

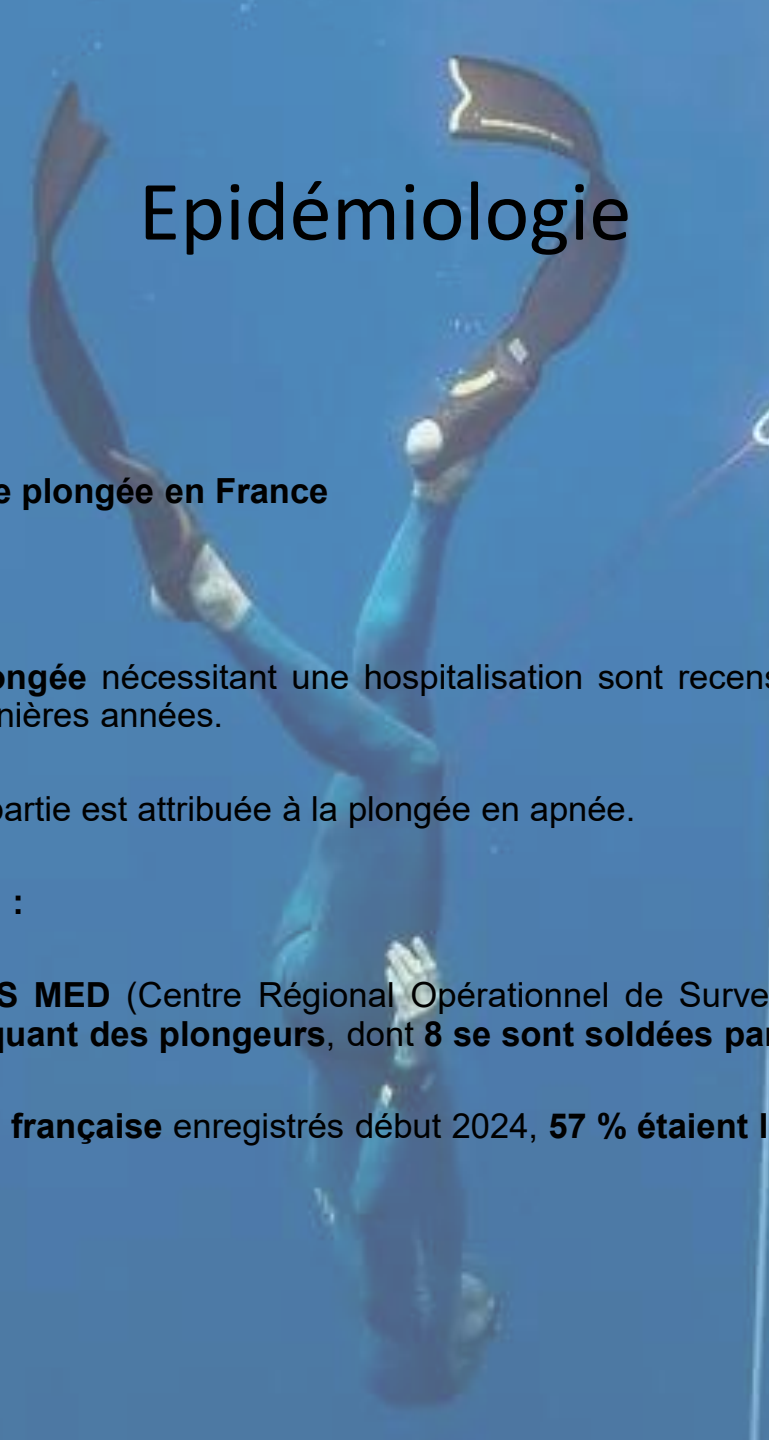


Les Accidents en Apnée

DESIU médecine hyperbare et médecine de plongée

Dr Christophe Carbonnel

2024-2025



Epidémiologie

- Très peu de données

Statistiques générales sur les accidents de plongée en France

FFESSM :

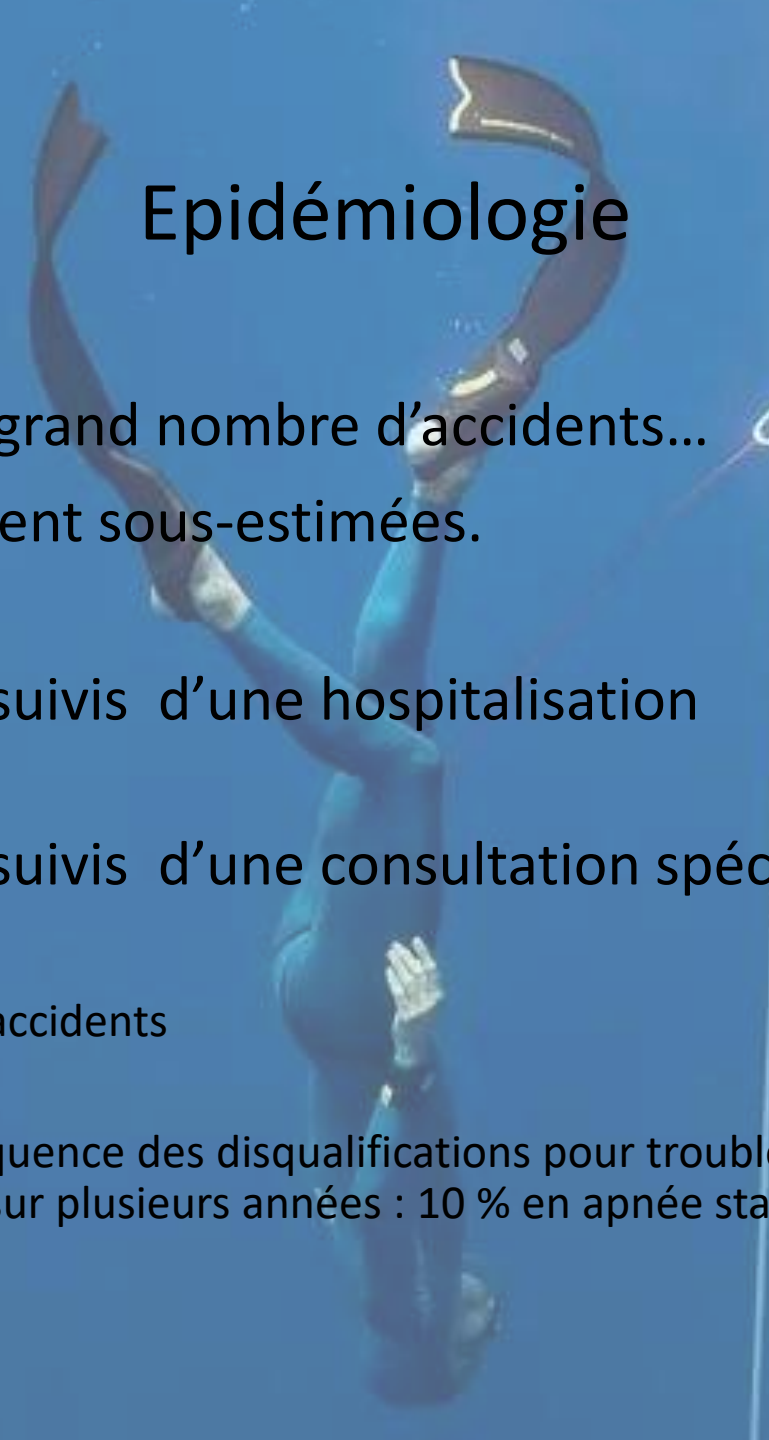
En moyenne, environ **320 accidents de plongée** nécessitant une hospitalisation sont recensés chaque année en France. Ce chiffre est resté relativement stable au cours des 15 dernières années.

On déplore **15 à 20 décès par an**, dont une partie est attribuée à la plongée en apnée.

PREFECTURE MARITIME MEDITERRANEE :

Depuis le début de l'année 2024, le **CROSS MED** (Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage en Méditerranée) a coordonné **59 opérations de secours impliquant des plongeurs**, dont **8 se sont soldées par des décès**

Parmi les **14 décès en mer en Méditerranée française** enregistrés début 2024, **57 % étaient liés à la plongée autonome ou à l'apnée**.

A diver in a blue wetsuit and fins is suspended in the water, holding a rope. The diver is upside down, with their head near the bottom of the frame and feet near the top. The background is a clear blue sky.

Epidémiologie

- Peu de Statistiques mais grand nombre d'accidents...
- Ces données sont fortement sous-estimées.
- Peu d'accidents sont suivis d'une hospitalisation
- Peu d'accidents sont suivis d'une consultation spécialisée
- Pourtant grands nombres d'accidents
 - En club d'apnée
 - En compétition : La fréquence des disqualifications pour trouble hypoxique (PCM et syncope) a été calculée par l'AIDA sur plusieurs années : 10 % en apnée statique , 11% en poids constant.

Accidents Neurologiques



- Troubles de la conscience

- Perte de contrôle moteur ou “loss of motor control” (LMC), aussi appelée “samba”
- Syncope Hypoxique

- Signes de focalisation neurologiques après plongée en apnée

- « Taravana »
- AVC
- Embolie gazeuse cérébrale barotraumatique

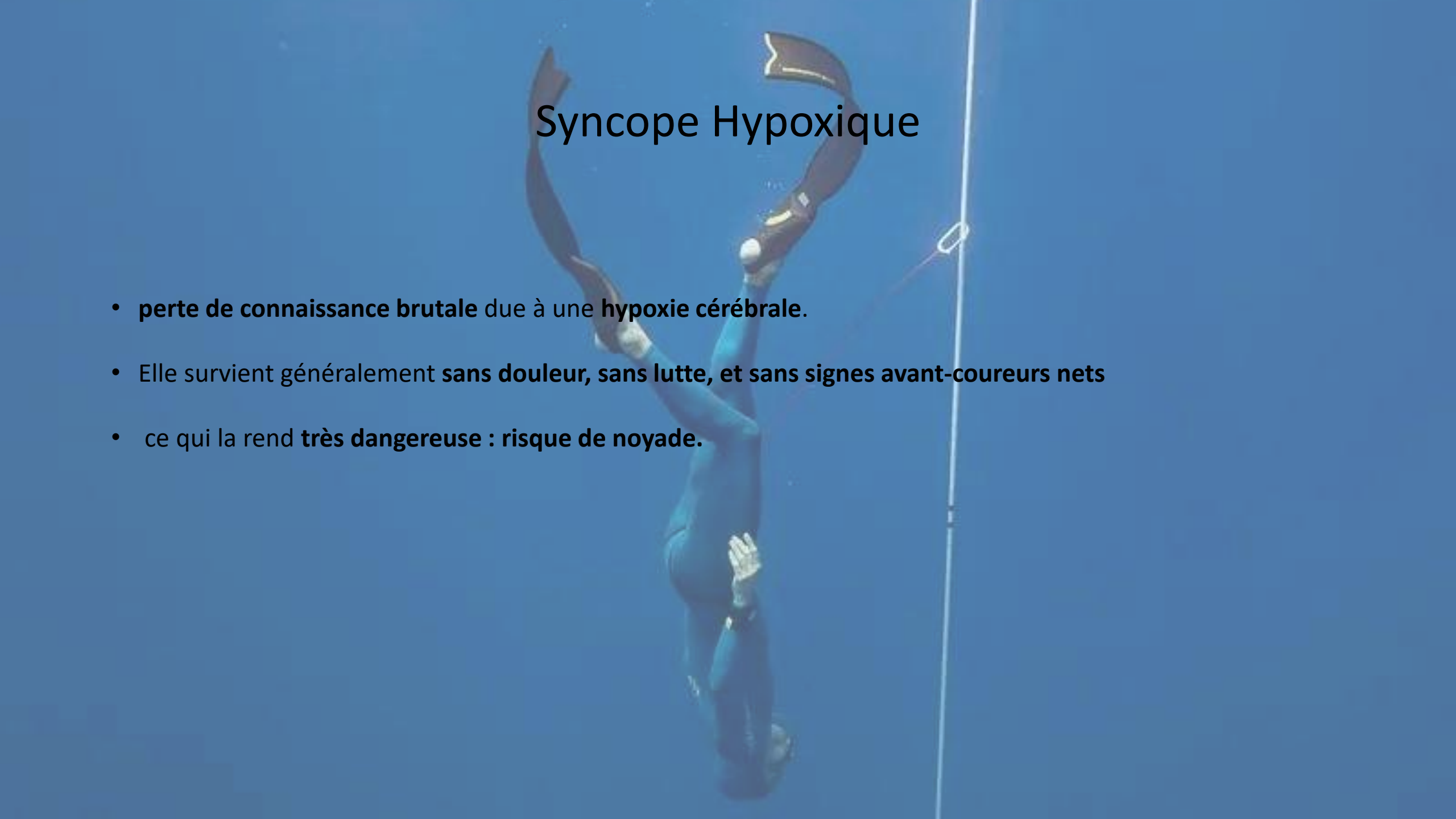
- Fonctions cognitives et apnée

- Narcose à l’azote

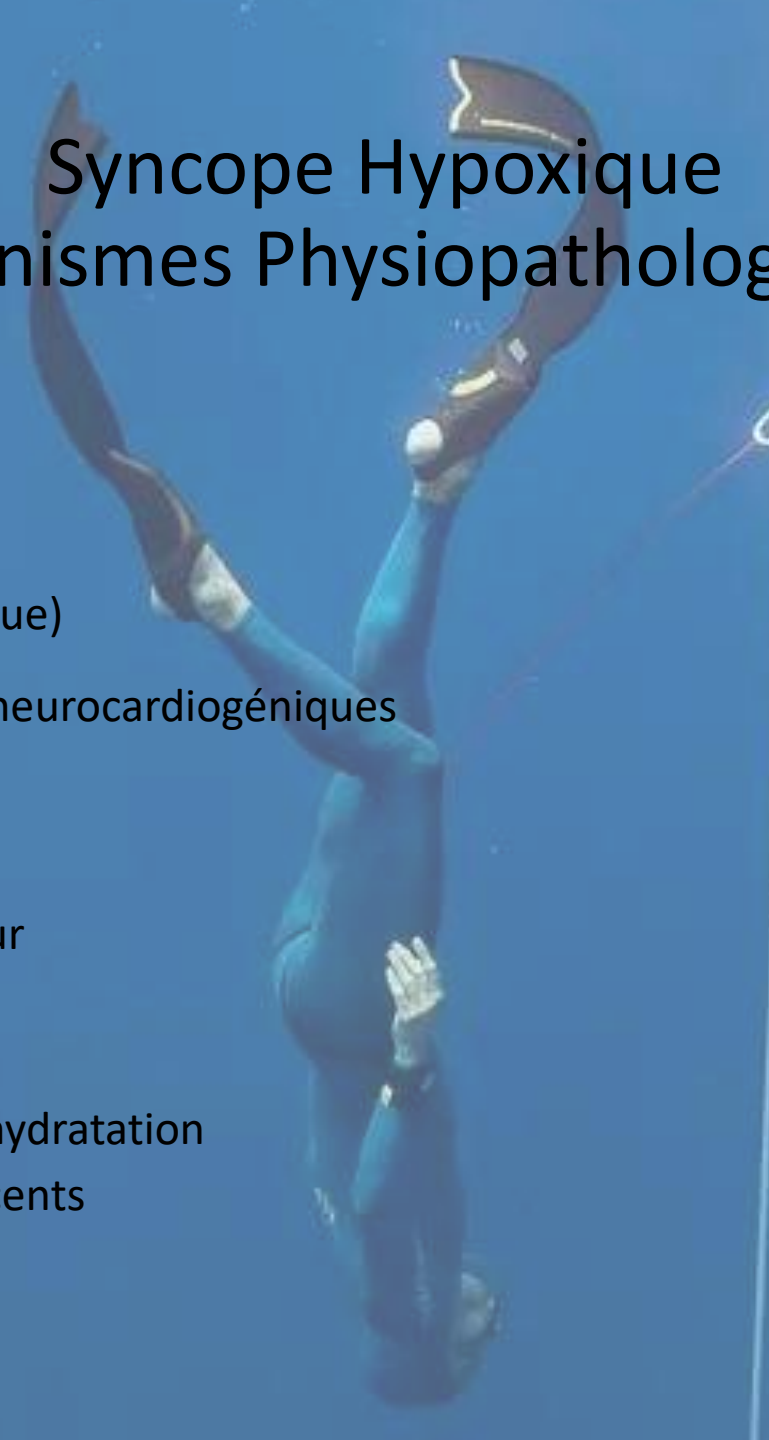
Perte de contrôle moteur - Samba

- **trouble neuromusculaire transitoire**, dû à une **hypoxie cérébrale modérée**, qui **précède parfois la syncope complète**.
- L'individu reste **partiellement conscient**, mais perd le **contrôle précis de ses mouvements** :
 - il peut trembler, avoir des mouvements désorganisés ou ne plus pouvoir enlever son pince-nez ou son masque.
- C'est un **signe d'alerte extrême** : la syncope peut survenir dans les secondes suivantes.

Syncope Hypoxique



- **perte de connaissance brutale** due à une **hypoxie cérébrale**.
- Elle survient généralement **sans douleur, sans lutte, et sans signes avant-coureurs nets**
- ce qui la rend **très dangereuse : risque de noyade**.



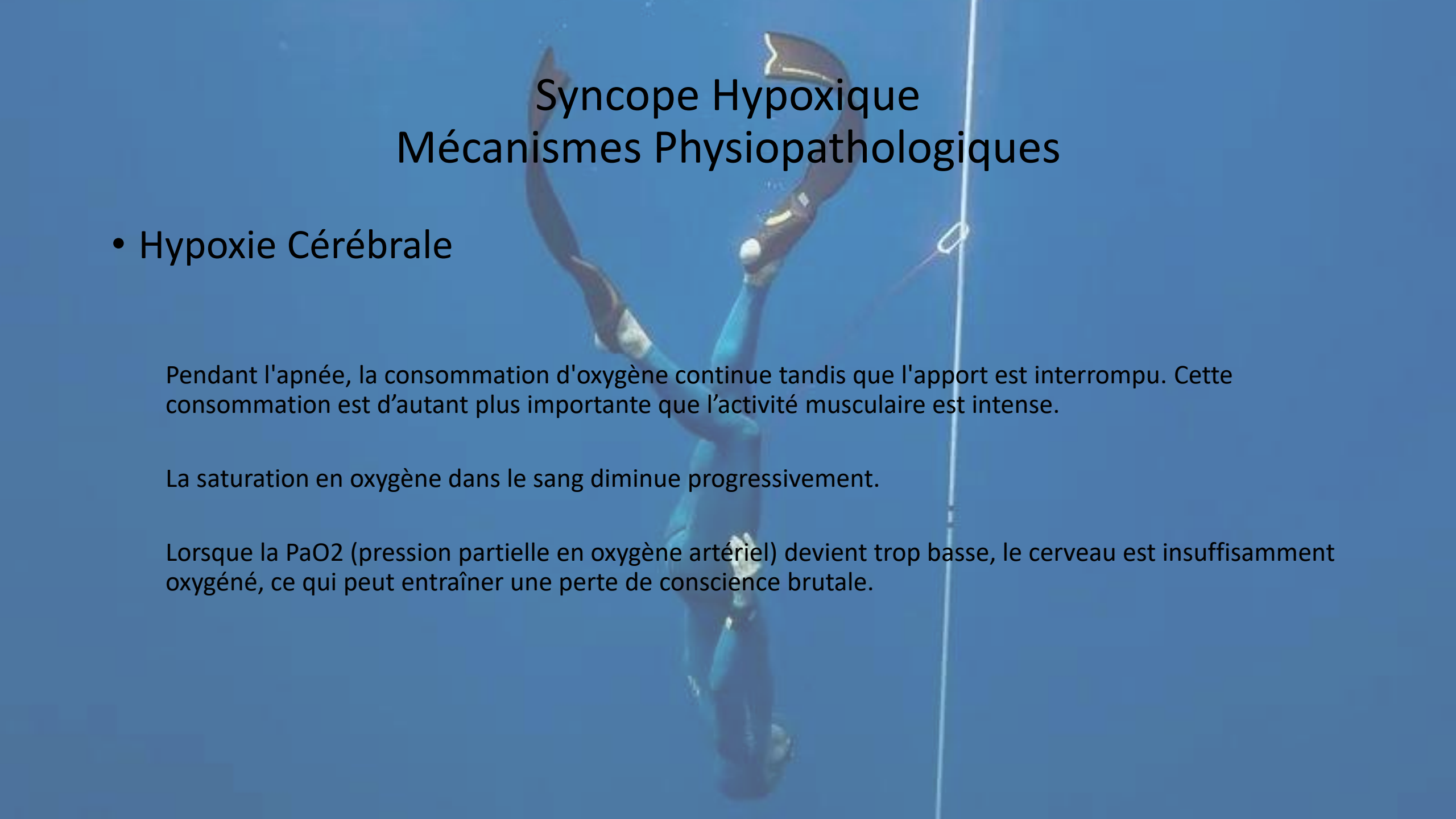
Syncope Hypoxique

Mécanismes Physiopathologiques

1. Hypoxie cérébrale (cause classique)
2. Mécanismes vagues et réflexes neurocardiogéniques

3. Facteurs aggravants

- Hypercapnie
- Émotion forte, stress, douleur
- Valsalva répété
- Hypotension orthostatique
- Fatigue, hypoglycémie, déshydratation
- Troubles cardiaques sous-jacents



Syncope Hypoxique

Mécanismes Physiopathologiques

- Hypoxie Cérébrale

Pendant l'apnée, la consommation d'oxygène continue tandis que l'apport est interrompu. Cette consommation est d'autant plus importante que l'activité musculaire est intense.

La saturation en oxygène dans le sang diminue progressivement.

Lorsque la PaO_2 (pression partielle en oxygène artériel) devient trop basse, le cerveau est insuffisamment oxygéné, ce qui peut entraîner une perte de conscience brutale.

Syncope Hypoxique

Mécanismes Physiopathologiques

- Hypoxie Cérébrale

Seuil critique de PaO₂ pour la syncope

PaO ₂ (mmHg)	Saturation approximative (SpO ₂)	Effets cliniques
100 – 80	98 – 95 %	Normale
80 – 60	95 – 90 %	Bien tolérée chez les sujets sains
60 – 50	90 – 80 %	Hypoxie modérée : signes neurovégétatifs possibles
< 50 mmHg	< 80 %	Risque de syncope hypoxique (variable)
< 30 – 35 mmHg	< 60 – 70 %	Syncope très probable, perte de conscience brutale

Syncope Hypoxique

Mécanismes Physiopathologiques

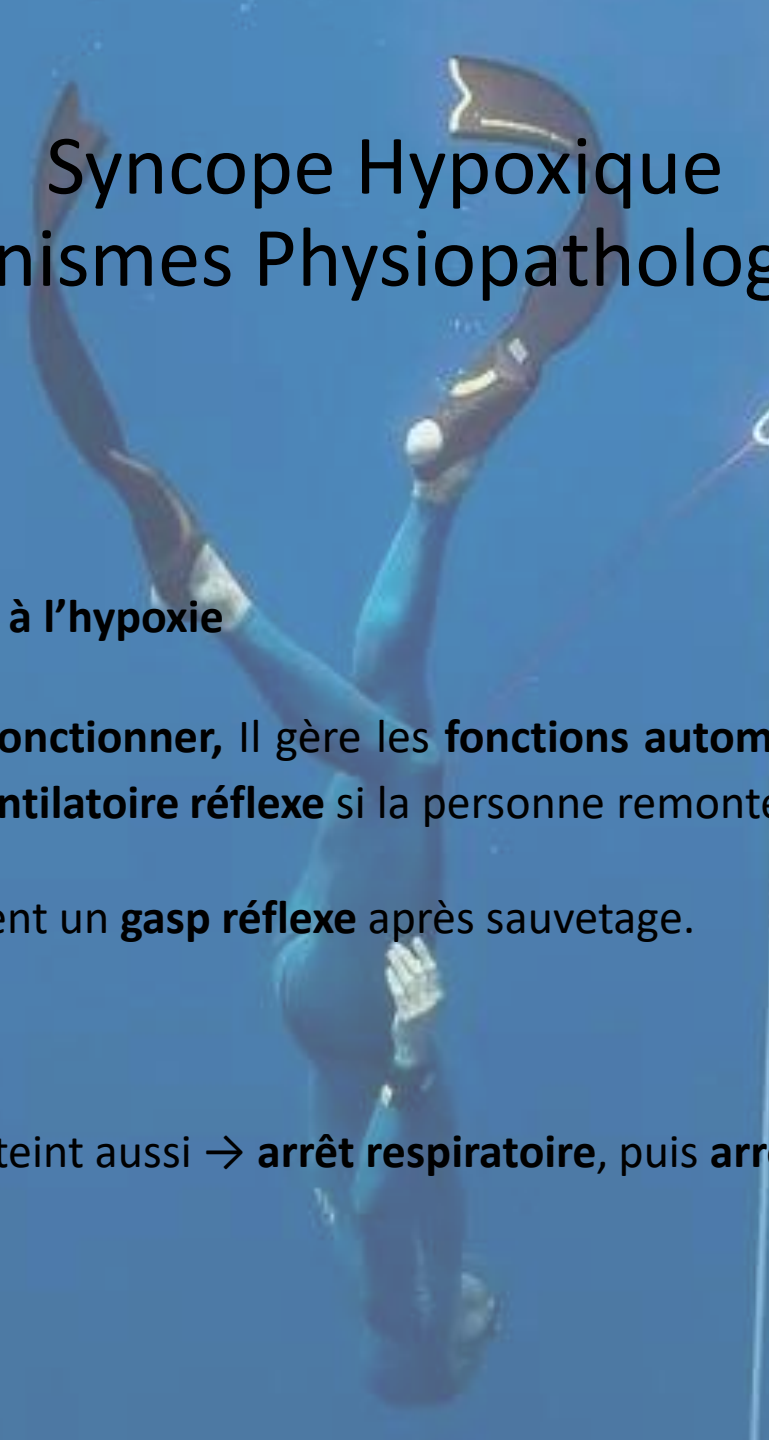
- Hypoxie Cérébrale

Seule la conscience s'interrompt en premier, tandis que d'autres fonctions cérébrales restent actives un temps.

Le cerveau est structuré en "couches" hiérarchisées

Le cerveau fonctionne avec différents niveaux de régulation :

Fonction cérébrale	Structure	Sensibilité à l'hypoxie
Conscience, pensée, motricité volontaire	Cortex cérébral	Très sensible
Respiration réflexe, vigilance de base	Tronc cérébral	Moins sensible
Fonctions végétatives (fréquence cardiaque, réflexes)	Bulbe rachidien	Très résistant



Syncope Hypoxique

Mécanismes Physiopathologiques

- Hypoxie Cérébrale

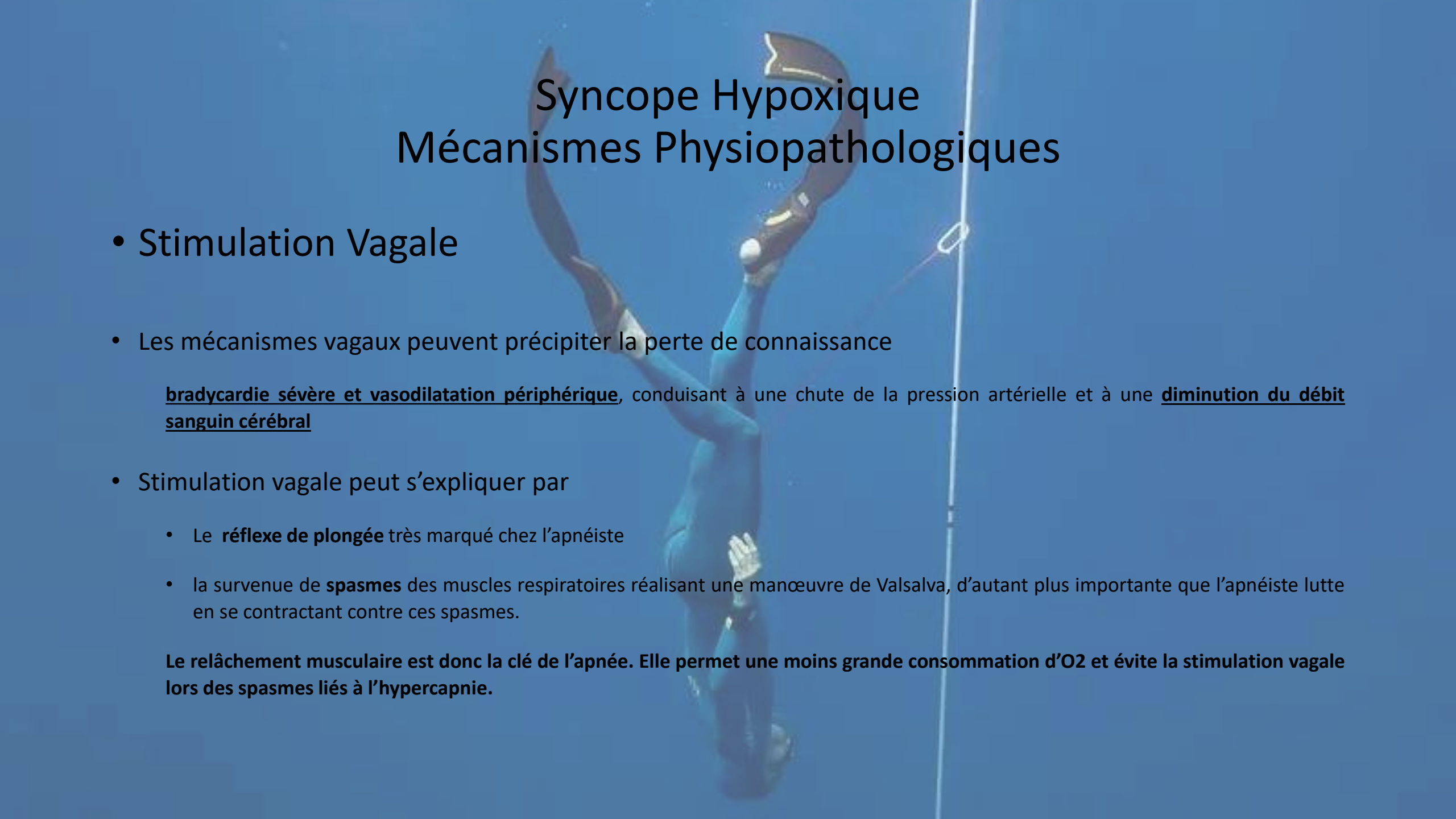
Le cortex cérébral est le plus fragile à l'hypoxie

Mais le tronc cérébral continue à fonctionner, Il gère les **fonctions automatiques** : rythme cardiaque, réflexe de déglutition, et surtout **reprise ventilatoire réflexe** si la personne remonte à la surface.

- C'est grâce à lui qu'on voit souvent un **gasp réflexe** après sauvetage.

Si l'hypoxie se prolonge :

- Le tronc cérébral finit par être atteint aussi → **arrêt respiratoire**, puis **arrêt cardiaque** → noyade.



Syncope Hypoxique

Mécanismes Physiopathologiques

- Stimulation Vagale

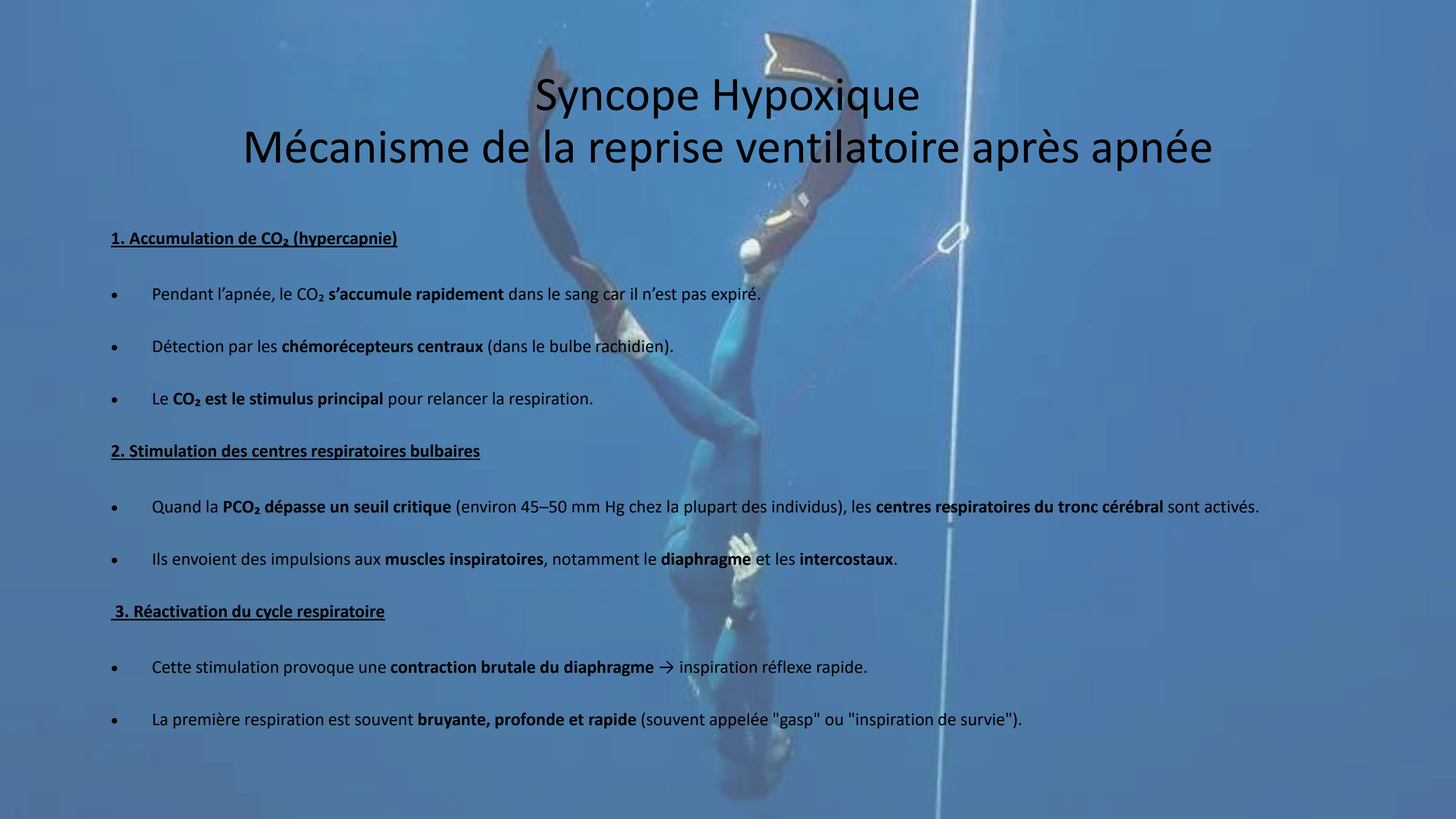
- Les mécanismes vagues peuvent précipiter la perte de connaissance

bradycardie sévère et vasodilatation périphérique, conduisant à une chute de la pression artérielle et à une diminution du débit sanguin cérébral

- Stimulation vagale peut s'expliquer par

- Le **réflexe de plongée** très marqué chez l'apnéiste
- la survenue de **spasmes** des muscles respiratoires réalisant une manœuvre de Valsalva, d'autant plus importante que l'apnéiste lutte en se contractant contre ces spasmes.

Le relâchement musculaire est donc la clé de l'apnée. Elle permet une moins grande consommation d'O₂ et évite la stimulation vagale lors des spasmes liés à l'hypercapnie.



Syncope Hypoxique

Mécanisme de la reprise ventilatoire après apnée

1. Accumulation de CO₂ (hypercapnie)

- Pendant l'apnée, le CO₂ **s'accumule rapidement** dans le sang car il n'est pas expiré.
- Détection par les **chémo-récepteurs centraux** (dans le bulbe rachidien).
- Le CO₂ **est le stimulus principal** pour relancer la respiration.

2. Stimulation des centres respiratoires bulbaires

- Quand la **PCO₂ dépasse un seuil critique** (environ 45–50 mm Hg chez la plupart des individus), les **centres respiratoires du tronc cérébral** sont activés.
- Ils envoient des impulsions aux **muscles inspiratoires**, notamment le **diaphragme** et les **intercostaux**.

3. Réactivation du cycle respiratoire

- Cette stimulation provoque une **contraction brutale du diaphragme** → inspiration réflexe rapide.
- La première respiration est souvent **bruyante, profonde et rapide** (souvent appelée "gasp" ou "inspiration de survie").

Syncope Hypoxique

Pourquoi l'hyperventilation peut entraîner une syncope en apnée ?

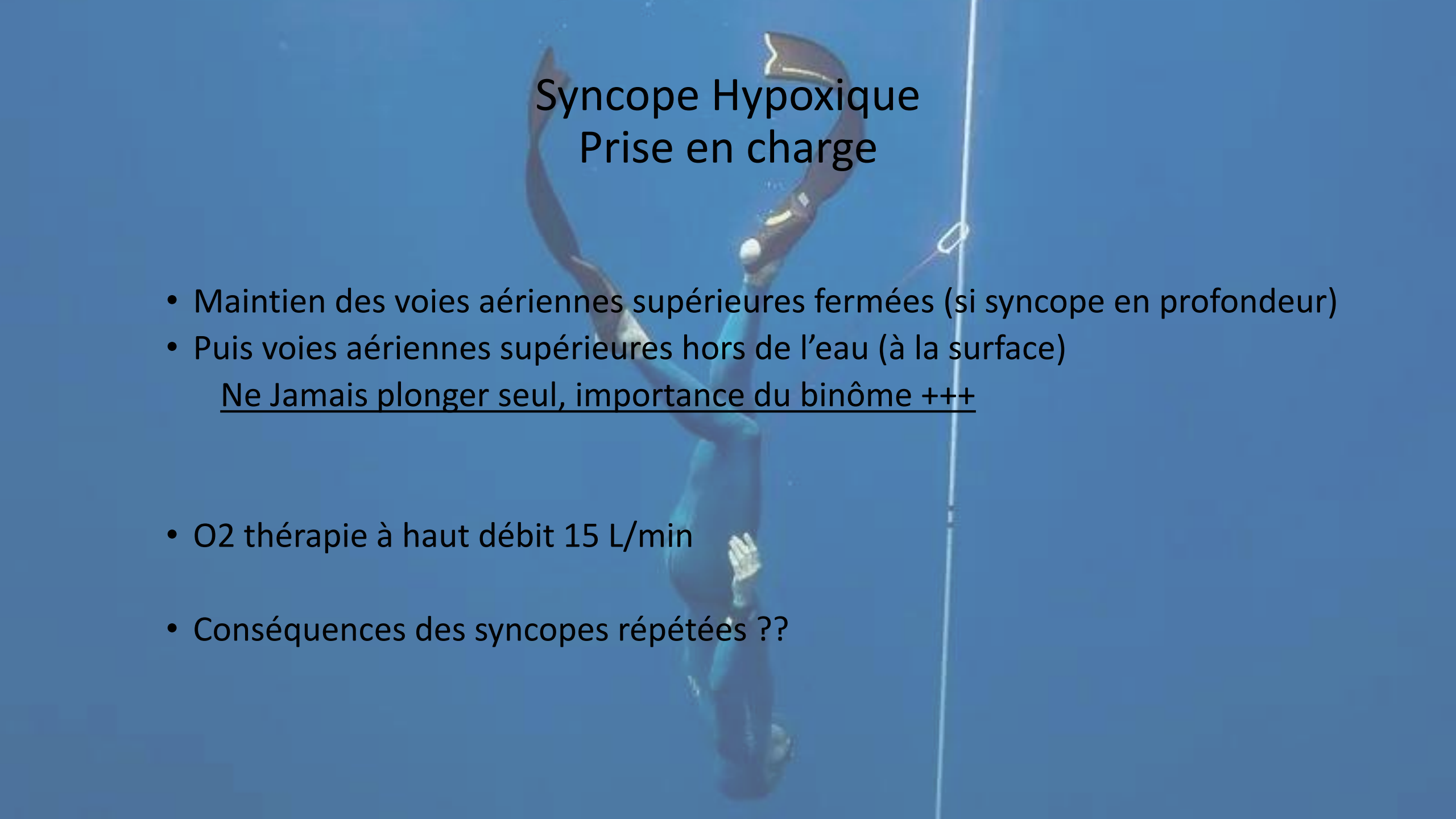
1. L'hyperventilation abaisse la PCO_2

2. Le CO_2 est le principal déclencheur du réflexe respiratoire

- Ce n'est **pas l'hypoxie** qui donne envie de respirer, **mais l'augmentation** de la pression partielle de CO_2 dans le sang.
- Donc si le CO_2 est trop bas, le **stimulus de respiration est retardé**.

3. Risque : hypoxie silencieuse

- Pendant l'apnée, l' O_2 continue à baisser... mais le CO_2 met plus de temps à remonter.
- Résultat : **l'envie de respirer survient trop tard, après que l' O_2 soit déjà trop bas**.
- Cela provoque une **perte de connaissance brutale** : c'est la **syncope hypoxique**.



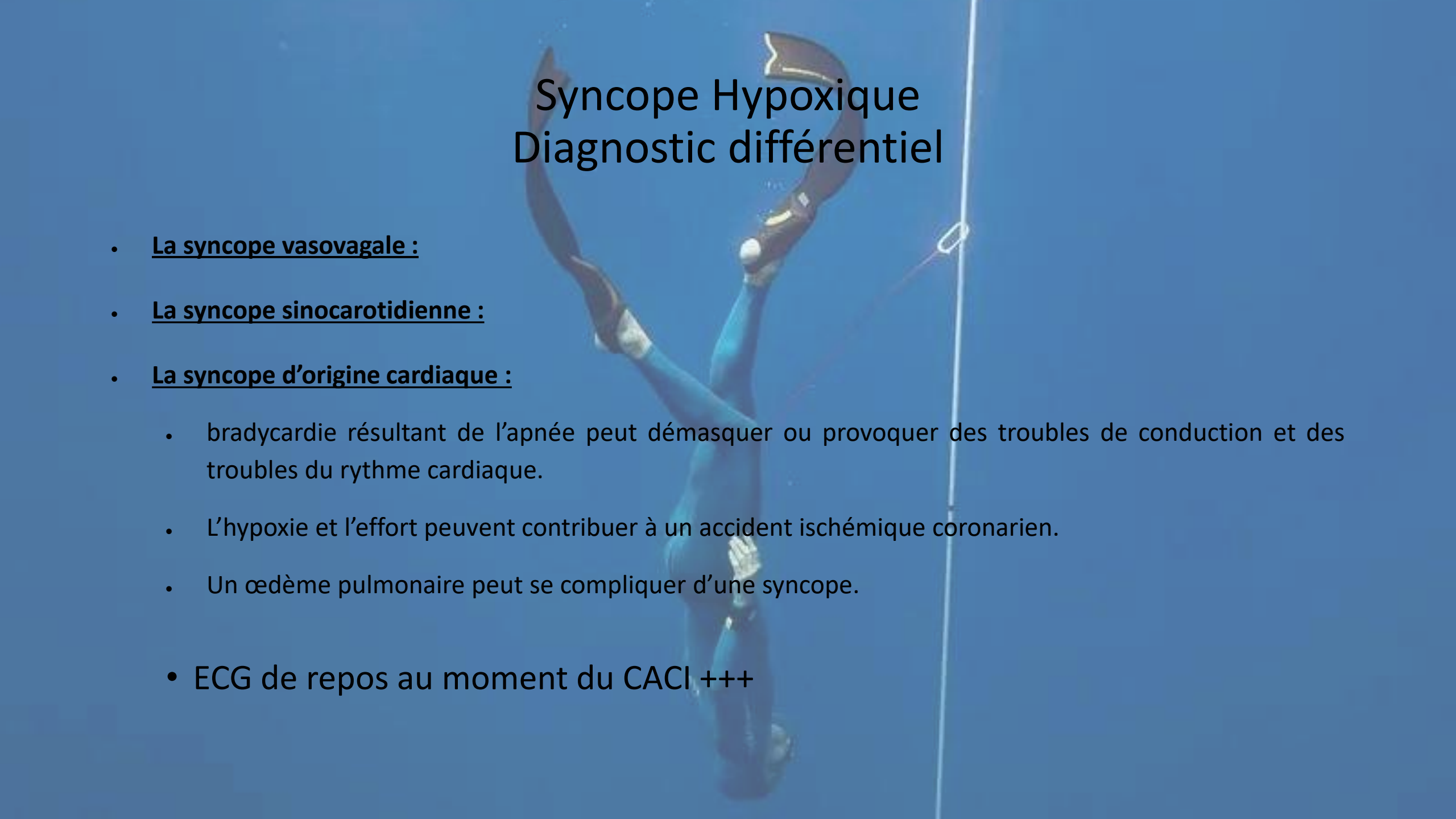
Syncope Hypoxique

Prise en charge

- Maintien des voies aériennes supérieures fermées (si syncope en profondeur)
- Puis voies aériennes supérieures hors de l'eau (à la surface)

Ne Jamais plonger seul, importance du binôme +++

- O₂ thérapie à haut débit 15 L/min
- Conséquences des syncopes répétées ??



Syncope Hypoxique

Diagnostic différentiel

- La syncope vasovagale :
- La syncope sinocarotidienne :
- La syncope d'origine cardiaque :
 - bradycardie résultant de l'apnée peut démasquer ou provoquer des troubles de conduction et des troubles du rythme cardiaque.
 - L'hypoxie et l'effort peuvent contribuer à un accident ischémique coronarien.
 - Un œdème pulmonaire peut se compliquer d'une syncope.
- ECG de repos au moment du CACI +++

Signes de focalisation neurologiques après une plongée en apnée

Taravana

- Taravana « Tomber fou »

- nausées, vertiges, angoisse, perte de connaissance, paralysies, cécité, et même parfois décès.
- A long terme des démences étaient décrites chez ces plongeurs

Les îles où traditionnellement l'intervalle entre deux apnées est plus long ne connaissent pas cette maladie.

- Des calculs théoriques à partir des tables de décompression établies pour la plongée scaphandre :
désaturation incomplète : Accident de Désaturation ? CEREBRALE (pas d'accident médullaire)
 - répétition des apnées
 - intervalle en surface entre deux apnées trop court

Signes de focalisation neurologiques après une plongée en apnée

Taravana

Prise en Charge

- La prise en charge est celle des ADD en plongée scaphandre : O₂ normobare 15l/mn, hydratation, transfert vers une unité hyperbare



Accidents neurologiques en apnée : Taravana

Prévention

- on ne fait qu'une plongée profonde par sortie (70m c'est profond)
- si on fait « une profonde », on ne multiplie pas les apnées d'échauffement
- pas d'apnée après une apnée profonde
- pas d'effort après une apnée profonde
- pas de plongée profonde quand on a froid (préférez 5 ou 6 fois 25m en poids constant)
- pas de profonde quand on est fatigué, contrarié, tendu ...
- pas d'apnée profonde en fin de séance
- lâchez la gueuse ou le parachute ascensionnel vers les 20/25m et finissez tranquillement
- ne faites pas des progressions en profondeurs trop rapides
- buvez régulièrement avant pendant et après la sortie
- signalez le moindre problème après une apnée profonde
- laissez au moins un jour de repos entre deux entraînements profonds (24h) –
- ne restez pas au fond, décollez rapidement, vous serez moins saturé »

Signes de focalisation neurologiques après une plongée en apnée

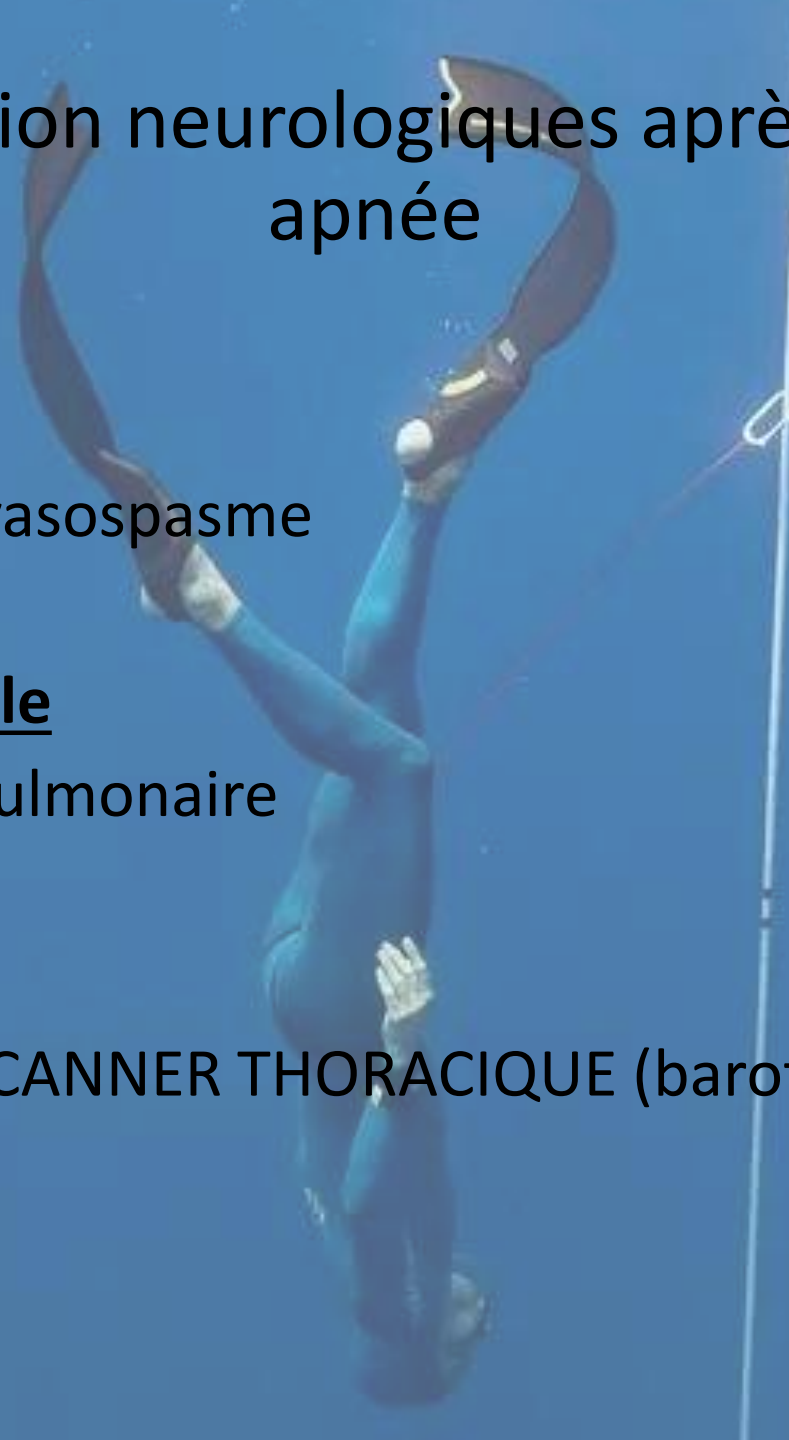
AVC

- Hypoxie cérébrale par vasospasme

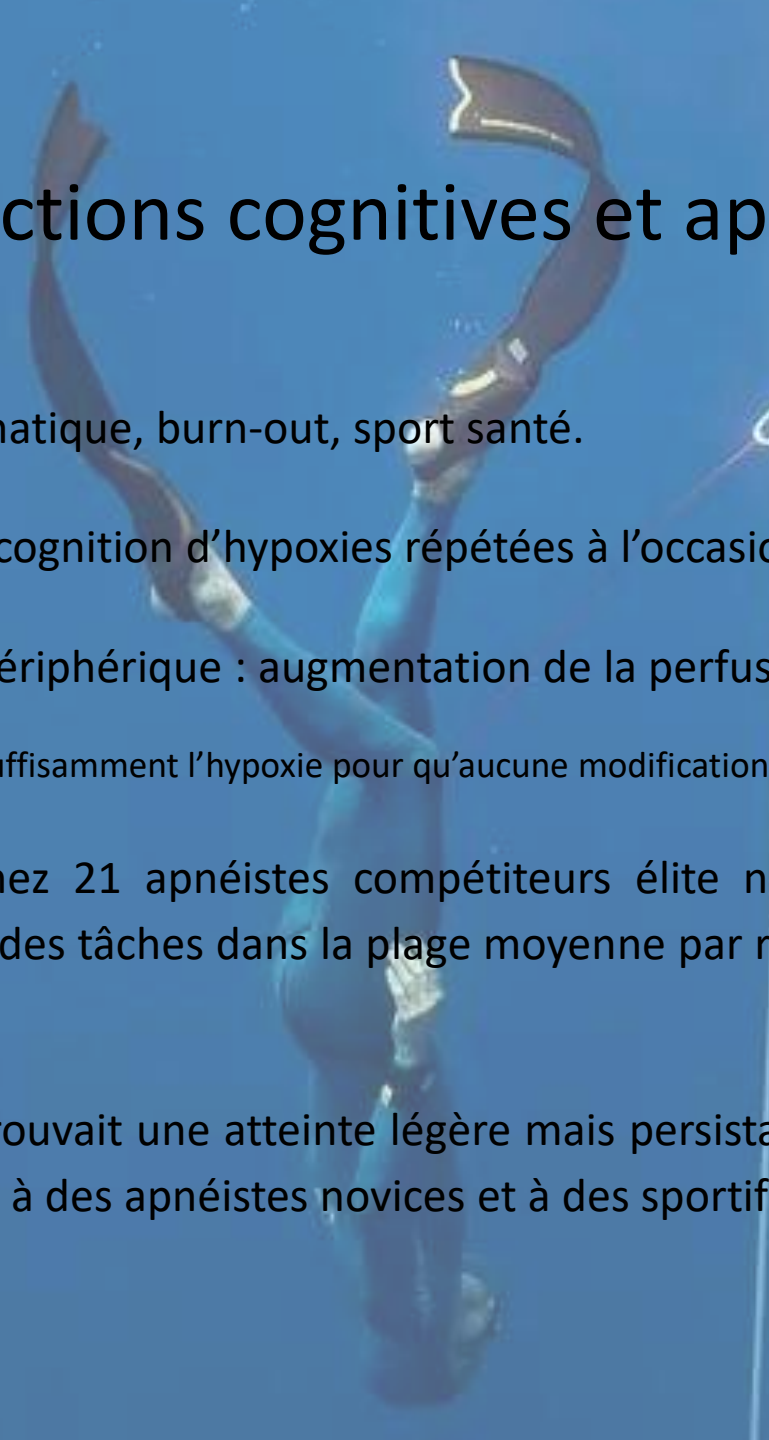
Embolie gazeuse cérébrale

- Sur Barotraumatisme pulmonaire

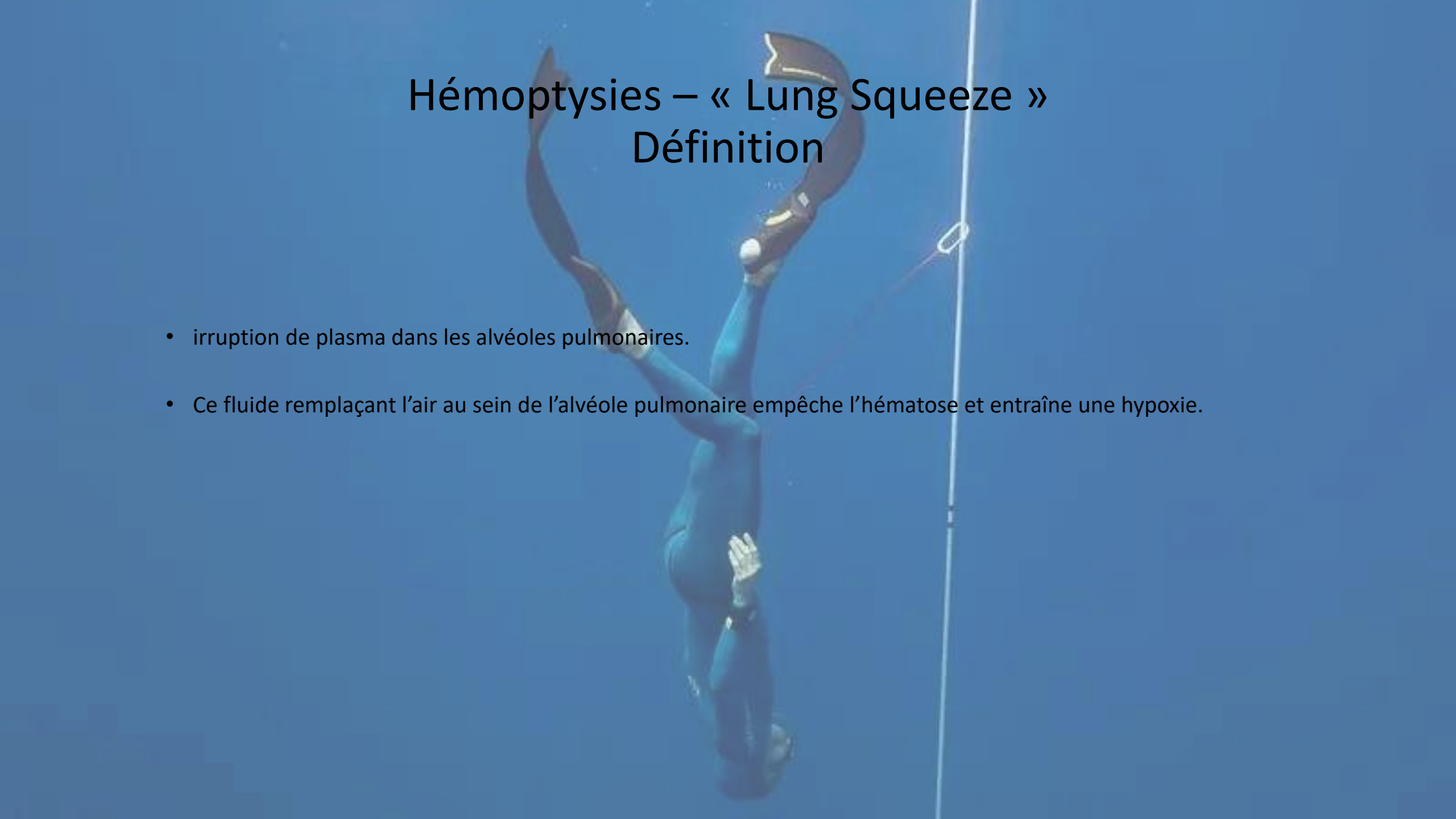
SCANNER CEREBRAL et SCANNER THORACIQUE (barotraumatisme pulmonaire ?)



Fonctions cognitives et apnée

A diver in a blue wetsuit and fins is suspended in the water, holding a vertical rope. The diver is upside down, with their head near the bottom of the frame and feet near the top. The background is a clear blue sky.

- Rôle favorable : stress post traumatique, burn-out, sport santé.
- Mais quand est-il de l'effet sur la cognition d'hypoxies répétées à l'occasion d'apnées ?
- bradycardie et vasoconstriction périphérique : augmentation de la perfusion cérébrale .
 - apnées jusqu'à 5 minutes : limiter suffisamment l'hypoxie pour qu'aucune modification de l'activité cérébrale ne soit détectée.
- L'étude de Ridgway en 2006 chez 21 apnéistes compétiteurs élite ne retrouvait pas d'atteinte : « les plongeurs en apnée ont effectué des tâches dans la plage moyenne par rapport aux normes de tous les tests ».
- L'étude de F. Billaut en 2018 retrouvait une atteinte légère mais persistante de la mémoire immédiate chez des apnéiste confirmés comparés à des apnéistes novices et à des sportifs non apnéistes.



Hémoptysies – « Lung Squeeze » Définition

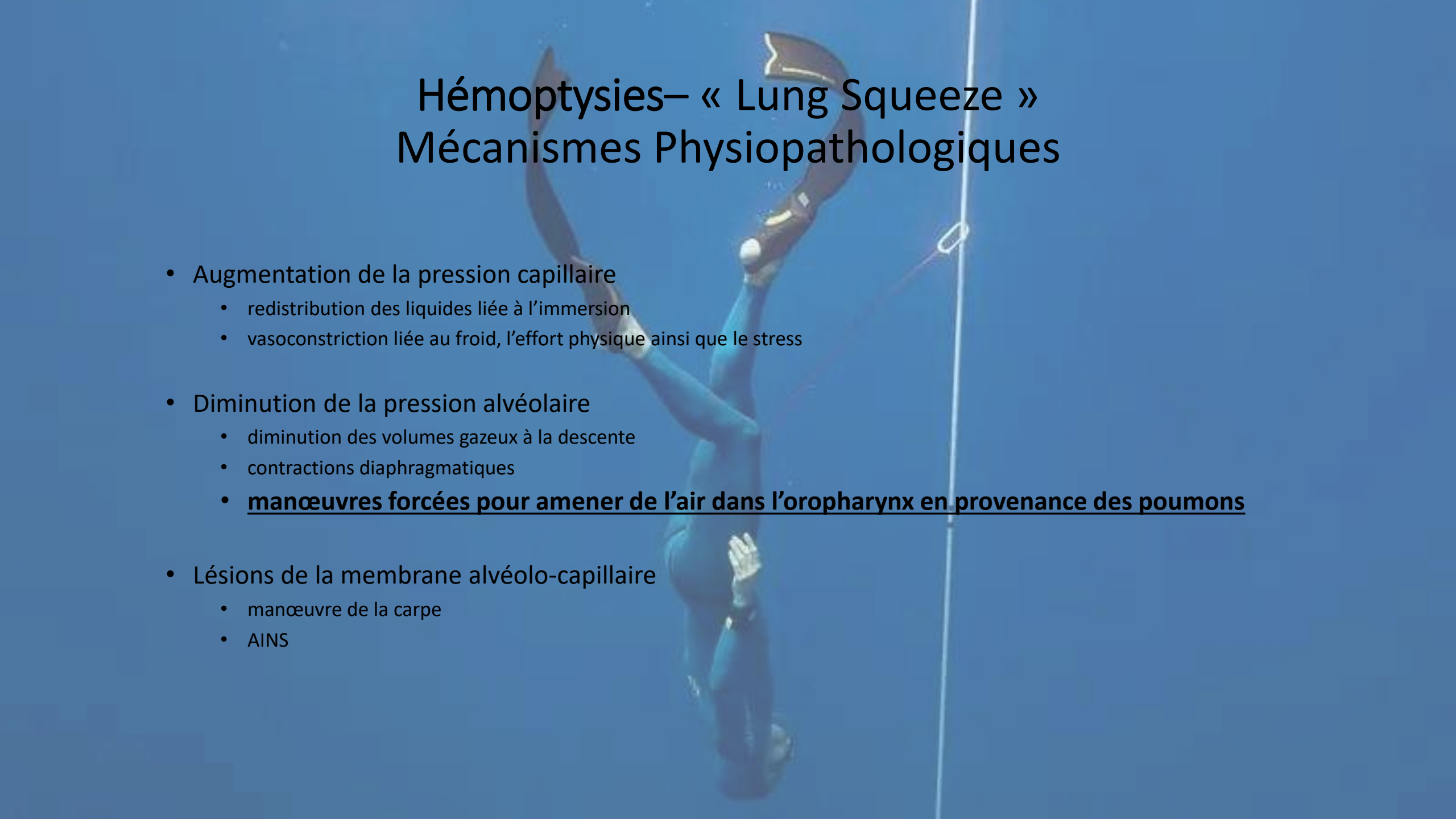
- irruption de plasma dans les alvéoles pulmonaires.
- Ce fluide remplaçant l'air au sein de l'alvéole pulmonaire empêche l'hématose et entraîne une hypoxie.

Hémoptysies– « Lung Squeeze »

Présentation clinique

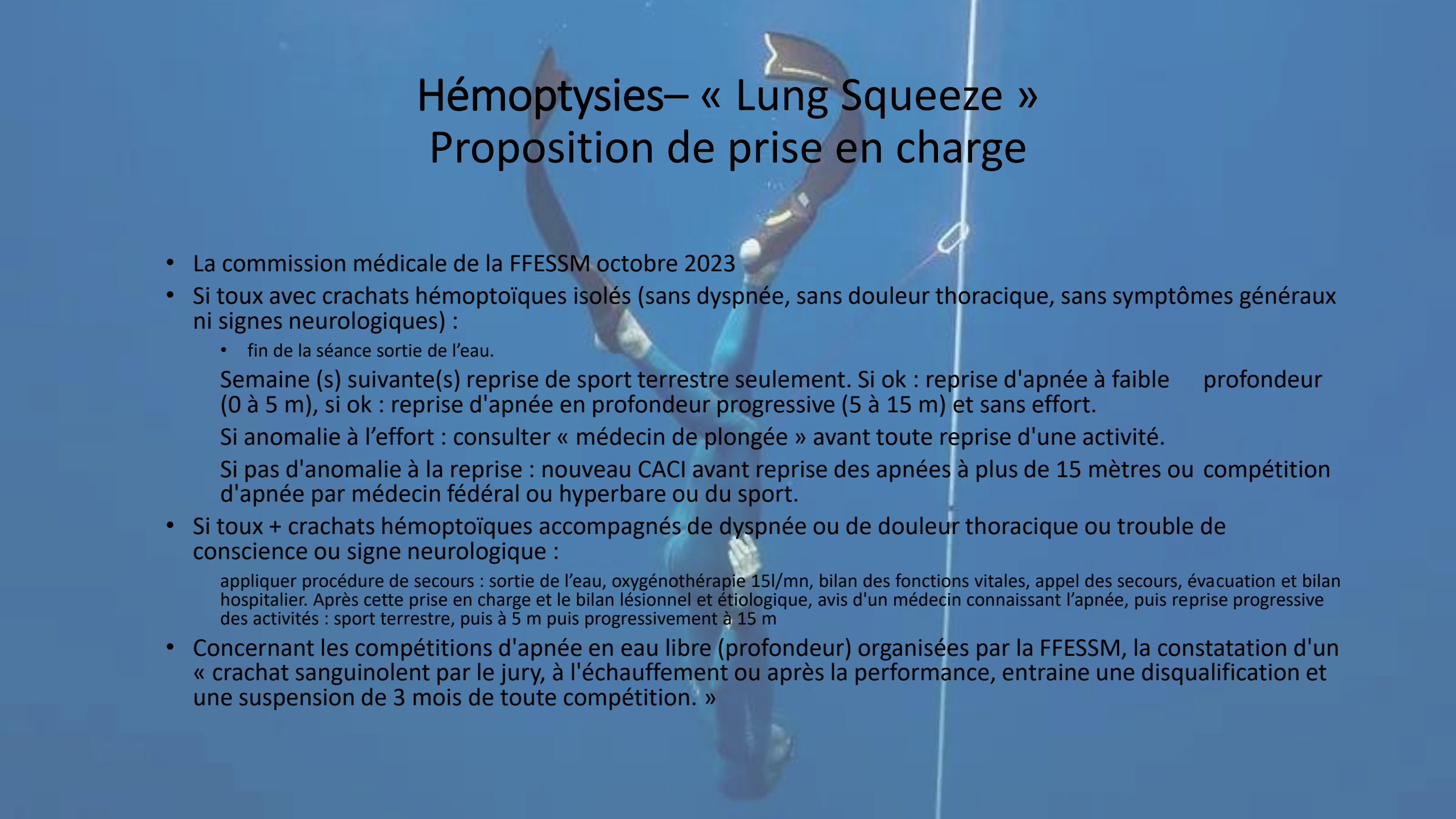
- gêne laryngée
- Dyspnée
- Toux
- Crachats hémoptoïques - Hémoptysie
- Douleur thoracique
- Evolution en œdème aigu du poumon - arrêt cardio-respiratoire.





Hémoptyses– « Lung Squeeze » Mécanismes Physiopathologiques

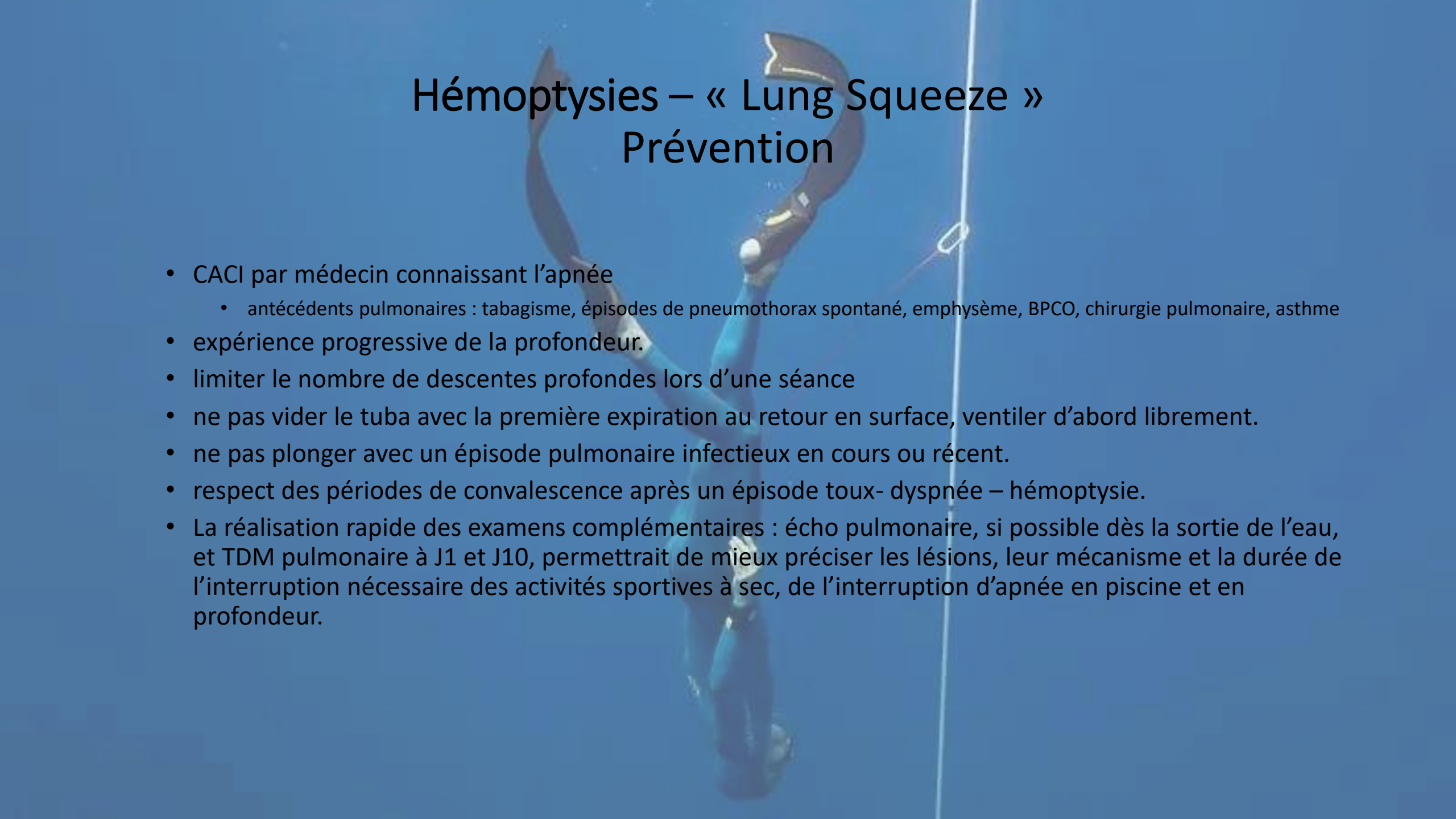
- Augmentation de la pression capillaire
 - redistribution des liquides liée à l'immersion
 - vasoconstriction liée au froid, l'effort physique ainsi que le stress
- Diminution de la pression alvéolaire
 - diminution des volumes gazeux à la descente
 - contractions diaphragmatiques
 - **manœuvres forcées pour amener de l'air dans l'oropharynx en provenance des poumons**
- Lésions de la membrane alvéolo-capillaire
 - manœuvre de la carpe
 - AINS



Hémoptysies– « Lung Squeeze »

Proposition de prise en charge

- La commission médicale de la FFESSM octobre 2023
- Si toux avec crachats hémoptoïques isolés (sans dyspnée, sans douleur thoracique, sans symptômes généraux ni signes neurologiques) :
 - fin de la séance sortie de l'eau.Semaine (s) suivante(s) reprise de sport terrestre seulement. Si ok : reprise d'apnée à faible profondeur (0 à 5 m), si ok : reprise d'apnée en profondeur progressive (5 à 15 m) et sans effort.
Si anomalie à l'effort : consulter « médecin de plongée » avant toute reprise d'une activité.
Si pas d'anomalie à la reprise : nouveau CACI avant reprise des apnées à plus de 15 mètres ou compétition d'apnée par médecin fédéral ou hyperbare ou du sport.
- Si toux + crachats hémoptoïques accompagnés de dyspnée ou de douleur thoracique ou trouble de conscience ou signe neurologique :
appliquer procédure de secours : sortie de l'eau, oxygénothérapie 15l/mn, bilan des fonctions vitales, appel des secours, évacuation et bilan hospitalier. Après cette prise en charge et le bilan lésionnel et étiologique, avis d'un médecin connaissant l'apnée, puis reprise progressive des activités : sport terrestre, puis à 5 m puis progressivement à 15 m
- Concernant les compétitions d'apnée en eau libre (profondeur) organisées par la FFESSM, la constatation d'un « crachat sanguinolent par le jury, à l'échauffement ou après la performance, entraîne une disqualification et une suspension de 3 mois de toute compétition. »



Hémoptysies – « Lung Squeeze » Prévention

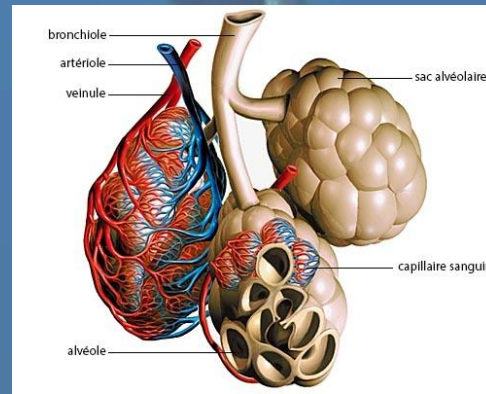
- CACI par médecin connaissant l'apnée
 - antécédents pulmonaires : tabagisme, épisodes de pneumothorax spontané, emphysème, BPCO, chirurgie pulmonaire, asthme
- expérience progressive de la profondeur.
- limiter le nombre de descentes profondes lors d'une séance
- ne pas vider le tuba avec la première expiration au retour en surface, ventiler d'abord librement.
- ne pas plonger avec un épisode pulmonaire infectieux en cours ou récent.
- respect des périodes de convalescence après un épisode toux- dyspnée – hémoptysie.
- La réalisation rapide des examens complémentaires : écho pulmonaire, si possible dès la sortie de l'eau, et TDM pulmonaire à J1 et J10, permettrait de mieux préciser les lésions, leur mécanisme et la durée de l'interruption nécessaire des activités sportives à sec, de l'interruption d'apnée en piscine et en profondeur.

Hémoptyxies– « Lung Squeeze »

Le Blood Shift : définition

Le **blood shift** (ou **redistribution sanguine**) : **mécanisme d'adaptation** du corps humain à l'**immersion profonde en apnée**. Il fait partie du **réflexe d'immersion** (ou réflexe de plongée), et permet de **protéger les poumons et le cœur** lors de plongées à grande profondeur.

- Le **blood shift** : **déplacement de sang depuis la périphérie vers les cavités thoraciques** (poumons, cœur) pour **compenser l'écrasement pulmonaire** lié à la pression hydrostatique.
- Les **capillaires pulmonaires se dilatent fortement et se remplissent davantage de sang** :
 - Compense la **diminution du volume d'air** dans les poumons (écrasement dû à la pression).
 - Crée une **pression interne qui soutient mécaniquement les alvéoles**, les empêchant de s'effondrer.



Barotraumatismes

A diver in a blue wetsuit and fins is shown upside down in clear blue water. The diver is holding a rope that runs vertically along the right side of the frame. The diver's arms are extended upwards, and their legs are also extended upwards. The background is a solid blue color, representing the water.

- Barotraumatismes de l'oreille moyenne
- Vertige alternobarique
- Barotraumatismes dentaires
- Barotraumatismes sinusiens
- Barotraumatisme pulmonaire
- Le placage de masque

Accidents Traumatiques



Certificat médical d'Absence de Contre - indications

- Interrogatoire

- Antécédents, traitement en cours

- Examen clinique

- Cardiopulmonaire
- Neurologique
- Vestibulaire
- Examen otoscopique

- Paraclinique

- ECG de repos avec grille de lecture
- Bilan biologique NFS plaquettes, glycémie



	Contre-indications définitives	Contre-indications temporaires
	V = poids constant O = piscine	
CARDIOLOGIQUES	Cardiopathie congénitale, insuffisance cardiaque, CMI, pathologie à risque syncopal (valvulopathies type Rao, RM), tachycardie paroxystique, BAV 2/3 non appareillé AVC, HTA non contrôlée après épreuve d'effort	HTA, IDM récent, angor, péricardite, stent vasculaire
ORL	V/O trachéostomie, évidement pétro-mastoïdien, perforation tympanique résiduelle, déficit vestibulaire non compensé V otospongiose opérée, ossiculoplastie, cophose unilatérale	Syndrome vertigineux, perforation tympanique, obstruction tubaire, épisode infectieux
PNEUMOLOGIQUE	V/O pneumothorax spontané ou maladie bulleuse V asthme sévère, BPCO	Pleurésie, infection, trauma thoracique
OPHTALMO	Kératocône > stade 2, chirurgie oculaire récente (6 mois)	V/O décollement rétinien
NEUROLOGIE	Epilepsie, syndrome déficitaire, pertes de connaissances itératives	Trauma crânien récente avec Perte de connaissance à évaluer Hernie discale cervicale ou lombaire symptomatique
PSYCHIATRIE	Psychoses sévères, IMC	V/O alcoolisation aigue V trt antidépresseur et anxiolytique V tétanie normocalcique
HEMATOLOGIE	Thrombopénies Hémophilie Thrombopathies congénitales	
GYNECOLOGIE		V Grossesse
METABOLISMES	Diabète de type 1 et 2 (voir annexe)	
DERMATOLOGIE		Pathologies infectieuses en cours
GASTRO	V manchon anti-reflux	
CANCEROLOGIE		A évaluer au cas par cas à la fin du traitement

Quelques Conseils avant l'Apnée

- Être en bonne forme physique et psychique
- Eviter de plonger dans un contexte d'infection
- Ne pas faire d'apnée dans les 6 à 12 h qui suivent une plongée en SCUBA
- Ne pas plonger en bouteille dans les 12 h qui suivent des apnées à plus de 20 m
- Planification (montre & profondimètre ou ordinateur)
- Favoriser l'échauffement et la progressivité
- Eviter le « no warm up »
- Eviter les apnées profondes à faible volume pulmonaire
- Eviter l'hyperventilation
- Maitriser la manœuvre de la carpe
- Ne pas banaliser les contractions diaphragmatiques sur le fond
- Eviter les exercices à haute intensité lors de la remontée
- Ne pas banaliser une samba
- Avoir des temps de récupération en surface
- S'hydrater à raison de 300 cc par heure d'immersion
- Ne pas prendre d'aspirine en post – immersion