

An underwater photograph of dolphins swimming in clear blue water. The dolphins are sleek and grey, with their fins visible. The water is a deep blue, and there are some ripples and bubbles near the surface. The text 'FORMATION OPTIONELLE' and 'APNEE C1' is overlaid in a light blue, sans-serif font.

FORMATION OPTIONELLE APNEE C1

Plan du cours

- 1 - Rappels de Physique, Biochimie et Physio apnée
- 2 – les accidents
- 3 – Syncope et Samba
- 4 – Règles générales à la pratique de l'apnée

1 - Rappels

☐ Physique

- ☐ Les règles de physique
- ☐ Le rôle de la Pression à la descente
- ☐ Le rôle de la Pression à la remontée

☐ Biochimie

- ☐ Les échanges gazeux
- ☐ Les seuils d'O₂
- ☐ Les seuils de CO₂
- ☐ L'hyperventilation

☐ Physiologie : les conséquences de l'immersion

- ☐ Bradycardie
- ☐ Vasoconstriction périphérique
- ☐ Le froid
- ☐ Les conséquences de la profondeur
 - ☐ Reflux gastrique
 - ☐ Blood shift
 - ☐ Diving reflex

Rappels de Physique

Des règles de Physique conditionnent la plongée :

- ✓ Pression : Hydrostatique + atmosphérique
- ✓ Mariotte : Variation des volumes
- ✓ Dalton : Pp des gaz => Toxicité des gaz
- ✓ Henry : Dissolution des gaz dans les tissus

Rappels de Physique

La compressibilité

- ✓ Notre corps est constitué de 65% d'eau, incompressibles.
- ✓ La pression n'a de répercussion que sur les parties du corps contenant des gaz.
- ✓ Ces gaz à la pression atmosphérique ne nous causent aucun problème. Certains, peuvent devenir nocifs compressés.

Rappels de Physique

Le rôle de la pression à la descente

- Des pressions importantes sont exercées sur les régions physiques contenant un gaz.
- Le rapport Pression/Volume étant constant : comme la pression augmente, les volumes diminuent.
- La pression extérieure augmente donc la pression partielle d'O₂ augmente.

Rappels de Physique

Le rôle de la pression à la remontée

Baisse de la pression, donc :

- Augmentation des volumes.
- Baisse de la pression partielle d'O₂ dans le système cardio-vasculaire. La consommation de l'oxygène accentue cette baisse de PpO₂.

Rappels de Biochimie

Les échanges gazeux

En apnée, on s'intéresse à 2 gaz : O_2 et CO_2 .

Comparaison entre air inspiré et air expiré en situation normale sans effort

Gaz en %	Air inspiré	Air expiré
Azote (N_2)	79%	79%
Oxygène (O_2)	20,9%	15%
Gaz carbonique (CO_2)	0,03%	6%
Gaz rares	Traces	Traces

Rappels de Biochimie

Les échanges gazeux

- Au niveau des alvéoles pulmonaires : échanges gazeux permanents.
- Au niveau des cellules :
 - consommation d'O₂
 - production de CO₂
- Le CO₂ endogène (produit par notre corps) joue un rôle important dans la physiologie de l'apnée.
- L'azote, transporteur d'O₂, devra être restitué.

Rappels de Biochimie

Les différents seuils d'O₂

□ **Normoxie :** Pa O₂ = 100 mmHg

Etat du sang contenant une quantité normale d'oxygène.

□ **Hypoxie :** 30 mm Hg < Pa O₂ < 90 mm Hg

Diminution faible de la quantité d'O₂ contenue dans le sang ne permettant plus une activité normale.

à 40 mm Hg : trouble du jugement critique

à 50 mm Hg : trouble de la mémoire

□ **Anoxie :** Pa O₂ < 30 mm Hg

Diminution franche de la quantité d'O₂ ne permettant plus la survie.

Rappels de Biochimie

Les différents seuils de CO_2

□ **Normocapnie :** $\text{Pa CO}_2 = 40 \text{ mm Hg}$

Taux normal de CO_2 dissout dans le sang.

□ **Hypocapnie :**

Cas de l'hyperventilation.

Diminution de la Pa du CO_2 dissout dans le plasma sanguin.

□ **Hypercapnie :** $\text{Pa CO}_2 > 60 \text{ mm Hg}$

CO_2 du sang artériel.

- Augmentation de la Pa de CO_2 dissout dans le plasma sanguin.
- Est due à l'arrêt de la ventilation

Rappels de Biochimie

Le mécanisme de l'hyperventilation

- Le besoin de respirer est déclenché par le CO_2 .
- C'est la concentration dans le plasma en CO_2 qui assure l'alerte en cas de blocage de la respiration.
- En cas d'hyperventilation :
 - pour des raisons de vitesse de diffusion, la chute du taux de CO_2 est plus importante que la modification du taux d' O_2 .
 - l'apnéiste se retrouve à court d'oxygène avant que le taux de CO_2 n'ait suffisamment augmenté pour entraîner le réflexe ventilatoire.

Physio en apnée

La bradycardie : c'est quoi?

- L'immersion provoque une diminution du rythme cardiaque : c'est la bradycardie.
- Phénomène physiologique lié :
 - à la mise en tension des récepteurs pulmonaires
 - à l'immersion par des récepteurs cutanés

Leurs « messages » sont véhiculés par le nerf trijumeau.

- Ces récepteurs thermiques cutanés sont disséminés sur l'ensemble de la peau.

Particulièrement abondants au niveau de la face, ils entraînent une bradycardie réflexe. Celle-ci débute dès les premières secondes de l'immersion en apnée et atteint son intensité maximale à partir de la 20^{ème} seconde d'immersion.

Physio en apnée

La bradycardie : le visage

La zone péribuccale est plus sensible que le pourtour des narines.

Avec le port du masque :

- Le pourtour des narines est hors de l'eau
- La zone péribuccale quant à elle est bien immergée

⇒ De nombreux apnéistes ne portent pas de masque pour conserver la sensibilité des narines à l'eau et au froid dans le but d'accroître leur bradycardie réflexe.

- Cette bradycardie d'immersion est surtout liée à la température de l'eau : elle est d'autant plus importante que l'eau est froide, mais le contact avec l'eau joue également un rôle.
- Même avec de l'eau à neutralité thermique, l'immersion de la face produit une bradycardie.

Rappels de Physio en apnée

La bradycardie : rôle

Objectif de la bradycardie :

- Minimiser la consommation d'énergie pour les organes non strictement indispensables au maintien de la vie, au bénéfice des organes essentiels : cœur, cerveau et système nerveux central.

Rappels de Physio en apnée

La vasoconstriction périphérique

- ☐ Diminution du volume sanguin.
- ☐ Augmentation de la pression artérielle.
- ☐ Notre plasma sanguin va rejeter de l'eau dans les reins (diurèse) : nous aurons bien du mal à nous empêcher d'uriner dans notre combinaison.

Rappels de Physio en apnée

Le froid

- On se refroidit 25 fois plus vite dans l'eau que dans l'air.
- L'homme ne peut survivre qu'à la condition de maintenir sa température centrale (cerveau, organes du thorax et de l'abdomen) aux alentours de 37°degrés.
- Notre organisme doit réguler son activité en permanence.
- Le frisson thermique est l'augmentation de l'activité des muscles sous-cutanés. Il peut être considéré comme un signal d'alarme.
- Quand la chair de poule se manifeste, pour économiser l'énergie, la circulation sanguine périphérique va ralentir.

Rappels de Physio en apnée

Les conséquences de la profondeur

- **Reflux gastrique et/ou œsophagien.**

Tête en bas, remontée acide (Importance de la nutrition).

- **Blood-shift**

Correspond à un ralentissement cardiaque et à une redistribution du sang dans l'organisme, par contraction des vaisseaux sanguins.

- **Accident de décompression** (ou accident de "Taranava") :

La succession d'apnées longues et profondes (de 20m à 40m) finissent par saturer l'organisme en azote.

Rappels de Physio en apnée

Le blood-shift

- Transfert du sang vers la partie supérieure du corps, en particulier le thorax.
- On estime ce transfert dû à l'immersion compris entre 500ml et 1 litre.
- Erection pulmonaire ; est interprété par l'organisme comme un accroissement de la masse sanguine.
- Correspond à un ralentissement cardiaque et à une redistribution du sang dans l'organisme, par contraction des vaisseaux sanguins.

Rappels de Physio en apnée

Le diving reflex

- ☐ Association du ralentissement de la fréquence cardiaque (bradycardie)
- ☐ D'une vasoconstriction périphérique.
- ☐ Blood-shift, transfert du sang.
- ☐ D'une diminution du débit cardiaque.

2 - Les accidents

- ☐ Œdème aigu du poumon
- ☐ Mort soudaine d'origine cardiaque
- ☐ Accidents liés au matériel
- ☐ Les accidents de décompression
- ☐ Malaise hypoglycémique
- ☐ Barotraumatismes classiques
- ☐ Autres accidents
- ☐ Prévention
- ☐ Accidents toxiques :
 - ☐ Rappel : métabolisme aérobie
 - ☐ Noyade due à l'hypercapnie
 - ☐ Noyade due à l'hyperoxie et l'hypercapnie
 - ☐ Noyade : conduite à tenir

Les accidents

Œdème aigu du poumon

□ Circonstances :

- Pendant la descente ou à plus de 35m.
- Peut survenir lorsqu'il y a une interruption de l'entraînement.

□ Mécanisme :

- Afflux sanguin vers la circulation pulmonaire lié à la dépression thoracique (blood shift).
- Si le cœur ne peut pas y faire face, intrusion de liquides/sang dans les alvéoles.

□ Symptômes : Angoisses, oppression thoracique subite, douleur thoracique, perte de connaissance, syncope.

Les accidents

Mort soudaine d'origine cardiaque

☐ Circonstances :

- Peut résulter d'une extrême bradycardie ou de troubles arythmiques.
- L'effet de l'eau froide peut aggraver ces phénomènes.

☐ Conséquences :

- Ces perturbations cardiaques peuvent entraîner une syncope et par conséquent des noyades.
- Ces troubles du rythme pourraient expliquer des morts soudaines par syncope.

Les accidents

Liés au matériel

- ☐ Matériel inadapté a l'activité
- ☐ Gueuse
- ☐ Lestage
- ☐ Cordages
- ☐ Matériel habituel
- ☐ Fonctionnement et état vérifié

Les accidents

Les accidents de décompression

- Ou accident de "TARANAVA"
- La succession d'apnées longues et profondes (de 20 à 40 mètres) finissent par saturer l'organisme en azote.

Les accidents

Le malaise hypoglycémique

- Coup de fringale : manque de glucose dans le sang.
- Pouvant survenir au cours de l'apnée, surtout en eau froide.
- Incident grave en apnée, pouvant entraîner une syncope.

Les accidents

Les barotraumatismes classiques

- ☐ Le plaquage du masque.
- ☐ Barotraumatisme des oreilles.
- ☐ Le vertige alterno barrique.
- ☐ Barotraumatisme des sinus.
- ☐ Barotraumatisme des dents.
- ☐ Barotraumatisme de l'estomac.

Les accidents

Autres types

- ☐ Crampe
- ☐ Hydrocution
- ☐ Epuisement
- ☐ Noyade
- ☐ Problèmes liés au froid
- ☐ Crise cardiaque
- ☐ Dangers du milieu, faune et flore

Les accidents

La prévention

- ☐ Une bonne condition physique
- ☐ Un entraînement et équipement adapté
- ☐ Proscrire l'hyperventilation
- ☐ Une alimentation adapté à l'activité
- ☐ En surface un temps de récupération suffisant
- ☐ Disposer de la sécurité adaptée aux exercices

Les accidents toxiques

Rappel : le métabolisme aérobie

- L'organisme a besoin d'énergie pour fonctionner.
- L'énergie, est fournie par l'oxydation des réserves en glucides et lipides en présence d'oxygène (de façon majoritaire).
 - > apparition du CO_2 (essentiellement éliminé par les poumons).
 - > augmentation du taux de CO_2 dans le sang (=hypercapnie)
 - > action sur les centres respiratoires situés au niveau du bulbe rachidien provoquant l'envie de respirer.
- Apparition d'une inspiration réflexe si l'envie de respirer n'est pas satisfaite à partir du moment où la Pp CO_2 dépasse le seuil critique.

Les accidents toxiques

Noyade liée à l'hypercapnie

- Lorsque les efforts sont très importants et que le sujet lutte contre son envie de respirer, le seuil critique de la $P_p \text{CO}_2$ est dépassé et une apnée réflexe se produit.
- C'est une noyade primaire, car le sujet reste conscient.
- Cet accident survient à faible profondeur.
- Par exemple chez les nageurs qui essaient de "faire des longueurs" sous l'eau dans une piscine dont la profondeur varie entre 1 et 3 mètres.

Les accidents toxiques

Noyade liée à l'hypoxie et l'hypercapnie

- A la longue, l'oxygène est consommé donc la PpO_2 baisse et la $PpCO_2$ augmente. L'envie de respirer est retardée en raison de l'hyperventilation.
- A la remontée, la PpO_2 diminue brutalement et tombe sous le seuil critique en dessous duquel survient une syncope, qui va aboutir à une noyade secondaire.
- C'est la fameuse théorie du rendez-vous syncopal des 7 mètres du Dr SCIARLI.

Les accidents

Noyade : conduite à tenir et prévention

- Conduite à tenir : sortir la victime de l'eau le plus rapidement possible en obturant les voies aériennes.
-> voir PSC1 / RIFAA
- Prévention :
 - Ne pratiquer l'apnée que sous surveillance en surface, en binôme.
 - Bannir la notion de record.
 - Avoir une bonne condition physique et psychologique.
 - Avoir un lestage adapté.
 - Avoir une cagoule qui ne serre pas trop le cou.
 - Ne pas pratiquer d'hyperventilation.

3 - Syncope et Samba

- ☐ Syncope
 - ☐ Définition
 - ☐ Mécanisme
 - ☐ Processus
 - ☐ Causes possibles
- ☐ Reflexe respiratoire
- ☐ Samba
 - ☐ Définition et mécanisme
 - ☐ Description
 - ☐ Causes possibles
- ☐ Sécurité
 - ☐ Signes à reconnaître
 - ☐ Signes au fond
 - ☐ Signes en surface
 - ☐ Rôle du coéquipier
 - ☐ Intervention en immersion
 - ☐ Intervention en surface

La syncope

Définition

- Perte de connaissance brutale et complète liée à une soudaine anoxie cérébrale.
- Symptômes : pâleur extrême et généralement arrêt respiratoire.
- Provoquée par une pause cardiaque :
 - une bradycardie ou une tachycardie excessive
 - une hypotension artérielle
- Déclenchée lorsque le taux d'oxygène sanguin dans le cerveau passe en dessous d'une certaine limite (hypoxie).

La syncope

Mécanisme

- Privé d'énergie, le cerveau coupe le contact sans prévenir.
- Le corps se met en sommeil face à la situation de détresse.
 - ⇒ survient si l'apnéiste prolonge son apnée de façon irraisonnée en ignorant les alertes physiques.
- Une syncope peut arriver à tout moment lors d'une apnée : dès le début, au milieu ou en fin d'apnée.

La syncope

Mécanisme

- La syncope provoque normalement un spasme réflexe du larynx et de l'épiglotte.
 - ⇒ elle reste contractée en position fermée, empêchant ainsi l'eau d'envahir les poumons et évitant la noyade.
 - ⇒ Cette contraction musculaire finira par se relâcher d'elle même en raison de l'hypoxie croissante entraînant la noyade.
- L'ordre de durée de ce spasme est d'environ deux minutes, variant selon les cas.
 - ⇒ si l'apnéiste n'est pas secouru suffisamment tôt, la mort par noyade ou œdème pulmonaire est inévitable.

La syncope

Mécanisme

- L'hyper-extension des cervicales, peut transmettre au cerveau de mauvaises informations et provoquer une syncope.
- Une hypoxie poussée au seuil de la syncope engendre perte de mémoire, trouble des jugements critiques et troubles visuels.
- L'apnéiste syncopé aura oublié les 10 à 30 secondes qui précèdent l'accident et sera ainsi persuadé n'avoir jamais eu de problème.

La syncope

Processus

L'immersion provoque une bradycardie.



Si hyperventilation et si ventilation forcée :

- CO₂ diminue
- O₂ reste pratiquement constant



Si l'immersion se prolonge, l'hypoxie conduit le corps à déclencher une perte de connaissance appelée syncope.

La syncope

Causes possibles

- L'hyper-extension des cervicales, peut transmettre au cerveau de mauvaises informations et provoquer une syncope.
- Une hypoxie poussée au seuil de la syncope engendre perte de mémoire, trouble des jugements critiques et troubles visuels.
- L'apnéiste syncopé aura oublié les 10 à 30 secondes qui précèdent l'accident et sera ainsi persuadé n'avoir jamais eu de problème.

Le besoin reflexe de respirer

Mécanisme

L'envie de respirer dépend du taux de CO_2 dans le sang :

- ⇒ si ce taux est trop élevé : le corps provoque des tentatives d'inspiration involontaires au niveau du diaphragme (spasmes).

Si l'immersion est prolongée :

- ⇒ Hypoxie déclenchant une perte de connaissance (syncope).

Les échanges gazeux (O_2 et CO_2) continuent .

- ⇒ Le plongeur sans connaissance produit du CO_2
- ⇒ Augmentation de la concentration de CO_2
- ⇒ Atteinte du seuil de CO_2 déclenchant des mouvements respiratoires.

Si le mouvement reflexe de reprise de respiration se fait sous l'eau :

- ⇒ mort par noyade ou œdème pulmonaire traumatique.

La Samba

Définition et mécanisme

- Terme propre aux apnéistes qui distinguent clairement la samba des syncopes ou pertes de connaissance vraies.
- Survient :
 - Lors des dernières secondes d'apnée ou en surface en fin d'apnée.
 - Sans signes avant-coureurs.
 - 20 à 30 s après la sortie d'apnée malgré une reprise respiratoire. La victime fait alors « le bouchon » puis s'immobilise en flottant sur le ventre, tête immergée.

- Mécanisme :

Entre l'inspiration et l'arrivée de sang oxygéné dans l'encéphale, il s'écoule plus de 5 secondes :

⇒ PpO_2 continue à décroître donc l'hypoxie cérébrale à s'aggraver.

La Samba

Description

□ Description :

- ⇒ PCM (perte du Contrôle Moteur) ; perte d'intégrité motrice à type de saccades incontrôlées.
- ⇒ pas de perte de conscience.
- ⇒ récupération immédiate et sans séquelle.
- ⇒ mouvement saccadé de la tête rappelant celui de la danse.
- ⇒ peut parfois tourner à la syncope.

□ Avec la syncope, la Samba fait partie des 2 incidents les plus courants lors des entraînements en apnée.

La Samba

Causes possibles

- ☐ Matériel inadapté.
- ☐ Troubles du rythme cardiaque.
- ☐ Hypertension artérielle, hypotension artérielle.
- ☐ Hypercapnie, L'Hypercapnie lente.
- ☐ Hypoglycémie
- ☐ Hypoxie.
- ☐ Bradycardie.
- ☐ Choc, malaises, peur, panique, alcool.
- ☐ Reflux, gastro-œsophagien.
- ☐ Digestion, grande consommatrice d'oxygène (vrai dans toutes les activités).

Détecter une syncope

Signes au fond

- ☐ Envie de respirer, spasmes du diaphragme.
- ☐ Picotements, sensations de flottement, excitation.
- ☐ Fourmillement des extrémités.
- ☐ Vision : brouillée, rétrécissement du champ visuel.
- ☐ Lourdeur, chaleur des cuisses
- ☐ Lâcher de bulles.
- ☐ Mouvements désaccordés et/ou modification du palmage :
 - Accélération ou immobilité
 - Trajectoire déviée ou en zigzag
 - Position anormale.

Détecter une syncope

Signes en surface

- ☐ Redescente si trop de lestage.
- ☐ Bleuissement des lèvres et des extrémités, ou blancheur anormale.
- ☐ Pas de reprise respiratoire.
- ☐ Tremblements et/ou gesticulations.
- ☐ Difficultés à se situer dans l'espace.
- ☐ Troubles du comportement, pas de réponse aux signes de surveillance connus.
- ☐ Tremblements (samba).
- ☐ Difficultés à parler.
- ☐ Difficultés à retirer son masque.
- ☐ Difficultés à tenir sa tête droite, regard hagard.

Sécurité

Rôle du coéquipier/binôme

- Rôle essentiel pour faire sortir la tête de l'eau en cas de syncope.
- Doit intervenir dans les plus brefs délais.
- Importance de la formation et des niveaux des binômes.
- Un binôme efficace doit garder un contact visuel durant toute la durée de l'apnée
 - ⇒ le contact visuel permet de détecter la perte de conscience.
- Instauration d'un dialogue oral en sortie d'apnée.
 - ⇒ s'imposer un court échange oral en sortie d'apnée oblige à faire un cycle ventilatoire ; après un cycle ventilatoire la probabilité de syncope très faible.

Sécurité

Intervention en immersion

- ☐ Le syncopé doit être immédiatement sorti de l'eau.
- ☐ Penser à larguer la ceinture ou tout système de plombage.
- ☐ Maintenir les voies respiratoires fermées jusqu'au retour en surface.
- ☐ Une fois stabilisé, le bouche à nez ou bouche à bouche doit être prodigué : 2 insufflations.
- ☐ Intervention en surface
- ☐ Les voies aériennes doivent être dégagées (masque, pince nez...).

Sécurité

Intervention en surface

- Il faut pouvoir soutenir l'apnéiste pour qu'il ne coule pas durant cette phase critique, et maintenir hors de l'eau les voies aériennes supérieures de la victime.
- Souffler sur le visage ou le nez est un stimulus de reprise ventilatoire.
- Dans 90% des cas, le syncopé reprend ses esprits immédiatement.
- Le spasme réflexe du larynx et de l'épiglotte empêche parfois l'air d'être insufflé dans les poumons de la personne inconsciente.

4 - Règles générales à la pratique de l'apnée

- ☐ Prévention
- ☐ Protocole de sortie
- ☐ Maîtrise des cycles ventilatoires
- ☐ Equilibrer les oreilles

Règles générales

Prévention

- ☐ Travailler la relaxation et la ventilation.
- ☐ Ne pas se fixer d'objectif à atteindre à tout prix.
- ☐ Progresser petit à petit.
- ☐ Savoir écouter son corps.
- ☐ Ne pas dépasser les limites annoncées.

Règles générales

Protocole de sortie d'apnée

- L'apnéiste, regarde l'apnéiste de sécurité dans les yeux, masque retiré, et dit "OK, tout va bien" en regardant son binôme de sécurité pendant 30".
- Ne pas hésiter à toucher son partenaire en sortie d'apnée : permet aussi de détecter le tremblement de la samba.

Règles générales

Maitriser les cycles ventilatoires

Avant l'apnée :

- ☐ Augmenter le volume respiratoire : 2 à 3 cycles maxi.
- ☐ Forcer légèrement l'expiration : 1 à 2 cycles maxi.

Après l'après :

- ☐ En sortie d'année, souffler légèrement puis inspirer.
- ☐ Augmenter le volume respiratoire : 2 à 3 cycles maxi.
- ☐ Expiration normale (1 à 2 cycles maxi), puis reprendre une respiration normale.

Règles générales

Equilibrer les oreilles

☐ **Par déglutition.**

En avalant sa salive on ouvre les trompes d'Eustache.

☐ **Méthode de VALSALVA.**

Réalisée en se pinçant les narines et soufflant par le nez.

⇒ ne doit jamais être effectuée en remontant.

⇒ présente l'inconvénient d'être brutale ; en entraînant une augmentation de la pression intra pulmonaire, elle peut provoquer une variation de la tension artérielle et du rythme cardiaque.

Règles générales

Equilibrer les oreilles

□ La béance tubaire volontaire (BTV).

Cette technique nécessite la prise de conscience de la position des muscles du voile et du pharynx pendant l'ouverture des trompes d'Eustache.

⇒ Méthode idéale mais possible uniquement après entraînement et chez des plongeurs dont les trompes d'Eustache sont bien perméables.

Règles générales

Equilibrer les oreilles

□ Méthode de FRENZEL.

L'équipression est obtenue en contractant la base de la langue refoulée au maximum vers le haut et en arrière contre le voile du palais, tout en déglutissant.

⇒ Méthode plus douce que la précédente. Elle supprime le risque syncopal.

□ La méthode Toynbee : à la remontée.

An underwater photograph showing three dolphins swimming in clear, deep blue water. The dolphins are sleek and grey, with visible fins. The water is bright blue, and there are some ripples and light reflections on the surface in the upper left corner. The text "Merci de votre attention" is overlaid in a light blue, sans-serif font across the middle of the image.

Merci de votre attention