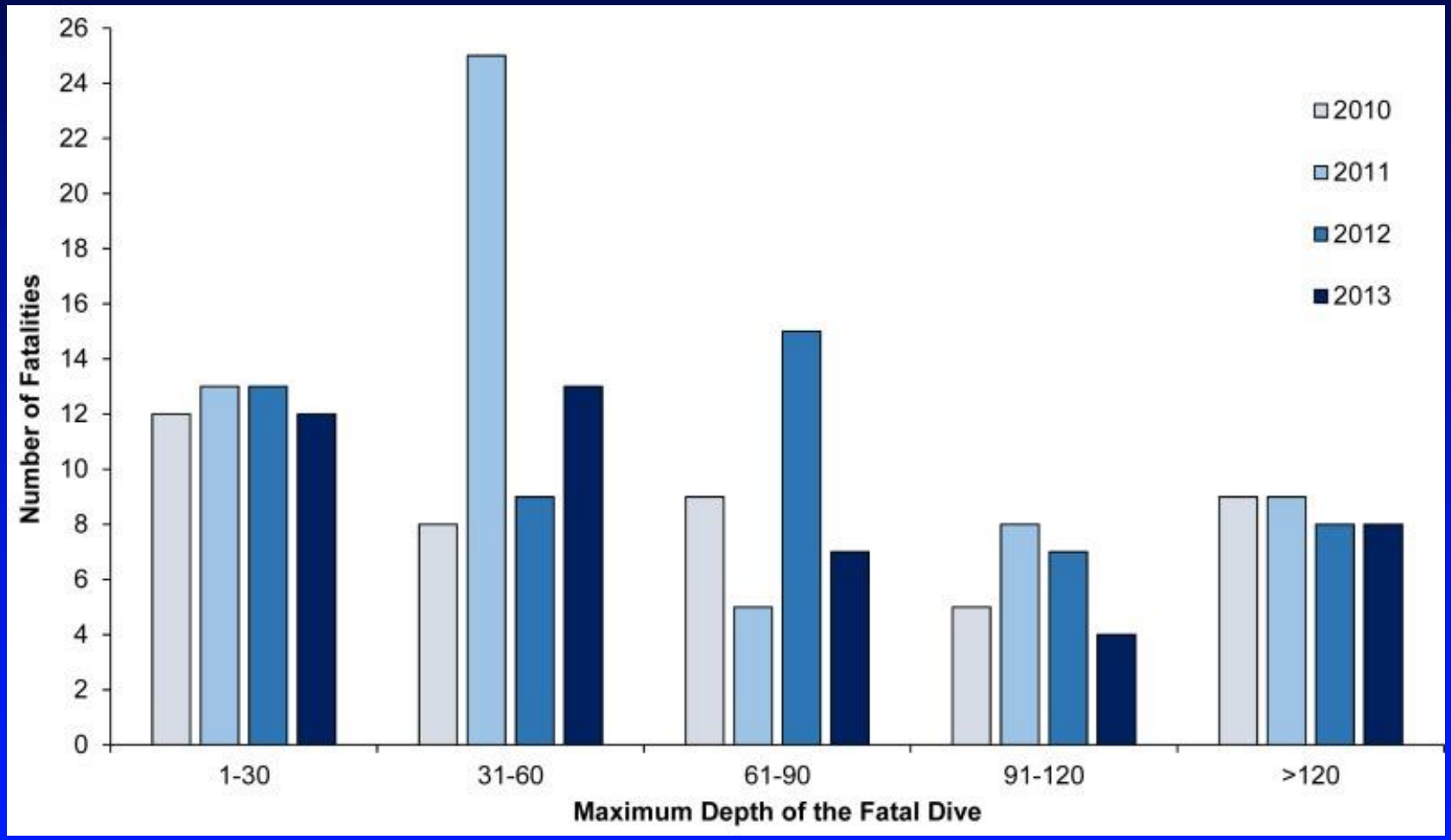


Figure 1.6-3Maximum depth of the fatal dive, 2010-2013 (n=199)

INPP, 09/2020

Divers Alert Network Report 2015

Cause of death	2010	2011	2012	2013	Total
Drowning	36	26	28	21	111
Unknown	9	28	31	42	110
Cardiovascular disease	5	23	13	8	49
Arterial gas embolism	14	4	2	2	22
Immersion pulmonary edema	1	7	2	2	12
Decompression sickness	1	4	1	0	6
Unspecified, body not recovered	0	4	1	0	5
Myocaridal infarction	1	0	1	0	2
Carbon monoxide poisoning	0	1	1	0	2
Anoxic brain injury	1	0	0	0	1
Gunshot wound to the head	0	0	0	1	1
Pulmonary barotrauma	0	0	1	0	1
Shark bite	0	1	0	0	1
Total	**68**	**98**	**81**	**76**	**323**

Table 1.7.2-4Causes of death by year and overall, 2010-2013 (n=323)

INPP, 09/2020

Divers Alert Network Report 2015

	2010	2011	2012	2013	Total (%)
Hypertension	12	12	11	5	40 (12)
None	10	4	2	2	18 (5)
Cardiovascular disease	2	7	7	2	18 (5)
Diabetes	3	6	5	1	15 (4)
Asthma	3	0	4	1	8 (2)
Back Pain	0	3	1	1	5 (1)
Allergies	1	0	1	1	3 (1)
Pulmonary	0	2	1	0	3 (1)
Flu/Cold	2	0	0	0	2 (1)
Nervous	0	1	1	0	2 (1)
Depression	1	1	0	0	2 (1)
Ear/Sinus	1	0	0	0	1 (0)

Table 1.4-1Known medical history on decedents by year, 2010-2013 (n=334)

Etude autopsique

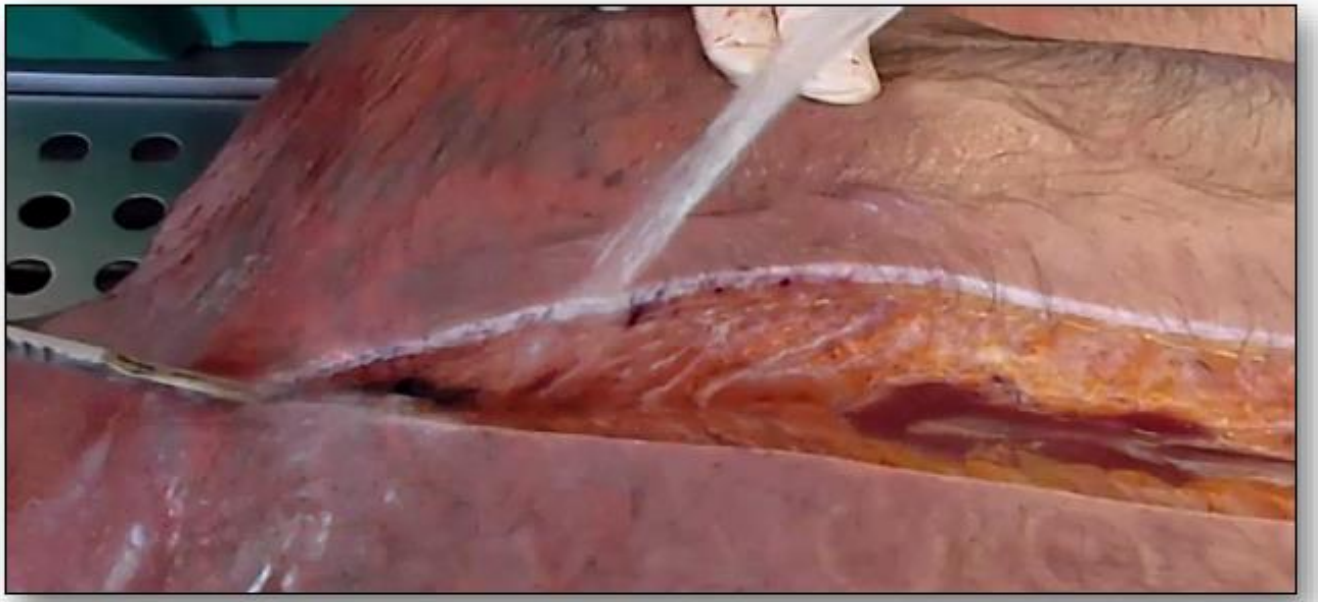
86 décès sur 8 ans: 2008 – 2016

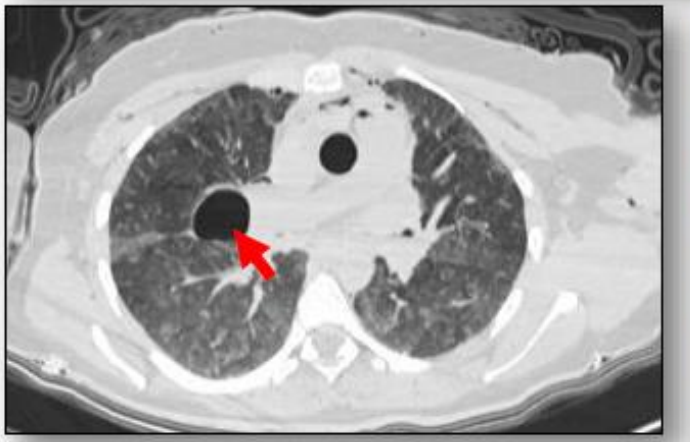
Mathieu Coulange: Analyse de plus de 80 décès en plongée.

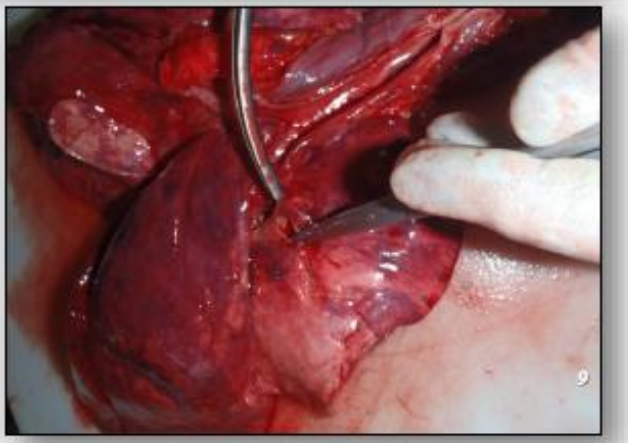
Congrès ARESUB 1er juin 2017, La Réunion

VIRTOPSIE

Mathieu Coulange: Analyse de plus de 80 décès en plongée.
Congrès ARESUB 1er juin 2017, La Réunion







Mathieu Coulange: Analyse de plus de 80 décès en plongée.
Congrès ARESUB 1er juin 2017, La Réunion

INPP, 09/2020

ANALYSE PLURIDISCIPLINAIRE

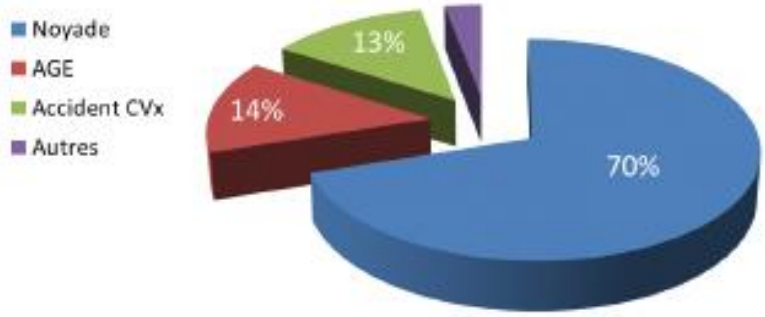
MEDECIN LEGISTE

EXPERT HYPERBARE

EXPERT TECHNIQUE

10

Mathieu Coulange: Analyse de plus de 80 décès en plongée.
Congrès ARESUB 1er juin 2017, La Réunion

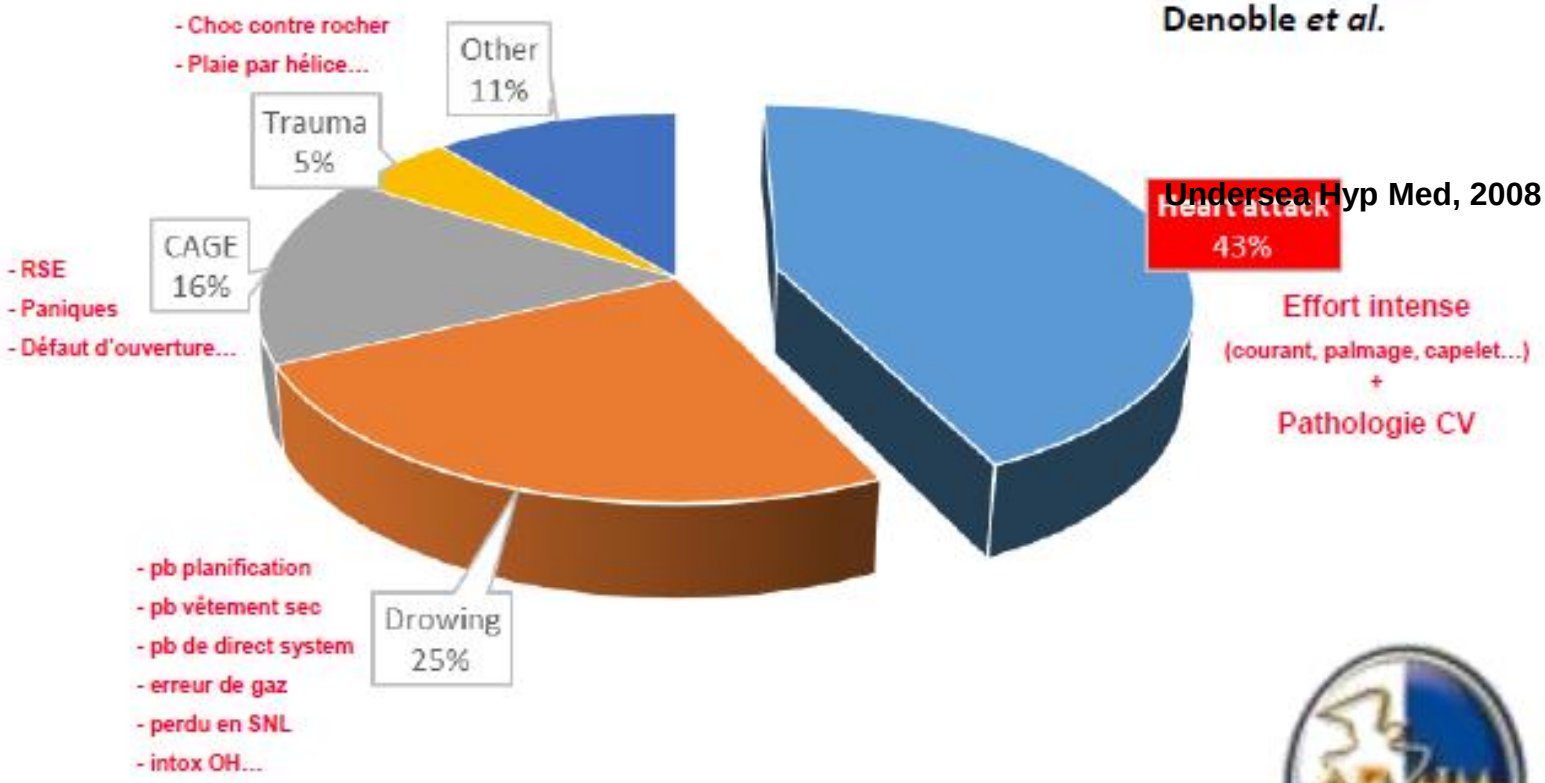


Denoble *et al.*
Undersea Hyp Med, 2008

Mathieu Coulange: Analyse de plus de 80 décès en plongée.
Congrès ARESUB 1er juin 2017, La Réunion

N = 86 / 8 ans

Denoble *et al.*



Undersea Hyp Med, 2008

N = 86 / 8 ans

11

Mathieu Coulange: Analyse de plus de 80 décès en plongée.
Congrès ARESUB 1er juin 2017, La Réunion

La plongée sub-aquatique

(arrêté du 24 juillet 2017)

« Pour la pratique de la plongée subaquatique, une attention particulière est portée sur

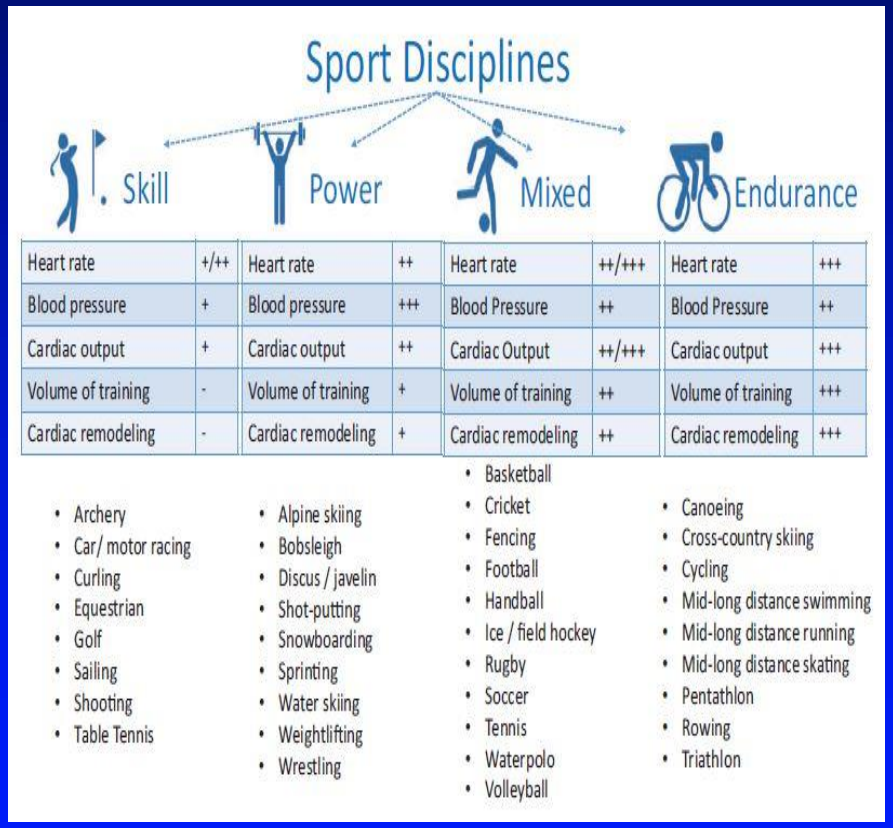
l'examen ORL (tympans, équilibration/ perméabilité tubaire, évaluation vestibulaire, acuité auditive)

et l'examen dentaire »

…il y a des contraintes et des risques

- **Liés à l'environnement**
  - Immersion
  - Froid
  - Toxicité des gaz
  - La pression
  - La décompression
- **Liés au traitement**
- **Les autres contraintes du sport…**

Classification des sports



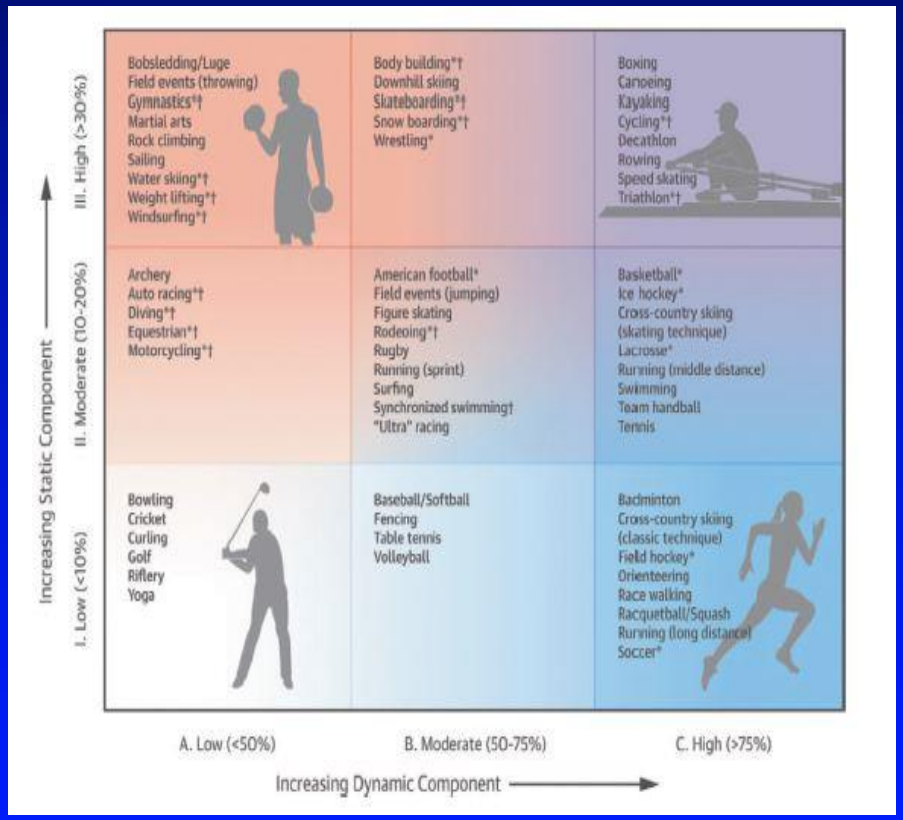
Skill		Power		Mixed		Endurance	
Heart rate	+/++	Heart rate	++	Heart rate	++/+++	Heart rate	+++
Blood pressure	+	Blood pressure	+++	Blood Pressure	++	Blood Pressure	++
Cardiac output	+	Cardiac output	++	Cardiac Output	++/+++	Cardiac output	+++
Volume of training	-	Volume of training	+	Volume of training	++	Volume of training	+++
Cardiac remodeling	-	Cardiac remodeling	+	Cardiac remodeling	++	Cardiac remodeling	+++

- Archery
- Car/ motor racing
- Curling
- Equestrian
- Golf
- Sailing
- Shooting
- Table Tennis

- Alpine skiing
- Bobsleigh
- Discus / javelin
- Shot-putting
- Snowboarding
- Sprinting
- Water skiing
- Weightlifting
- Wrestling

- Basketball
- Cricket
- Fencing
- Football
- Handball
- Ice / field hockey
- Rugby
- Soccer
- Tennis
- Waterpolo
- Volleyball

- Canoeing
- Cross-country skiing
- Cycling
- Mid-long distance swimming
- Mid-long distance running
- Mid-long distance skating
- Pentathlon
- Rowing
- Triathlon



L'immersion

- **Conséquences Hémodynamiques**
  - **Redistribution de la masse sanguine**
  - **Augmentation de la pré-charge**
  - **Augmentation de 10 à 25% du débit cardiaque**
  - **Vaso-constriction périphérique**
  - **Diurèse d 'immersion (x 4 par ADH et FAN)**

- **Conséquences ventilatoires**
  - **Pression intra-thoracique négative / ascension diaphragme**
  - **perte de 30% du VRE, CV (-300ml), VR identique**
  - **Travail ventilatoire augmenté de 60%**

L’immersion

- Augmentation de la précharge => W cardiaque
  * redistribution de la masse sanguine

- Contact eau / face
  * bradycardie

===> stimulation neuro-végétative paradoxale

Le froid

- Température de neutralité thermique:
  air: 27° eau: 33°
- Exposition de la face: bradycardie

A méditer…

FACIAL IMMERSION BRADYCARDIA 187

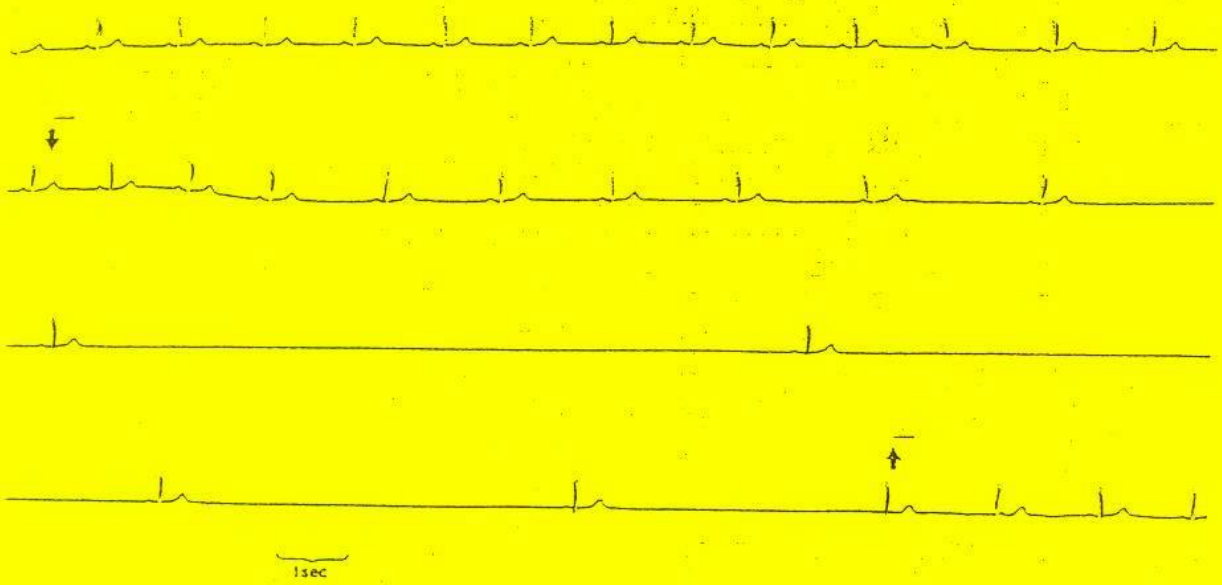


Fig. 2. Continuous electrocardiograph of a 45-s, breath hold, facial immersion in ice water (*bounded by arrows*). Subject (BH) demonstrated the longest R-R intervals of 10.8 s. Lead II, chart speed 25 mm/s.

ARNOLD RW, Undersea Biomed Res, 1985

Le froid

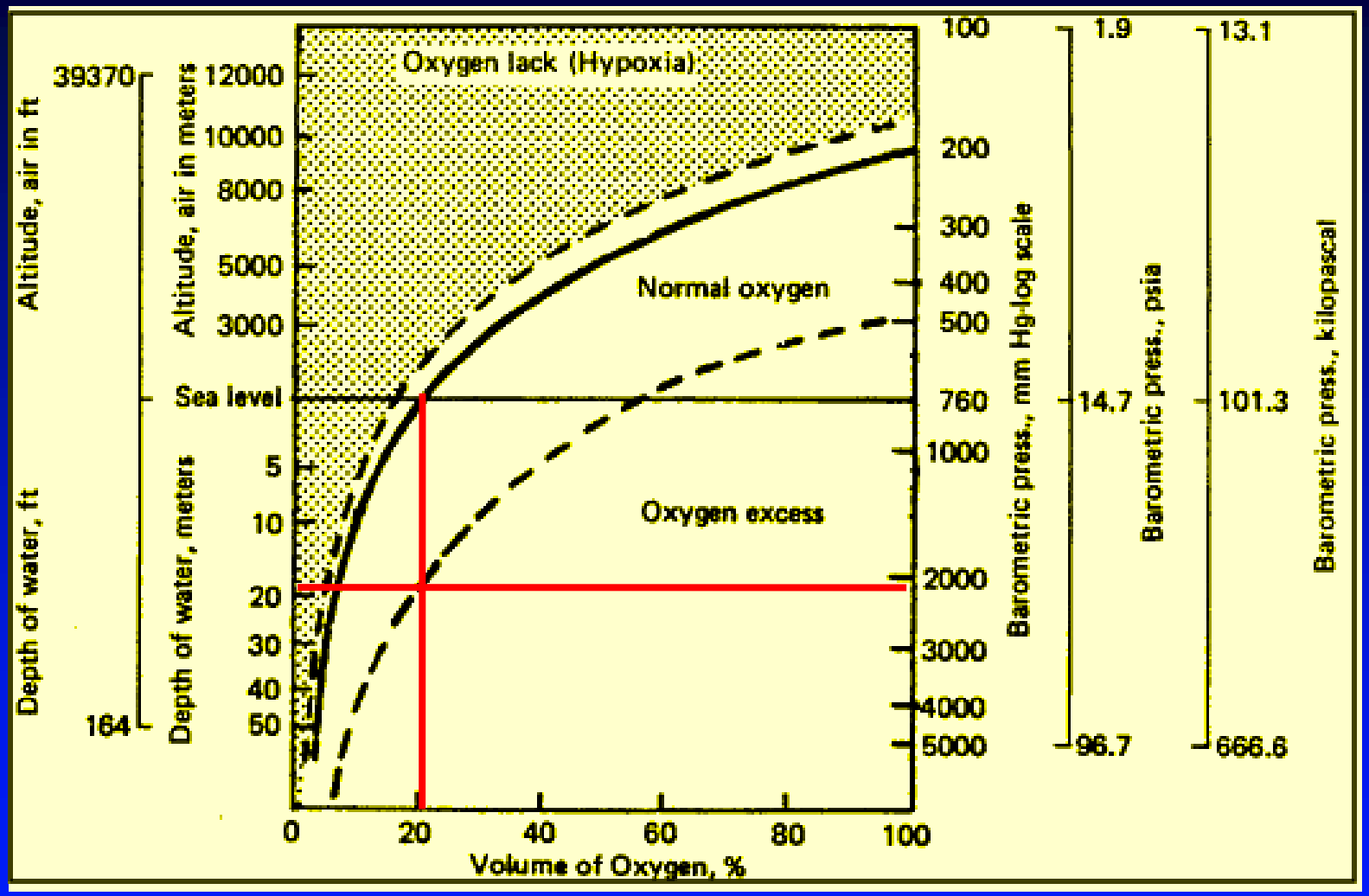
Température de neutralité thermique:
air: 27° eau: 33°
Exposition de la face: bradycardie

- **Exposition cutanée: le froid: un excellent vasoconstricteur**

=> augmentation de la post-charge / poussée HTA

11 plongeurs avec œdème pulmonaire
=> test hyperoxie et froid => œdème pulmonaire
=> dans le suivi: 7 développeront une HTA
(Wilmshurst, Lancet, 1989)

=> réponses technologiques
(combinaisons, masques, gaz...)


Oxygen lack (Hypoxia)
Normal oxygen
Oxygen excess
Altitude, air in ft
39370
164
Altitude, air in meters
12000
10000
8000
5000
3000
Sea level
Depth of water, ft
Depth of water, meters
5
10
20
30
40
50
0
20
40
60
80
100
Volume of Oxygen, %
100
200
300
400
500
760
1000
2000
3000
4000
5000
Barometric press., mm Hg-log scale
1.9
14.7
96.7
Barometric press., psia
13.1
101.3
666.6
Barometric press., kilopascal

La toxicité des gaz

- Effets narcotiques: Azote > Hydrogène > Hélium
  Toxicité myocardique inconnue

- Le gaz le plus toxique: l'Oxygène
  - toxicité neurologique aiguë (2,5ATA): crise convulsive
  - toxicité pulmonaire chronique (0,5 ATA): fibrose

Toxicité myocardique: 3 ATA (air à 50m: 1,26 ATA)
- diminue perfusion coronarienne
- augmente les résistances périphériques

=> bradycardie
=> augmentation post-charge / vol coronarien ?

Froid + Hyperoxie

- **Bradycardie**
  - **Troubles du rythme**
  - **Troubles de la conduction**
- **Vasoconstriction périphérique intense**
  - **Insuffisant cardiaque**
  - **Coronarien**
  - **HTA !**

La pression hydrostatique

Les fantasmes

Collapsus hyperbare

COMEX HYDRA 10

En saturation

Hydra 10

11 / 1992

701m

COMEX, Marseille

Théo Mavrostomos

Serge Icart

Régis Peilho

Compression: 16 jours

Décompression: 24 jours

La pression hydrostatique

- Pression x Volume = Constante
  => de -10m à la surface les volumes doublent
  Ventilation en équi-pression
  => utilisation de gaz comprimé = gaz "dense"

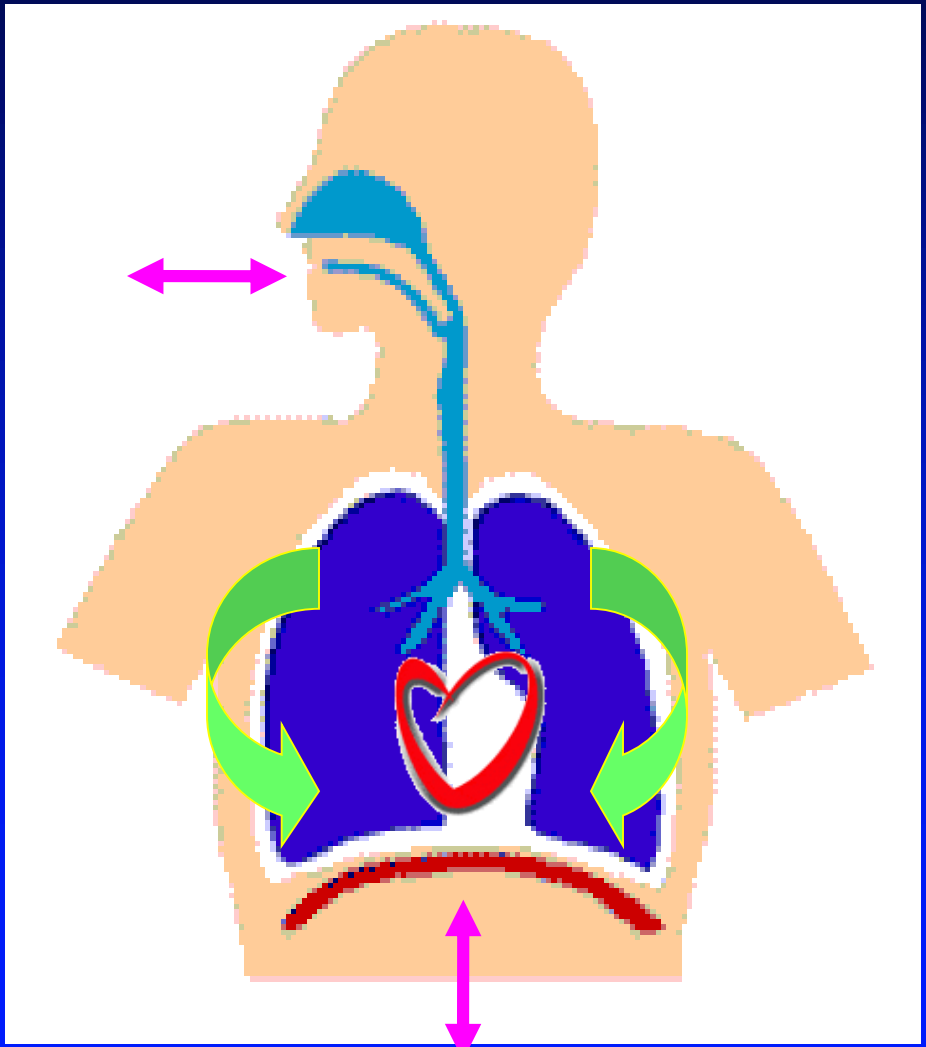
- Augmentation des masses volumiques:
  air 1,15 g/l => 7 g/l à 50 m
  => utiliser des mélanges légers
  - Héliox à 350m => 7 g/l
  - Hydréliox à 700m => 11 g/l
  travail ventilatoire au repos multiplié par 4 si 10 g/l

Modifications de l'ECG à 700m

JOULIA F et al, J Appl Physiol, 1992
LAFAY V et al, Undersea Hyperb Med, 1995

=> interactions cœur-poumons

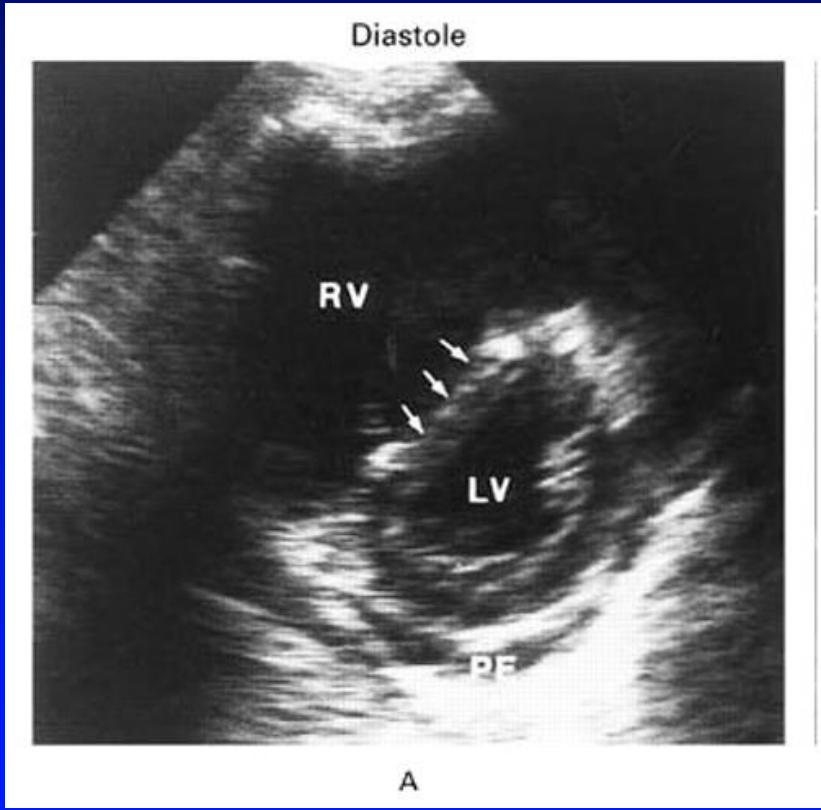
Interactions cœur-poumons



Interdépendance ventriculaire

Dès que les pressions droites sont élevées:
=> gêne remplissage VG

Principalement lors dépression intrathoracique.



La décompression (1)

- Ventilation en équi- pression
  L'Oxygène est consommé, le CO2 éliminé
  L'Azote, l'Hélium, l'Hydrogène sont "stockés"

=> saturation de l'organisme en gaz "inertes"
Pression partielle = pression totale x concentration
- tissus rapides: sang (2 à 3 min)
- tissus intermédiaires: muscle (quelques mn -> 1 h)
- tissus lents: mœlle osseuse (2 à 3 heures)

=> descente et séjour au fond: pas de conséquences

La décompression (2)
"On ne paie qu'en sortant"

A la remontée => Décompression
=> Eliminer les gaz "inertes" stockés dans les tissus
par voie veineuse puis pulmonaire (12 m/mn)

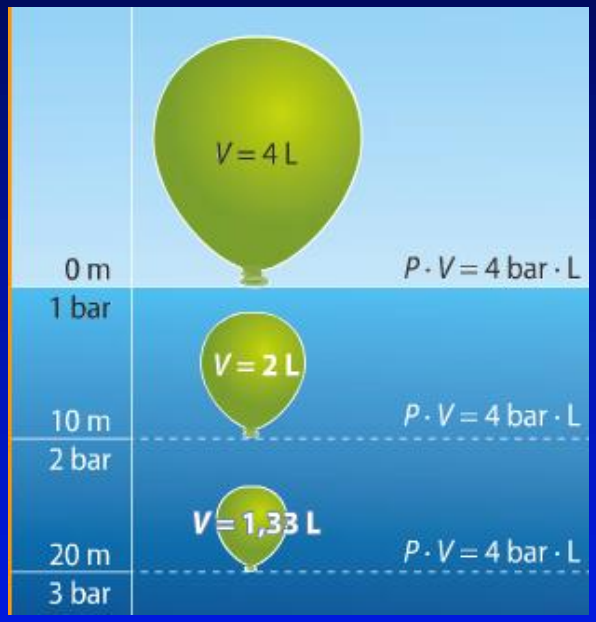
Protocoles de décompressions longs et complexes
=> favoriser le dégazage sans saturer le filtre pulmonaire

=> augmentation des PAP (=> remplissage VG)

=> risque passage de bulles systémiques

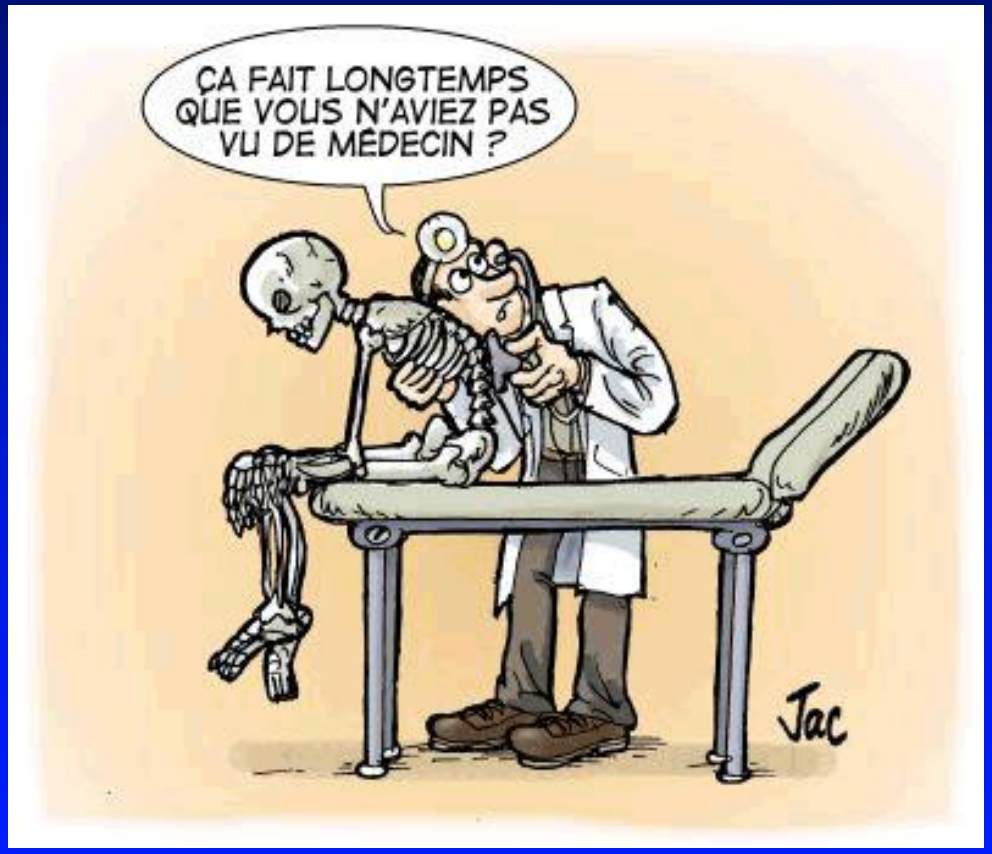
Au total

- **Oui les contraintes existent:**
  - **Hémodynamique**
  - **Rythmique**
  - **Embolique**
  - **Ischémique**



Effets mécaniques majeurs dans les 10 premiers mètres (immersion + doublement des pressions)
Effets gazeux prédominants au-delà de 30 m

Comment éviter la mort subite ?



Quelle plongée ?

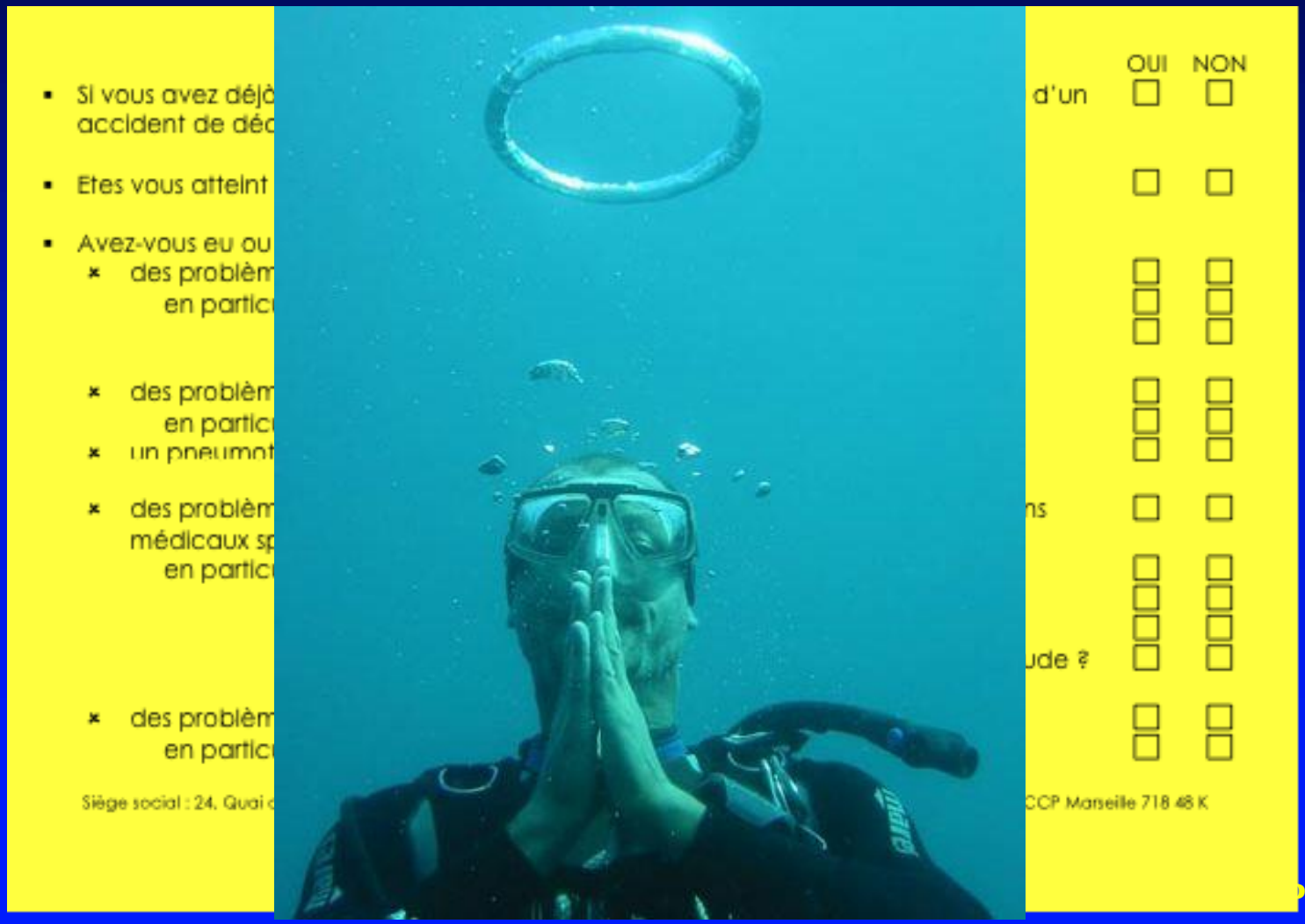
Plongée scaphandre

Contraintes cardio-vasc modérées

Plongée en apnée:

Contraintes cardio-vasc intenses

Les questionnaires ?



Contre-indications cardio.

01/ 2012

- Contre indications définitives
  - Cardiopathie congénitale
  - Insuffisance cardiaque symptomatique
  - CardioMyopathie Obstructive
  - Pathologie avec risque de syncope
  - Tachycardie paroxystique
  - BAV II ou complet, non appareillés
  - Maladie de Rendu-Osler
  - Valvulopathies (*)
- Contre indications temporaires
  - Coronaropathies: à évaluer (*)
  - Péricardite
  - Traitement par anti-arythmique: à évaluer (*)
  - Traitement Bêta bloquant par voie générale ou locale: à évaluer (*)
  - Hypertension artérielle non contrôlée
  - Shunt D-G découvert après un accident de décompression à symptomatologie cérébrale ou cochléo-vestibulaire

INPP, 09/2020

Contre-indications cardio.

01/ 2012

- Contre indications définitives
  - Cardiopathie congénitale

- Contre indications temporaires

Cardiopathies Congénitales

Travail présenté aux Journées Européennes de Cardio: Paris (Janvier 2016)

En cours de validation par la FFESSM …… MAIS ….

Schleich J-M, Schnell F, Brouant B, Phan G, Lafay V, Bonnemains L, Bédossa M. Recreational scuba diving in patients with congenital heart disease: Time for new guidelines. Archives Cardiovasc Disease 2016; 109: 504-510

Principe :

Ne pas se rapporter à un catalogue de cardiopathies…

Se baser sur des critères:

- **Fonctionnels**
- **Morphologiques**
- **Rythmiques**

Cardiopathies Congénitales

Fonctionnels :

- Patient régulièrement suivi, asymptomatique
- Epreuve d'effort avec VO2 et SV1 et SAO2
  - Puis Max > 8 METS, SV1 > 4 METS
  - Bonne adaptation Hémodyn, Rythmique
  - Négative, Sat > 95%

Morphologiques :

Echocardiographie voire IRM

- FEVG > 50%, épaisseurs < 13 - 12mm
- Fuite valvulaire minime à modérée
- TdVG < 56- 52 mm, TsVG < 41-37 mm
- Gradients: Pulm < 30, Ao < 20, IntraVG < 30
- Fonction VD normale, PAPm < 20
- Aorte 1 < 45mm

Rythmiques :

ECG, Holter ECG avec exercice > 1 h, < 6 mois

- Pas de pause et > 500 ESV

Cardiopathies Congénitales

Les shunts :

- CIV et Canal artériel: pas de CI
- CIA => CI
- FOP: cf reco FFESSM

Paces Makers :

- Cf reco FFESSM

DAI :

- Toujours CI

BILAN CARDIO VASCULAIRE COMPLET PAR UN CARDIOLOGUE HABITUE AUX CARDIOPATHIES CONGENITALES

Contre-indications cardio.

01/ 2012

- Contre indications définitives

  Pathologie avec risque de syncope
  Tachycardie paroxystique
  BAV II ou complet, non appareillés

- Contre indications temporaires

FFESSM.fr — COMMISSION Médicale et de Prévention

Critères décisionnels "Arythmies et plongée"

Décembre 2008

Recommandations pour la pratique des sports de compétition[1, 2] et des activités subaquatiques pour les sujets présentant des troubles du rythme ou de la conduction

Pathologies	Examens complémentaires	Critères	Suivi spécialisé	Sports de compétition	Plongée
Troubles du rythme supra-ventriculaires					
Extrasystoles supra-ventriculaires (ESSV).	ECG, TSH.	Asymptomatique, Pas de cardiopathie.		Tous sports	Oui
Tachycardie Jonctionnelles Paroxystiques à ECG normal (TRIN ou Kent patent), **Pré-excitation** ventriculaire symptomatique (WPW) ou non.	ECG, Echocardiographie, Electrophysiologie.	**Après ablation** : délai de 3 mois sans récidive ni traitement, Pas de cardiopathie.		Tous sports	Délai 6 mois Oui (CPP si FOP)
		Pas d'ablation mais crises sporadiques non liées à l'effort et sans troubles hémodynamiques, pas de cardiopathie		Tous sports exceptés risques spécifiques	**NON**
Fibrillation auriculaire (ACFA) paroxystique.	ECG, Echocardiographie, Holter, test d'effort, TSH.	Délai de 3 mois en rythme sinusal stable, pas de cardiopathie, pas de pré-excitation.	Annuel	Contre-indication temporaire	Délai de 6 à 12 mois avant CPP
ACFA permanente.		Pas d'Insuffisance Cardiaque (IC), pas de pré-excitation, bonne adaptation à l'effort, bon contrôle de la fréquence cardiaque.	Semestriel	Evaluation individuelle	CPP
Flutter atrial.	ECG, Echocardiographie, Electrophysiologie.	**Après ablation** : Délai de 3 mois sans symptôme ni traitement, pas de cardiopathie, ni de pré-excitation;	Annuel	Tous sports	Délai 6 mois Oui (CPP si FOP)
Troubles du rythme ventriculaires					
Extrasystoles Ventriculaires (ESV).	ECG, Echocardiographie	**Pas de cardiopathie,** pas de syndrome familial, pas de symptôme à l'effort, pas d'ESV polymorphes ni de couplage court	Annuel	Tous sports	Oui
Salves monomorphes non soutenues (<30s)[1]. Rythme idioventriculaire accéléré (RIVA)[2].	Selon les cas : Holter, Test d'effort, Electrophysiologie.		Semestriel		
Tachycardie ventriculaires (TV) bénigne, TV fasciculaires, TV infundibulaires.		**Asymptomatique** pas de cardiopathie, pas de syndrome familial.	Semestriel	Tous sports exceptés risques spécifiques	**NON** CPP si ablation
Syndrome du QT long, Syndrome de Brugada, Dysplasie Arythmogène du Ventricule Droit.	ECG, Holter, tests spécifiques.	Cas par cas		Pas de sport de compétition	**NON**
TV symptomatique, TV maligne, torsade de pointe, Fibrillation ventriculaire (FV), mort subite.	Voir conditions si porteur de DAI				**NON**
Bradycardie sinusale (<40 bpm) ou pauses > 3s					
Sportif entraîné **asymptomatique.**	ECG	Normal		Tous sports	Oui
Symptomatique ou non entraîné (fatigabilité ou malaise à l'effort, lipothymie…).	ECG, Echocardiographie Holter, Test d'effort,	Délai de 3 mois après disparition des symptômes ou arrêt des traitements	Annuel	CI temporaire	Délai 6 mois CPP
Troubles de la conduction					
Bloc Auriculo-Ventriculaire (BAV) 1 ou BAV 2 Mobitz 1 (Lucciani-Wenckebach). Sportif entraîné **asymptomatique.**	ECG, Echocardiographie Holter, Test d'effort,	Pas de cardiopathie, Normalisation à l'effort.	Annuel	Tous sports	Oui
BAV 2 Mobitz 2 **asymptomatique.**		Pas de cardiopathie, pas d'ESV à l'effort, Fréquence au repos > 40 bpm	Annuel	Sports à composantes dynamique et statique faibles à modérés.	**NON** CPP si PM
BAV symptomatique BAV 3 même asymptomatique	Indication de stimulation cardiaque : Voir conditions si porteurs de PM.				
Blocs de Branche droit (BBD) avec ou sans hémiblocs gauches, Bloc de Branche Gauche **(BBG) congénital.**	ECG, Echocardiographie, Test d'effort. Selon les cas : Holter	Asymptomatique à l'effort sans trouble conductif ni ESV, Pas de cardiopathie	Annuel	Tous sports	Oui
Découverte Bloc de Branche Gauche complet, BBG acquis ou intermittent.	ECG, Test d'effort Echocardiographie, Selon les cas : Holter, recherche coronaropathie si facteurs de risque.	Asymptomatique à l'effort sans trouble conductif ni ESV, pas de cardiopathie, pas de coronaropathie	Annuel	Tous sports	Oui
Patients appareillés					
Porteurs de Pacemaker (PM).	ECG, Echocardiographie, Holter, test d'effort.	Bonne adaptation à l'effort, pas d'arythmie, pas d'IC.	Annuel	Sports à composantes statique faible et dynamique faible à modérés Pas de risque de collision	Délai 6mois **CPP** < à 30 m [3]
Porteurs de Défibrillateur (DAI).		Délai de 6 mois sans trouble du rythme nécessitant overdrive ou choc, pas d'IC	Annuel		NON
Syncopes répétées – Maladie syncopale					
Neurocardiogéniques (vaso-vagales, syndrome du sinus carotidien, situationnelles) ou orthostatique.	ECG, Echocardiographie, Holter, test d'effort, Tilt test.		Annuel	Tous sports exceptés risques spécifiques	**NON**
Autres causes.	Voir conditions spécifiques selon l'étiologie.				

Plongée : **Oui** = Pratique possible de l'ensemble des activités fédérales de loisir ou de compétition **si toutes** les conditions sont réunies,
NON = Contre-Indication définitive,
CPP = Conditions Particulières ou Personnalisées de Pratique à discuter.

(1) European Society of Cardiology study group of Sports cardiology : Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease. Eur Heart J, 2005, 26 (14) : 1422-1445.
(2) Zipes DP, Ackerman MJ, Frant AO, Van Hare G. Task force 7 : Arrhythmias. 36th Bethesda conference, Eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities. J Am Coll Cardiol, 2005, vol 45 (8) : 1354-1363.
(3) Lafay V, Trigano JA, Gardette B, Micoli C, Carré F. Effects of hyperbaric exposure on cardiac pacemakers. Br J Sports Med 2008, 42 : 212-2

En l'absence de préconisation plus restrictive du constructeur selon le modèle.

http://medical.ffessm.fr/

Troubles du rythme

Peuvent plonger :

- **Patients asymptomatiques + Cœur sain**
- **Troubles du rythme non soutenus**
- **Après ablation**
- **Bloc de branche isolé**

Restent à quai :

- **Troubles du rythme soutenus**
- **WPW, Tachycardie jonctionnelle**
- **Bloc AV**
- **ACFA ???**

Contre-indications cardio.

01/ 2012

- Contre indications définitives

Valvulopathies (*)

- Contre indications temporaires

www.FFESSM.fr

COMMISSION Médicale et de Prévention

Critères décisionnels "Valvulopathies et plongée"

VERSION PROVISOIRE 2 Janvier 2011

Recommandations pour la pratique des sports de compétition[1, 2] et de la plongée en scaphandre autonome pour les sujets présentant une valvulopathie asymptomatique

Pathologies	Examens complémentaires	Critères	Rythme	Sports de compétition	Plongée
Rétrécissement Mitral (RM) : quantification selon la Surface mitrale					
Rétrécissement Mitral minime	ECG, Echocardiographie. Selon les cas : Holter, Test d'effort.	Surface mitrale > 1,5 cm² PAPS (Pression Artérielle Pulmonaire Systolique) de repos < 35 mmHg [2] Si traitement anticoagulant : INR stable entre 2 et 3.	Sinusal	Tous sports	Oui
			Fibrillation auriculaire	Sports à composantes statique et dynamique faible à modérés[1] Pas de risque de collision	CPP
Rétrécissement Mitral modéré	ECG, Echocardiographie, Holter, Test d'effort. Selon les cas : Echocardiographie d'effort.	Surface mitrale entre 1,0 et 1,5 cm² PAPS de repos ≤ 50 mmHg [2]		Sports à composantes statique et dynamique faible[1]	**NON** CPP si écho d'effort
Rétrécissement Mitral serré		Surface mitrale < 1,0 cm² PAPS de repos > 50 mmHg [2]		Sports à composantes statique et dynamique faible[1]	**NON**
Insuffisance Mitrale (IM) : quantification selon la Surface de l'Orifice régurgitant (SOR) ou de la PISA (*Proximal Isovelocity Surface Area*)					
Insuffisance Mitrale minime	ECG, Echocardiographie. Selon les cas : Holter, Test d'effort.	SOR < 20 mm² ou PISA < 3 mm [1] Diamètre VG < 60 mm [2] FEVG ≥ 60 % PAPS de repos < 35 mmHg [2]	Sinusal	Tous sports	Oui
			Fibrillation auriculaire	Pas de risque de collision si anticoagulant	CPP
Insuffisance Mitrale modérée	ECG, Echocardiographie. Selon les cas : Holter, Test d'effort, bilan hémodynamiqu	SOR 20 à 40 mm² ou PISA 3 à 6 mm [1] Diamètre VG < 60 mm [2] FEVG ≥ 60 %		Sports à composantes statique et dynamique faible à modérés[1]	CPP selon test d'effort
		Diamètre VG > 60 mm [2] ou FEVG < 50 %		Pas de sport de compétition	**NON**
Insuffisance Mitrale sévère		SOR > 40 mm² ou PISA > [illegible] mm [1]		Pas de sport de compétition	**NON**
Rétrécissement Aortique (RA) : quantification selon la Surface Aortique (SAo) et le gradient ventriculo-aortique moyen (Gmoy)					
Rétrécissement Aortique minime	ECG, Echocardiographie. Test d'effort	SAo [illegible] cm² Gmoy [illegible] 20 mm Hg		Sports à composantes dynamique et statique faibles modérés	Oui
Rétrécissement Aortique modéré	ECG, Echocardiographie. Selon les cas : Test d'effort,	SAo entre 1 et 1,5 cm² Gmoy entre 21 et 49 mm Hg [1]		Sports à composantes dynamique et statique faibles.	CPP selon test d'effort
Rétrécissement Aortique serré		SAo < 1 cm² Gmoy ≥ 50 mm Hg [1]		Pas de sport de compétition	**NON**
Insuffisance Aortique (IA) et pathologies de la racine aortique					
Insuffisance Aortique minime à modérée	ECG, Echocardiographie. Selon les cas : Holter, Test d'effort, bilan hémodynamique.	Pas de dilatation du VG FEVG ≥ 60 % Pas de dilatation de l'OG		Tous sports	Oui
			Trouble du rythme ventriculaire	Pas de sport de compétition[1]	**NON**
Insuffisance Aortique modérée		Dilatation modéré du VG (60- 65 mm) [2] avec FEVG > 50 % Pas de dilatation de l'OG	Pas de trouble du rythme ventriculaire	Sports à composantes dynamique et statique faibles[1].	CPP selon test d'effort
Insuffisance Aortique modérée à sévère		Dilatation du VG ou FEVG < 50 % ou dilatation de l'OG ou dilatation aorte ascendante > 50 mm		Pas de sport de compétition	**NON**
Dilatation aorte ascendante	Echographie, si besoin TDM ou IRM	Diamètre < 50 mm Si bicuspidie ≤ 40 mm		Tous sports	Oui
Syndrome de Marfan avec ou sans IA [2]	Surveillance échographique semestrielle	Racine aortique ≤ 40 mm Pas d'IM modérée ou sévère Pas d'antécédent familiaux de dissection ou de mort subite		Sports à composantes dynamique faible à modérée et composante statique faibles[2].	CPP
Insuffisance Tricuspide (IT) : l'hypertension artérielle pulmonaire contre-indique la plongée quelque soit l'étiologie.					
Insuffisance Tricuspide primitive	ECG, Echocardiographie, test d'effort.	Pression auriculaire < 20 mm Hg Pression systolique VD normale		Tous sports	CPP selon test d'effort
Prothèse valvulaire et valvuloplastie (après un délai de 6 à 12 mois)					
Valvuloplastie ou bioprothèse sans traitement anticoagulant	ECG, Echocardiographie.	Régurgitation résiduelle minime ou fonctionnement prothétique normal Fonction VG normale	Sinusal	Sports à composantes dynamique et statique faibles à modérés.	Oui
Valvuloplastie, bioprothèse ou prothèse aortique mécanique à faible risque thrombotique avec traitement anticoagulant	ECG, Echocardiographie.	Régurgitation résiduelle minime ou fonctionnement prothétique normal Fonction VG normale INR stable entre 2 et 3	Sinusal	Sports à composantes statique et dynamique faible à modéré sans risque de collision	Oui
			Fibrillation auriculaire		CPP
Valve mécanique ou indication à un INR > 3	ECG, Echocardiographie.	Fonctionnement prothétique normal Fonction VG normale		Sports à composantes statique et dynamique faible à modéré sans risque de collision	**NON**

Plongée : **Oui** = Pratique possible de la plongée en scaphandre autonome de loisir **si toutes** les conditions sont réunies,
NON = Contre-Indication définitive,
CPP = Conditions Particulières ou Personnalisées de Pratique à discuter.

(1) European Society of Cardiology study group of Sports cardiology : Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease. Eur Heart J, 2005, 26 (14) : 1422-1445.
(2) Bonow RO, Cheitlin MD, Crawford MH, Douglas PS. Task force 3 : Valvular Heart Disease. 36th Bethesda conference, Eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities. J Am Coll Cardiol, 2005, vol 45 (8) : 1334-1339.

http://medical.ffessm.fr/

INPP, 09/2020

Valvulopathies et Plongée

Peuvent plonger :

- **Patients asymptomatiques**
- **Valvulopathie minime**

Restent à quai :

- **Patients symptomatiques**
- **Valvulopathie sévère**

Et pour les valvulopathies modérées ?

- **Epreuve/ Echo d'effort / Bon VG non dilaté**
- **Conditions Particulières de Pratique**

Contre-indications cardio.

01/ 2012

- Contre indications définitives

- Contre indications temporaires
  - Coronaropathies: à évaluer (*)

FFESSM.fr — COMMISSION Médicale et de Prévention

Critères décisionnels "Coronaropathies et Plongée"

Version CMPN du 1/6/2007

Patient coronarien
désirant pratiquer la plongée sub-aquatique
avec l'accord de son cardiologue habituel.

↓

Délai minimum de 6 mois
depuis le dernier événement coronarien
(épisode aigu ou revascularisation)
et asymptomatique depuis (pas de douleur, ni dyspnée, ni malaise)
sans consommation de dérivés nitrés
avec un suivi cardiologique spécialisé régulier.

↓

- **Pas d'atteintes du tronc coronaire gauche ou d'atteinte tritronculaire** (même revascularisées).
- **Pas de spasme coronaire documenté.**
- **Fonction cardiaque conservée avec FEVG ≥ 50%**

(avec compte-rendu d'examen postérieur au dernier événement coronarien mais sans [illegible] d'1 an).

↓

Traitement conforme aux recommandations des sociétés savantes
(y compris bêta-bloquants selon les indications
mais sans utilisation de médicaments hypoglycémiants).
Contrôle optimal des facteurs de risque,
selon les objectifs préconisés par les sociétés savantes,
avec sevrage définitif du tabac.

↓

Test d'effort, sans ischémie ni trouble du rythme,
(sous traitement bêta-bloquants s'il y a indication)
démontrant un entraînement physique régulier
avec une capacité physique supérieure à la normale
théorique pour l'âge et dans tous les cas :
≥10 METs pour un homme de moins de 50 ans,
≥ 8 METs pour un homme de plus de 50 ans
ou une femme de moins de 50 ans,
≥ 6 METs pour une femme de plus de 50 ans.

↓

Certificat médical, délivré par un médecin fédéral, de
non contre-indication à la pratique de la plongée sub-aquatique
Enseignement limité à l'espace proche (0 à 6 m)
sans réalisation de baptême. Pas d'encadrement.
Pas d'utilisation de mélanges potentiellement hypoxiques.
Renouvellement annuel sous réserve d'un suivi régulier
attesté par au moins un ECG d'effort/an

Toutes dérogations à ces conditions particulières de pratique devra être validées par le Président de la Commission Médicale et de Prévention Régionale.

http://medical.ffessm.fr/

Coronaropathie et Plongée

Peuvent plonger :

- **Patients asymptomatiques / délai de 6 mois**
- **FEVG > 50%**
- **Epreuve d'effort maximale négative**
- **Suivi cardio régulier (+ 1 épreuve d'effort par an)**

Restent à quai :

- **Patients symptomatiques**
- ***Atteinte tritronculaire / Atteinte du TCG***
- **Spasme coronarien**
- **Fumeurs…**

Contre-indications cardio.

01/ 2012

- Contre indications définitives

- Contre indications temporaires

Traitement par anti-arythmique: à évaluer (*)
Traitement Bêta bloquant par voie générale ou locale: à évaluer (*)

FFESSM.fr — COMMISSION Médicale et de Prévention

ARBRE DECISIONNEL BETA-BLOQUANTS ET PLONGEE

Patient déjà sous bêta-bloquant désirant pratiquer la plongée sous-marine

Plongeur ayant une indication potentielle de bêta-bloquant

Indication du bêta-bloquant motivée par une pathologie **compatible avec la pratique de la plongée** selon les recommandations de la FFESSM (1)

OUI

Phase de titration ou d'adaptation : Recherche de la molécule et de la posologie les mieux adaptées au traitement de la pathologie

OUI

Autre traitement bêta-bloquant selon avis du médecin consultant

Recherche de signes objectifs ou subjectifs **d'intolérance respiratoire**

OUI

Evaluation pneumologique : Recherche d'un syndrome obstructif sous traitement (2)

NON

Test d'effort sous traitement montrant la conservation d'une **capacité physique normale pour l'âge**

NON

OUI

Autre traitement bêta-bloquant selon avis du médecin consultant

OUI

NON

Contre-indication à la pratique de la plongée sans remettre en cause la poursuite du traitement dans le seul but de permettre la pratique de la plongée.

Certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée valable 1 an. Renouvellement sous réserve d'un suivi régulier attesté **par 1 ECG/an à partir de 40 ans**

(1) Contre-indications définitives : Insuffisance cardiaque, Pathologies avec risque de syncope.
Conditions particulières de pratique : Coronaropathies sans remettre en cause le traitement bêta-bloquant.
(2) En cas de syndrome obstructif, contre-indication aux bêta-bloquants, selon avis du médecin consultant, avec application des conditions particulières de pratique pour les asthmatiques.
Possibilité d'utiliser des molécules bêta 1 sélectives si VEMS >70 % des valeurs théoriques.

http://medical.ffessm.fr/

Contre-indications cardio.

01/ 2012

- Contre indications définitives

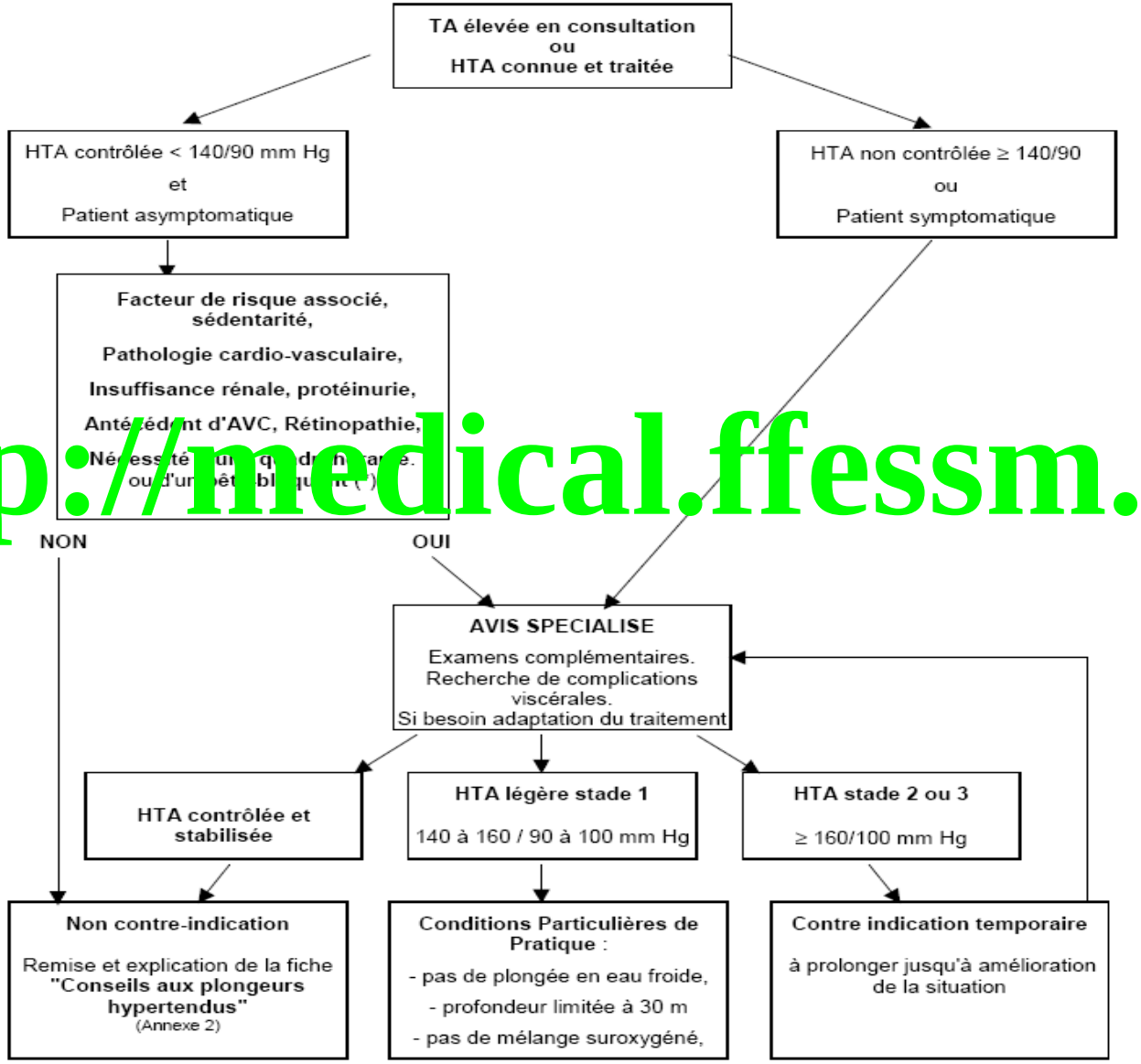
- Contre indications temporaires

Hypertension artérielle non contrôlée

FFESSM.fr
COMMISSION Médicale et de Prévention

Recommandations HTA et plongée

(Annexe 1 - Janvier 2013)



(*) Conditions particulières de pratique "Bêta-bloquants et plongée".

http://medical.ffessm.fr/

Hypertension

DANGER !!!!

Echocardiogaphie: Hypertrophie, fonction diastolique

Epreuve d‘effort …..

Contre-indications cardio.

01/ 2012

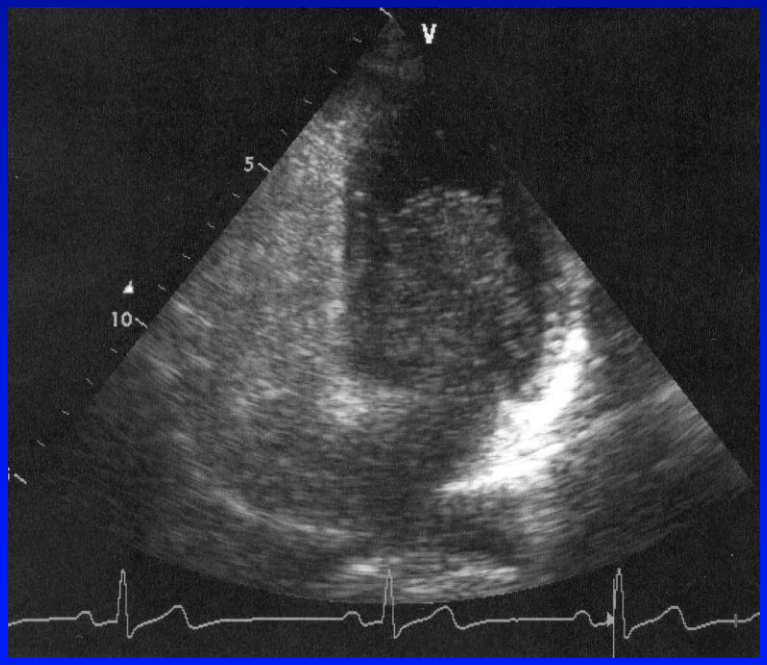
- Contre indications définitives

- Contre indications temporaires

Shunt D-G découvert après un accident de décompression à symptomatologie cérébrale ou cochléo-vestibulaire

Shunt D-G

- Toutes les cardiopathies à shunt D-G
  - Risque embolie paradoxale
- Et le FOP ?



- Risque ADD x 4
- 2 / 10 000 => 8 / 10 000
- Pas de détection systématique
- Prévention secondaire
- PAS DE FERMETURE !

Pathologies Thrombo emboliques

... en quelques mots...

- **HTAP toujours une CI à la plongée**
- **à ce jour: pas de liens objectifs entre plongée et MTEV**
- **restent à quai: les patients souffrant de MTEV récente, ou d'HTAP post embolique**
- **pour les patients porteurs d'une maladie de la coagulation: décision au cas par cas**
- **patients sous anticoagulants: prudence, INR stabilisé, bon niveau technique**
- **hémophilie: conditions particulières de pratique**

Pour la plongée en scaphandre

- P
  -
  -
  -
- N
  -
  -
- P
- N

Et pour la plongée en apnée ?

CARDIOLOGIQUES	Cardiopathie congénitale, Insuffisance Cardiaque, CMO, pathologie à risque syncopal (valvulopathies type RAO RM), Tachycardie paroxystique, BAV 2 / 3 non appareillé . Accident vasculaire cérébral , HTA non contrôlée après épreuve d'effort .	H

- **Surtout**

  Pas de décision précipitée

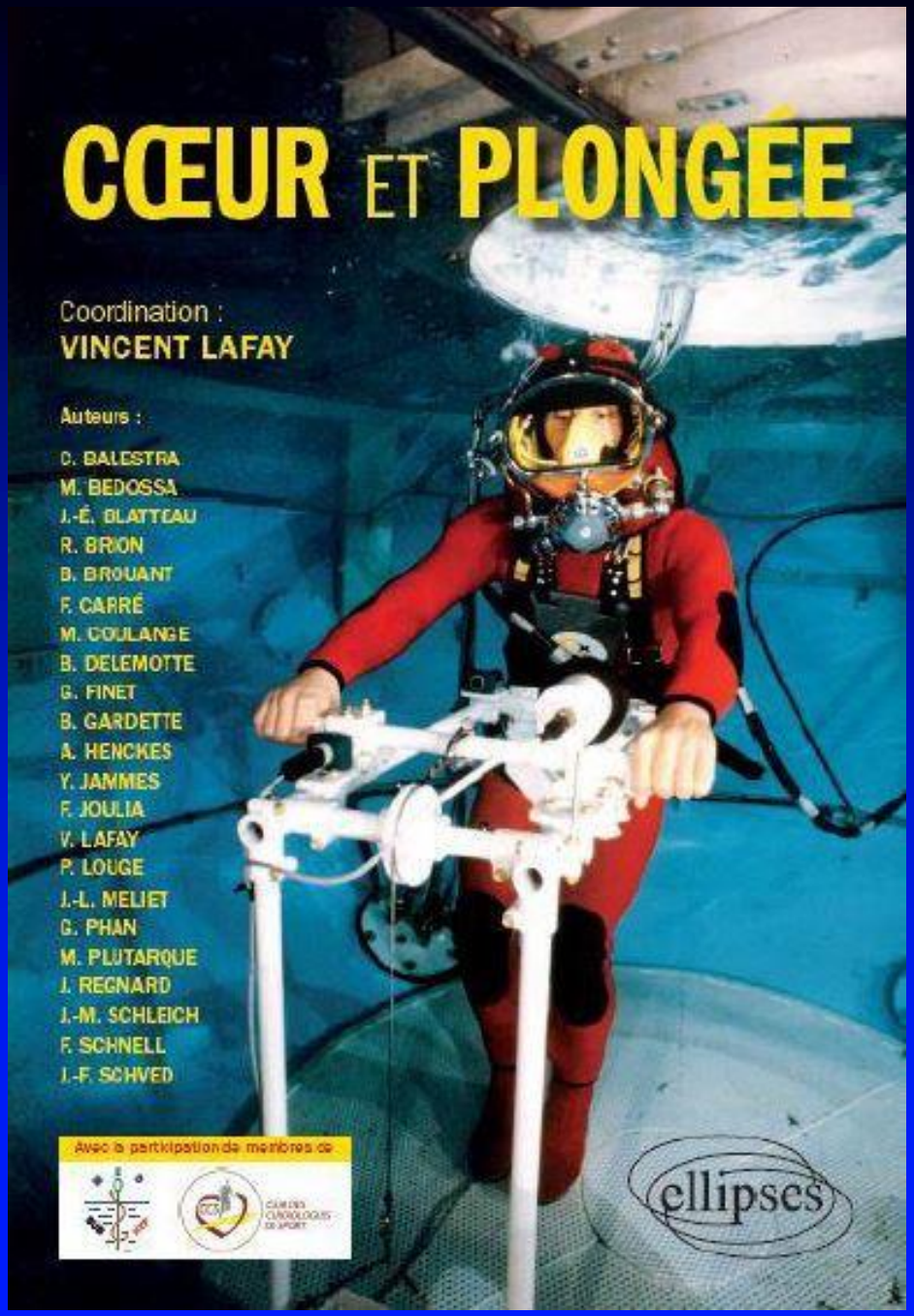
- **Même si….**

En conclusion pour l'apnée:

CARDIOLOGIQUES	Cardiopathie congénitale, Insuffisance Cardiaque, CMO, pathologie à risque syncopal (valvulopathies type RAO RM), Tachycardie paroxystique, BAV 2 / 3 non appareillé . Accident vasculaire cérébral , HTA non contrôlée après épreuve d'effort .	HTA infarctus récent angor péricardite stent vasculaire

Toute cardiopathie est une contre indication

© Jeff Yonover (USA)


CŒUR ET PLONGÉE
Coordination :
VINCENT LAFAY
Auteurs :
C. BALESTRA
M. BEDOSSA
J.-É. BLATTEAU
R. BRION
B. BROUANT
F. CARRÉ
M. COULANGE
B. DELEMOTTE
G. FINET
B. GARDETTE
A. HENCKES
Y. JAMMES
F. JOULIA
V. LAFAY
P. LOUGE
J.-L. MELIET
G. PHAN
M. PLUTARQUE
J. REGNARD
J.-M. SCHLEICH
F. SCHNELL
J.-F. SCHVED
Avec la participation de membres de
ellipses

INPP, 09/2020