

Alain FORET



4★
★
★

9^e édition

Guide de palanquée (P4)
Directeur de plongée (P5)
Monitorats

Editions GAP - Collection Sports - 2017

Sommaire

Introduction	7
Mode d'emploi	13

1^{ère} partie : Connaissances sur la plongée



UL 1: Prérogatives du guide de palanquée

Fiche n°1	La plongée en France	17
	<i>Espaces d'évolution • Aptitudes • Brevets</i>	
Fiche n°2	Les niveaux en plongée	22
	<i>Niveaux de plongeurs et d'encadrants • Prérogatives en exploration et en enseignement</i>	
	<i>Possibilités offertes à un plongeur niveau 4 • Moniteurs et instructeurs</i>	
Fiche n°3	Le directeur de plongée	27
	<i>Rôle et responsabilités • Qualifications du DP • Milieu naturel/artificiel</i>	
Fiche n°4	Visite médicale préventive	29
	<i>Etude de Cali-Corleo • Certificat médical • Durée de validité • Qualification du médecin</i>	
	<i>Première licence • Reprise après accident • A l'étranger • Assurance maladie</i>	
	<i>Directives selon les organisations (FFESSM, FSGT, ANMP, SNMP) • Tableau de synthèse</i>	
Fiche n°5	Prérogatives du plongeur niveau 4	32
	<i>Prérogatives de guide de palanquée : en exploration, comme aide aux enseignants</i>	
	<i>et pour des baptêmes en milieu artificiel • Prérogatives en autonomie, avec et sans DP</i>	
	<i>Matériel obligatoire pour les plongeurs encadrés et les plongeurs autonomes</i>	
Fiche n°6	L'équipement du guide de palanquée	35
Fiche n°7	Le guide responsable	41
	<i>La notion de palanquée • Consignes du DP et fiche de sécurité • Une adaptation aux</i>	
	<i>circonstances et aux aptitudes des plongeurs encadrés • Responsabilités et assurances</i>	
	<i>Mise en danger déléguée d'autrui • Risque accepté et obligation de moyens</i>	
	<i>Contrats d'assurance et conventions d'assistance</i>	

Test de connaissances n°1 49



UL 2: Guider sa palanquée

Fiche n°8	La conduite de palanquée	57
	<i>Briefing • Descente • Séjour au fond • Remontée • Surface • Retour au bateau</i>	
Fiche n°9	L'orientation	60
	<i>Avec repères naturels • Avec instruments • Evaluer une distance • Les différents parcours</i>	
Fiche n°10	Flottabilité et équilibre	66
	<i>Flottabilité • Lestage • Poids réel • Poussée d'Archimède • Poids apparent</i>	
Fiche n°11	Notions élémentaires sur les techniques de relevage	76
	<i>Utilisation d'un parachute de relevage</i>	
Fiche n°12	Vision subaquatique	79
	<i>Vision sans masque • Vision avec masque • Rétrécissement du champ de vision</i>	
	<i>Lentilles de contact • Placage de masque • Couleurs et profondeur • Réflexion • Réfraction</i>	
	<i>Absorption • Diffusion • Lumière artificielle • Lampes • Phares • Accus</i>	
Fiche n°13	Animaux à risques potentiels	86
	<i>Morsures • Brûlures • Piqûres • Intoxications</i>	

Fiche n°14	Autres risques du milieu	91
	<i>Courant • Eaux troubles • Grottes et tunnels • Epaves • Filets • Embarcations</i> <i>Plongées de nuit</i>	

Test de connaissances n° 2	95
---	-----------



UL 3 : Incidence de la plongée sur le système nerveux

Fiche n°15	Description et fonctionnement du système nerveux	102
	<i>Système nerveux central (encéphale, moelle épinière) • Neurones • Axones • Nerfs</i> <i>Hormones • Atteintes possibles • Importance de l'oxygène en cas d'accident</i>	

Fiche n°16	Réflexes et automatismes	105
------------	---------------------------------------	-----

Fiche n°17	Prévention de la narcose à l'azote	107
	<i>La plongée profonde • Gestion des réserves d'air • Théories lipidique et protéique</i> <i>Signes de narcose • Facteurs favorisant • Conduite à tenir • Prévention des risques</i>	

Fiche n°18	Stress et plongée	114
------------	--------------------------------	-----

Fiche n°19	Prévention de la crise d'hyperoxie	117
	<i>Limites de tolérance • Toxicité • Effet Paul Bert • Pressions partielles • Causes</i> <i>Mécanismes • Conduite à tenir • Prévention • Oxygène pur • Nitrox • CNS / OLF (ordij)</i>	

Fiche n°20	Prévention de la syncope hypoxique en scaphandre et recycleurs	124
------------	---	-----

Fiche n°21	Prévention de la syncope hypoxique en apnée	125
	<i>Définition • Mécanismes • Les risques de l'hyperventilation • L'hyperventilation insidieuse</i> <i>Les risques en cas de dépassement des limites • Principaux signes • Prévention</i> <i>Conduite à tenir</i>	

Fiche n°22	La « samba »	132
------------	---------------------------	-----

Test de connaissances n° 3	134
---	------------



UL 4 : La plongée sollicite le système cardiovasculaire

Fiche n°23	Le cœur	137
------------	----------------------	-----

Fiche n°24	Les vaisseaux sanguins	139
------------	-------------------------------------	-----

Fiche n°25	Le sang, un transporteur	140
	<i>Rôle • Composition • Mode de transport des gaz (O₂, CO₂, N₂, CO) • Hémoglobine</i> <i>OHb</i>	

Fiche n°26	La circulation du sang	142
	<i>Hématose • Circulation pulmonaire (petite circulation) • Circulation générale</i>	

Fiche n°27	Le foramen ovale perméable (FOP)	145
	<i>Facteur favorisant des ADD • Eviter toute mise en surpression du thorax en fin</i> <i>de plongée, au palier ou dans les heures qui suivent le retour en surface</i> <i>(pas d'effort à glotte fermée, pas de Valsalva)</i>	

Fiche n°28	Déshydratation et plongée	147
	<i>Eau • Diurèse d'immersion • Déshydratation • Réhydratation</i>	

Fiche n°29	Froid et thermorégulation	149
	<i>Spécificités de l'immersion • Mécanismes de déperdition de chaleur • Réactions</i> <i>de l'organisme • Signes • Facteurs favorisant • Prévention • Conduite à tenir</i>	

Test de connaissances n° 4	154
---	------------



UL 5: Plongée et système ventilatoire

Fiche n°30	Les voies aériennes supérieures	156
	<i>Fosses nasales • Sinus • Pharynx • Epiglotte • Trachée • Trajet de l'air</i> <i>Trompe d'Eustache</i>	
Fiche n°31	Les voies aériennes inférieures	158
	<i>Poumons • Hile • Plèvre • Diaphragme • Médiastin • Feuillet • Bronches • Alvéoles</i>	
Fiche n°32	La mécanique ventilatoire	159
	<i>Ventilation et respiration • Volumes pulmonaires • Inspiration • Expiration</i> <i>Spirogramme • « Espace mort » anatomique • Chémorécepteurs</i>	
Fiche n°33	Consommation d'air et autonomie	162
	<i>Air comprimé et profondeur • Compressibilité des gaz (Boyle-Mariotte)</i> <i>Calculs d'autonomie • Conseils pour les guides de palanquée</i>	
Fiche n°34	Les alvéoles	165
	<i>Description • Limite de résistance • Shunts • Effet Lorrain Smith</i>	
Fiche n°35	Les risques de surpression pulmonaire	168
	<i>Mécanisme : expirer suffisamment • Atteintes et conséquences • Procédure d'urgence</i> <i>Causes et prévention • Vraies et fausses idées sur les risques de surpression pulmonaire</i>	
Fiche n°36	L'œdème pulmonaire d'immersion (OPI)	170
Fiche n°37	Les risques de noyade	171
	<i>Situations à risques : causes et prévention • Conduite à tenir • Classification des noyades</i>	
Fiche n°38	Les échanges gazeux	174
	<i>Phase alvéolaire • Transport • Phase tissulaire</i>	
Fiche n°39	Les risques d'essoufflement	176
	<i>Hypercapnie • Mécanisme • Apnée de contrôle • Causes et facteurs favorisants</i> <i>Prévention • Conduite à tenir</i>	

Test de connaissances n° 5 181



UL 6: Oreilles et plongée

Fiche n°40	Description de l'oreille	185
Fiche n°41	Audition	186
Fiche n°42	Fonction d'équilibre	186
Fiche n°43	Manœuvres d'équipression	187
	<i>Trompe d'Eustache : forme, perméabilité • Méthodes d'équilibrage des pressions</i> <i>Gymnastique tubaire • Antonio Maria Valsalva • Bartolomeo Eustachi</i>	
Fiche n°44	Les risques pour les oreilles en plongée	191
	<i>Otite barotraumatique • Tympan • Barotraumatisme de l'oreille interne</i> <i>Vertige alterno-barique • Accident de désaturation • Otite infectieuse</i> <i>Rôle de prévention et d'assistance du guide de palanquée • Conduite à tenir</i>	

Test de connaissances n° 6 195



UL 7: La désaturation

Fiche n°45	Une histoire des procédures de désaturation	197
Fiche n°46	Les modèles de désaturation	199
	<i>Définition • Azote dissous • Germes (noyaux) gazeux, modèles diphasiques • Haldane</i> <i>Comprendre les limites des modèles • Perfusion et diffusion</i>	

Fiche n°47	Le modèle de Haldane	205
	<i>Analyse faite par Haldane • Hypothèses de Haldane • Définition d'un modèle haldanien • Loi de Henry</i>	
Fiche n°48	Les tables MN90 : un modèle haldanien	212
	<i>Compartiments • Période • Gradient • Seuil critique (Sc)</i>	
Fiche n°49	D'autres modèles haldaniens	219
	<i>Us-Navy • Spencer • M-Values (Sc variables selon la profondeur) • Workman Bühlmann • Comex</i>	
Fiche n°50	Les modèles non-haldaniens	221
	<i>Hempleman-BSAC • Kidd-DCIEM • Modèles diphasiques-VMP-RGBM</i> <i>Taux de risque accepté</i>	
Fiche n°51	Les ordinateurs d'aide à la désaturation	224
	<i>Historique • Principe de fonctionnement • Utilisation CNS/OLF</i> <i>Facteurs de prudence • Planification • Procédures hétérogènes</i> <i>Paliers profonds • Procédures d'urgence • Carnet de plongée</i> <i>Historisation • Gestion d'air • Cardio-fréquencemètre • Compas • Types d'écrans (LCD, TFT, OLED) • Interfaces • Piles et accus • Entretien • Critères de choix</i>	
Fiche n°52	Utilisation des tables MN90-FFESSM	250
Fiche n°53	Les risques d'accident de désaturation (ADD)	255
	<i>A l'origine : des bulles • Prévention : 1) Procédures 2) Facteurs favorisants 3) Profils 4) Comportements • Bulles silencieuses • Avion, altitude et plongée • Localisation des bulles • Mécanisme • Réactions plaquettaires • Facteur Q • Atteintes et conséquences</i> <i>Déclenchement des secours • Plan de secours • Grossesse et plongée</i>	
	Test de connaissances n°7	274
	UL 8 : Connaissance du monde subaquatique	
Fiche n°54	La classification des espèces	279
Fiche n°55	Le règne végétal	280
	<i>40 000 algues et quelques plantes sous-marines</i>	
Fiche n°56	Le règne animal – les invertébrés	281
	<i>Eponges • Cnidaires (méduses, corail, gorgones...) • Vers • Crustacés • Bryozoaires</i> <i>Gastéropodes • Mollusques (bivalves, céphalopodes) • Echinodermes • Tuniciers</i>	
Fiche n°57	Le règne animal – les vertébrés	288
	<i>Requins • Raies • Clefs d'identification des poissons • Principales espèces rencontrées en plongée</i> <i>Notions sur les écosystèmes • Les différents habitats • La vie à plusieurs • Reptiles</i> <i>Mammifères</i>	
Fiche n°58	Technique d'approche des espèces	299
	<i>Système de perception des poissons : la ligne latérale • Silence • Immobilité</i> <i>Ne pas « couper » le courant • Ne pas « couper » la lumière • Les bancs</i>	
Fiche n°59	Protéger la nature	304
	<i>Les causes de la dégradation • La problématique des plastiques</i> <i>La vision de Jean-Michel Cousteau • La charte internationale du plongeur responsable</i> <i>de Longitude 181 Nature</i>	



UL 9 : Les appareils sous pression

Fiche n°60 Les compresseurs	309
<i>Principe (cylindre, piston) • Soupapes de sûreté • Manomètres • Lubrification Filtration • Refroidissement • Motorisation • Pannes courantes • Entretien Temps de gonflage</i>	
Fiche n°61 Les bouteilles tampons	317
<i>Utilité • Manipulations • Gonflage • Calculs sur les opérations de gonflage</i>	
Fiche n°62 Les bouteilles de plongée	321
<i>Pression et température • Procédés de fabrication • Inspection visuelle Requalification • Régime TIV • Procédés de fabrication • Robinetterie</i>	
Fiche n°63 Les détendeurs	328
<i>Principe des détendeurs « à la demande » • Haute pression, pression intermédiaire, pression ambiante • Fonctionnement (1^{er} et 2^e étage, membrane et piston) • Bilan des forces • Compensation au 1^{er} étage • Compensation au 2^e étage • Surcompensation Pannes • Entretien • Critères de choix</i>	

Test de connaissances n° 8..... 334



UL 10 : Les acteurs de la plongée

Fiche n°64 Le ministère chargé des sports	337
Fiche n°65 La FFESSM : Fédération délégataire	339
<i>Agrément • Délégation • CNDP • Membres (clubs associatifs et SCA) • Licence Siège national • Assemblée Générale • Comité directeur • Organes déconcentrés (comités régionaux et départementaux) • Commissions d'activité</i>	
Fiche n°66 La FSGT	347
Fiche n°67 Les syndicats professionnels (ANMP, SNMP)	348
Fiche n°68 Reconnaissance internationale des brevets	350

Test de connaissances n° 9..... 352



UL 11 : Aider à l'organisation des plongées

Fiche n°69 L'embarcation : règles et matériel de sécurité	355
Fiche n°70 Navigation et site de plongée	359
<i>Météo • Marée • Echelle de Beaufort (vent) • Echelle Douglas (vagues) • Amer Alignement • Enseignure • GPS • Sondeur • Mouillage • Sécurité de surface Récupération de plongeurs</i>	
Fiche n°71 Les nœuds	366
<i>Nœuds usuels • Anatomie d'un bateau • Vocabulaire maritime</i>	

Test de connaissances n° 10 372

2^{ème} partie : Direction de plongées d'exploration (plongeur niveau 5)

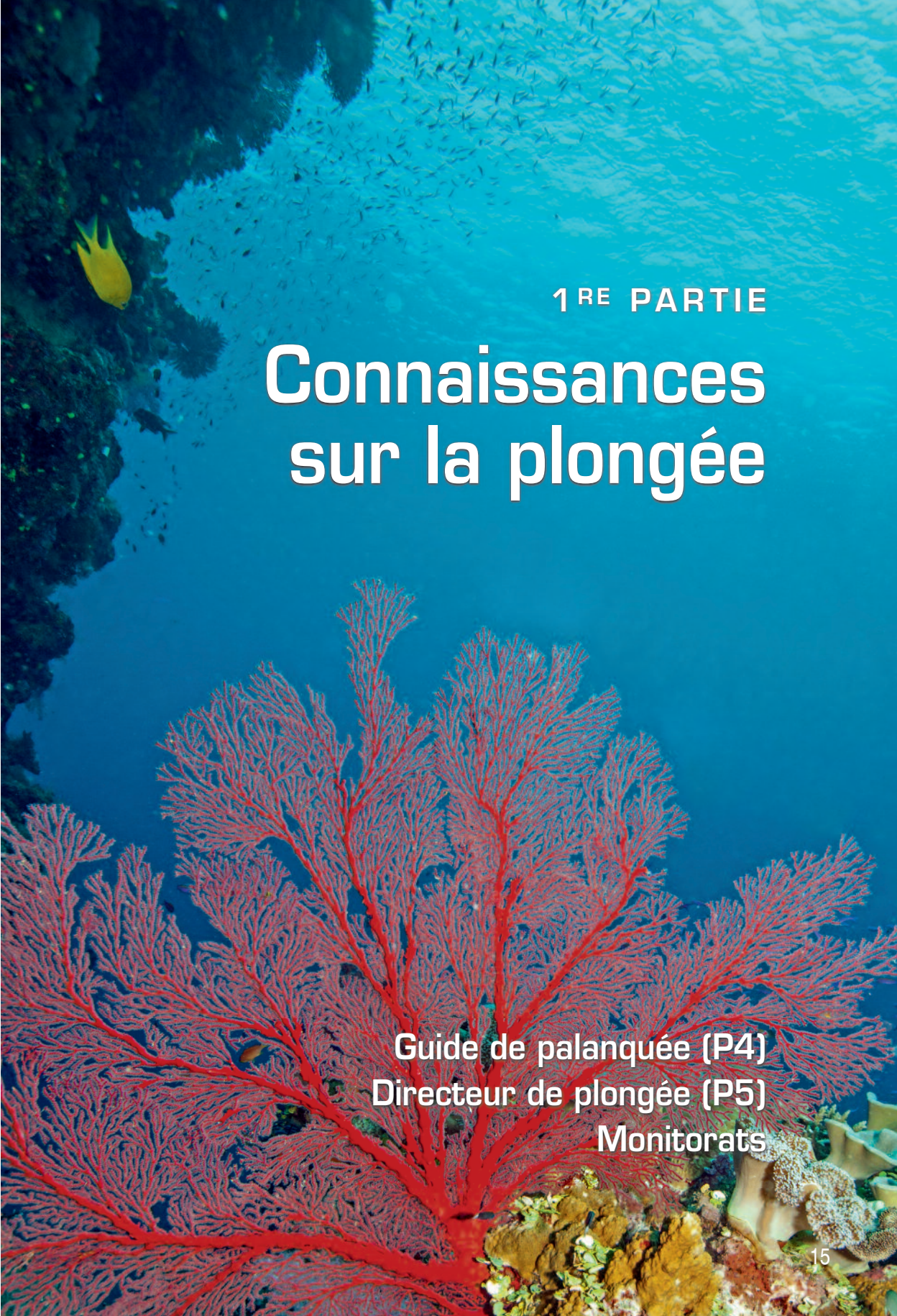


UL 12 : Diriger des plongées d'exploration à titre bénévole (niveau 5)

Fiche n°72 La notion de directeur de plongée	377
Fiche n°73 La notion d'établissement d'APS	381
Fiche n°74 Les contrôles sur site	383
Fiche n°75 Préparation de la plongée	384
Fiche n°76 Les palanquées	389
Test de connaissances n° 11	394

Pour en savoir plus

Unités de mesure et facteurs de conversion	398
Fiche n°77 Plonger en lac d'altitude	399
Index thématique	403
Références bibliographiques	406
Remerciements.....	409
Crédits photographiques	409
Livres et supports pédagogiques <i>Plongée Plaisir</i>	410
Livres édités et distribués par les Editions GAP	412

A vibrant underwater photograph of a coral reef. In the foreground, a large, branching red coral structure dominates the lower half of the frame. To the left, a yellow fish swims near a dark, rocky reef edge. The background is a deep blue sea filled with many small, silvery fish. The overall scene is bright and clear, typical of a healthy marine environment.

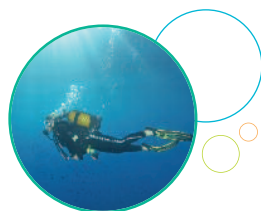
1^{RE} PARTIE

Connaissances sur la plongée

Guide de palanquée (P4)
Directeur de plongée (P5)
Monitorats

UL1

Prérogatives du guide de palanquée



Le plongeur niveau 4 trouve sa spécificité dans les prérogatives de guide de palanquée qui lui sont attachées. Toutes les compétences attendues en découlent. Les pages qui suivent présentent donc ces prérogatives en répondant à une question : « Qu'est-ce qu'un guide de palanquée ? ». Cela rend nécessaire de clarifier l'organisation de la plongée en France, les aptitudes et les niveaux définis dans le code du sport ainsi que la notion de directeur de plongée.



Départ pour la plongée...

FICHE 1

La plongée en France

En France, la plongée est régie par le code du sport. Il s'applique à la plongée de loisir, à l'exclusion de la plongée archéologique, de la plongée souterraine et de l'orientation subaquatique (dans le cadre de « parcours balisés d'entraînement et de compétition »). Tous les établissements organisant la pratique et l'enseignement de l'activité, qu'ils soient associatifs ou commerciaux, sont soumis aux dispositions de ce texte. Écoutons Louise qui entre en formation niveau 4 et qui a des questions sur cette réglementation.

Qu'est-ce que la plongée à l'air ?

La plongée à l'air, comme son nom l'indique, est celle réalisée en respirant de l'air comprimé, par opposition aux plongées avec des gaz respiratoires fabriqués (Nitrox, Trimix, Heliox...).

P4

P5

M

FICHE 5

Prérogatives du plongeur niveau 4

Plongeur de niveau 4, vous cumulez quatre types de prérogatives qui vous permettent de :

- guider des palanquées en exploration entre 0 et 40 m ;
- accompagner des enseignants durant leurs formations (0 à 40 m) ;
- effectuer des baptêmes en milieu artificiel ;
- plonger en autonomie de 0 à 60 m.

PLONGEURS ENCADRÉS, MATÉRIEL OBLIGATOIRE EN MILIEU NATUREL

Pour les plongeurs encadrés entre 0 et 20 m, le matériel obligatoire est le suivant :

- un manomètre ou équivalent ;
- un gilet + direct-system ou équivalent.

Pour les plongeurs encadrés au-delà de 20 m, il est exigé le même matériel que pour les plongées en autonomie :

- gilet + direct-system équivalent ;
- deux sources d'air (octopus) ;
- instruments ;
- manomètre ;
- 1 parachute de palier par palanquée.

Les tubas ou détendeurs, mis à disposition, doivent être désinfectés avant chaque plongée en cas de changement d'utilisateur.

* Possibilité d'ajouter un guide de palanquée supplémentaire.



Air 2 ou Air Source : double fonction, inflateur et deuxième sortie d'air.



Le niveau 4 guide en exploration

En exploration, c'est-à-dire pour la « pratique de la plongée en dehors de toute action d'enseignement », un P4 peut guider :

- De 1 à 4 débutants* entre 0 à 6 m. Ces débutants ne sont pas des personnes réalisant un baptême, mais des plongeurs en cours de formation, pour lesquels leur moniteur juge qu'il est opportun d'effectuer une ou plusieurs plongées d'exploration.
- De 1 à 4 plongeurs PE12* entre 0 à 12 m.
- De 1 à 4 plongeurs niveau 1 (PE20)* entre 0 à 20 m.
- De 1 à 4 plongeurs niveau 2 (PE40)* entre 0 à 40 m.

Accompagner des enseignants

Un guide de palanquée (P4) peut accompagner un enseignant (initiateur, moniteur) lors des formations en milieu naturel (optionnel) :

- 1 baptême encadré au minimum par un E1 entre 0 et 6 m ;
- 1 à 4 débutants encadrés au minimum par un E1 entre 0 et 6 m ;
- 1 à 4 plongeurs en formation PE12 ou PA12 (niveau 1) encadrés par un E2 minimum entre 0 et 12 m ;
- 1 à 4 plongeurs en formation PE20 (niveau 1) ou PA20 (niveau 2) encadrés par un E2 minimum entre 0 et 20 m ;
- 1 à 4 plongeurs en formation PE40 (niveau 2) ou PA40 encadrés par un E3 minimum entre 0 et 40 m.

Le cas du baptême en milieu artificiel

Un baptême de plongée est considéré comme un acte d'enseignement. A ce titre, il est a priori exclu des prérogatives d'un P4.

Une atténuation de ce principe est prévue lorsque les plongées se déroulent en piscine ou en fosse n'excédant pas 6 mètres. Le directeur de plongée peut alors autoriser un guide de palanquée (P4) à effectuer des baptêmes. Bien que le texte ne le précise pas, le bon sens veut que ces guides aient été formés spécifiquement.

AIR 2® /AIR SOURCE

L'Air 2® et l'Air Source® sont des dispositifs combinant un inflateur et un deuxième étage de détendeur. Au sens strict de la réglementation, il s'agit bien d'une seconde source d'air. Cependant, cela pose la question de l'efficacité (débit) et du confort de ces dispositifs. En particulier, la longueur du tuyau interdit tout échange d'embout, ce qui oblige à donner son détendeur principal et à respirer soi-même sur l'Air 2® ou l'Air Source®.

FICHE 6

L'équipement du guide de palanquée

En milieu naturel, les guides de palanquée doivent disposer d'un équipement minimum (code du sport) :

1. « Un système gonflable au moyen de gaz comprimé leur permettant de regagner la surface et de s'y maintenir ».
Généralement, il s'agit du gilet avec un direct-system.

2. « Des équipements permettant de contrôler les caractéristiques de la plongée et de la remontée de la palanquée ». Profondimètres (timers), tables et montres répondent à cette exigence. Si vous utilisez un ordinateur, pour gérer la désaturation de toute la palanquée, ayez à l'esprit que cet instrument suit le profil exact du plongeur, contrairement aux tables qui considèrent un profil « carré ». Vous devez donc vous assurer qu'**à aucun moment** de la plongée, un des plongeurs n'a évolué à une profondeur supérieure à la vôtre. Dans tous les cas, il est souhaitable de prendre une marge de sécurité et d'effectuer des plongées restant largement dans la courbe des plongées sans palier.

3. « Un équipement de plongée muni de deux sorties indépendantes ». La bouteille utilisée par le guide doit disposer de deux sorties indépendantes. En cas de fuite sur l'un des robinets pendant la plongée, il faut pouvoir le refermer sans perdre tout l'air disponible et assurer ensuite sa remontée sur la seconde sortie d'air. Cela rend inutilisables les raccords proposés par certains fabricants, qui permettent, à partir d'une seule sortie d'air, d'effectuer une dérivation vers deux premiers étages de détendeur.



(3) Les robinets doivent être indépendants.



(1) Gilet avec direct-system



(2) Paramètres de plongée (ordinateur...)



(5) Manomètre de pression



(4) Deux détendeurs complets



(6) Parachute de palier

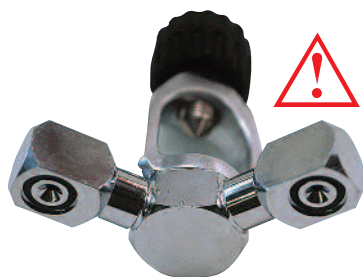


P4

P5

M

« Attention, danger ! »



Ces raccords ne répondent pas aux exigences de la réglementation française pour les guides de palanquée.



Deux détendeurs complets, avec un deuxième étage de secours aux couleurs vives pour une identification rapide.

4. « Deux détendeurs complets » : le guide de palanquée doit disposer de deux détendeurs complets (premier et deuxième étage), branchés chacun sur une des deux sorties de la bouteille.
5. Un manomètre ou équivalent.
6. Un parachute de palier par palanquée.

Où fixer le détendeur de secours ?

Un détendeur de secours se caractérise par :

- **Une identification rapide** : pour cela, les fabricants prévoient des deuxièmes étages aux couleurs vives.
- **Un accès immédiat** : il existe différents systèmes de fixation par l'embout ou le flexible. Vous devez trouver celui qui vous correspond le mieux. L'idéal est que vous puissiez vous en saisir **rapidement** en cas d'urgence sans même le voir, et qu'un plongeur en panne d'air puisse aussi s'en emparer rapidement, sans vous le demander. Un détendeur libre de toute entrave, fixé au niveau de la poitrine, répond à ces deux exigences. Il existe également des dispositifs de fixation prévus spécifiquement par les fabricants de gilets.
- **Une fixation près du corps** : veillez à ce que le détendeur fixé ne traîne pas, pour éviter d'endommager l'environnement. Il en est de même pour le manomètre.

1. Gilet + direct-system
2. Instruments (ordinateur)
3. Deux sorties indépendantes
4. Deux détendeurs complets
5. Manomètre
6. Parachute de palier



Systèmes de fixation par le flexible

Pour fixer une deuxième source d'air.



Systèmes de fixation par l'embout

Matériel de plongée obligatoire (code du sport)

AIDE-MÉMOIRE

Tout plongeur doit disposer a minima de...	Milieu artificiel	Milieu naturel
Un manomètre ou un système équivalent permettant d'indiquer la pression au cours de la plongée	✓	✓
Un système gonflable au moyen de gaz comprimé lui permettant de regagner la surface et de s'y maintenir (gilet + direct-system)		✓
Le même matériel est obligatoire pour les plongées en autonomie et les plongées encadrées au-delà de 20 m (Cds 2012)		
Un manomètre ou un système équivalent permettant d'indiquer la pression au cours de la plongée	✓	✓
Un système gonflable au moyen de gaz comprimé lui permettant de regagner la surface et de s'y maintenir (gilet + direct-system)		✓
Des équipements permettant de contrôler les caractéristiques personnelles de la plongée et de la remontée (ordinateur ou profondimètre + montre/timer + tables)		✓
Un équipement de plongée permettant d'alimenter en gaz respirable un équipier sans partage d'embout (deux sources d'air, « octopus »)		✓
Un parachute de palier par palanquée		✓
Le matériel suivant est obligatoire pour l'encadrant de palanquée (guide, moniteur)...		
Un manomètre ou un système équivalent permettant d'indiquer la pression au cours de la plongée	✓	✓
Un système gonflable au moyen de gaz comprimé lui permettant de regagner la surface et de s'y maintenir (gilet + direct-system)		✓
Des équipements permettant de contrôler les caractéristiques de la plongée et de la remontée de la palanquée (ordinateur ou ensemble profondimètre/timer et tables)		✓
Un équipement de plongée avec deux sorties indépendantes Deux détendeurs complets (1 ^{er} et 2 ^e étage)		✓
Un parachute de palier par palanquée		✓



Plongée encadrée au-delà de 20 m, même matériel obligatoire que pour les plongées en autonomie.

Entretien du matériel

Les matériels subaquatiques et équipements nautiques utilisés par les plongeurs sont régulièrement vérifiés et correctement entretenus.

Désinfection du matériel

Les tubas et détendeurs mis à disposition des plongeurs par les établissements d'APS doivent être désinfectés avant chaque plongée en cas de changement d'utilisateur (art. A322-81 du code du sport). L'embout buccal et de manière générale toutes les pièces pouvant être contaminées par de la salive, doivent être désinfectés avec un produit biocide (bactéricide, fongicide, virucide).

Le produit utilisé doit correspondre aux exigences suivantes :

- une action rapide ;
- sans toxicité pour l'homme ;
- sans agressivité pour le matériel ;
- sans risque de pollution pour l'environnement.

L'eau de javel est un produit qui ne convient pas car il est caustique, ce qui dénature le caoutchouc et corrode l'aluminium. De même, des produits à base de formol, de chlore, d'aldehyde ou d'ammonium quaternaire ne peuvent pas convenir du fait des risques pour l'environnement aquatique. Des produits utilisés principalement en milieu médical, très efficaces mais nécessitant un système spécifique de

traitement des rejets et autrefois recommandés en plongée comme Esculase® (chlorure d'ammonium quaternaire), Hexanios® (chlorure de didécyl diméthyl ammonium), Sekulyse® (ammonium quaternaire) ou encore SeptiOne® (ammonium quaternaire), **ne peuvent donc plus l'être du fait de l'évolution des règles environnementales.**

Il semble que des produits à base de peroxyde d'hydrogène stabilisé (eau oxygénée), largement utilisés comme désinfectants en pharmacie ou dans l'industrie agroalimentaire*, à la fois très efficaces et biodégradables à 99 %, puissent convenir (ex. **Ecosterix H₂O** chez Abyssnaut dont l'action est obtenue en 15 à 20 minutes).

* Fiche toxicologique FT 123 – Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)

Test de connaissances n° 1



Retrouvez d'autres tests et exercices :

« *Plongée Plaisir Cahier d'exercices* », Editions Gap.

Lorsque les réponses attendues correspondent à un texte déjà écrit, il n'est généralement pas reproduit, seul un renvoi à la page concernée est mentionné.

CADRE RÉGLEMENTAIRE

1. Quelles sont les prérogatives d'un plongeur niveau 4.
2. Qu'est-ce qu'une fiche de sécurité ?
3. Qu'est-ce qu'un Directeur de Plongée (DP) ?
4. Quelle est la qualification minimale d'un directeur de plongée (plongées à l'air) ?
5. Quelle différence faites-vous entre un « guide de palanquée » et un « encadrant de palanquée » ?
6. Que signifie la phrase : « L'encadrant de palanquée s'assure que les caractéristiques de la plongée sont adaptées aux circonstances et aux aptitudes des plongeurs. » ?
7. Quel est le matériel obligatoire, en milieu naturel, pour un encadrant de palanquée ?
8. Quel est le matériel obligatoire, en milieu naturel, pour un plongeur encadré ?
9. Quel est le matériel obligatoire, en milieu naturel, pour un plongeur autonome ?
10. Pour la plongée en scaphandre, dans quel cadre les dispositions du code du sport s'appliquent-elles ?
11. Citez les espaces d'évolution prévus par le code du sport pour la plongée à l'air.
12. En France, quelle est la limite de la plongée à l'air ?
13. Qu'est-ce qu'une aptitude ?
14. Quelles sont les aptitudes définies par le code du sport pour la plongée à l'air ?
15. Connaissez-vous d'autres aptitudes ?
16. Quelles différences faites-vous entre des aptitudes et des brevets ou qualifications ?
17. Sous quelles conditions un plongeur peut-il accéder à la zone des 40 à 60 m ?
18. Quelle est la définition d'une palanquée ?
19. Que faut-il faire en cas de coexistence, au sein d'une même palanquée, de plongeurs ayant des aptitudes différentes ?
20. Quelles sont les possibilités offertes à un plongeur niveau 4 pour progresser dans sa formation ?
21. Y a-t-il une réglementation concernant la désinfection des tubas et détendeurs ?
22. Qu'est-ce qu'un plongeur niveau 5 ?
23. Comment un directeur de plongée peut-il vérifier les aptitudes d'un plongeur ?
24. Dans quels cas et sous quelles conditions des plongeurs peuvent-ils plonger au sein d'un établissement d'APS en l'absence de directeur de plongée ?
25. Un plongeur CMAS 3 étoiles est-il reconnu en France comme guide de palanquée ?
26. Indiquez les directives de la FFESSM concernant le certificat médical ?
27. Un certificat médical est-il obligatoire pour un baptême ?
28. Quelle différence faites-vous entre responsabilité pénale et responsabilité civile ?
29. Qu'impose la réglementation concernant les assurances de personne (assurance individuelle accident) ?
30. Qu'est-ce que la notion de mise en danger délibérée d'autrui ?



Un plongeur niveau 4 est un guide de palanquée qui doit être compétent en matière de conduite de palanquée et d'orientation. Il doit aussi veiller à la flottabilité des plongeurs qu'il encadre, dans un double souci de sécurité et de protection de la nature.

FICHE 8

La conduite de palanquée

Conduire une palanquée nécessite un apprentissage, durant votre formation, puis tout au long de votre pratique.

Le « briefing »

En tant que guide de palanquée, vous serez amené à présenter la plongée et à rappeler les consignes de sécurité aux membres de votre palanquée.

Ce *briefing*, pour lequel vous devrez vous entraîner lors de votre formation, contient généralement les points suivants :

- Une phase d'accueil ou de prise de contact si vous ne connaissez pas les plongeurs. Elle doit être à la fois sympathique et respectueuse afin de mettre en confiance vos interlocuteurs (ex. *Bonjour, je m'appelle Eric et vous ? [...] Je suis votre guide de palanquée ; vous avez déjà plongé ici ? [...] A quand remonte votre dernière plongée ? [...] etc.*).
- Un rappel succinct du *briefing* du directeur de plongée (le vôtre le complète, il ne s'y substitue pas).
- Une présentation détaillée de la plongée depuis la mise à l'eau jusqu'à la remontée. Cette présentation ne doit pas être uniquement technique, elle doit donner envie de plonger. Par exemple, pour une plongée sur épave, expliquez l'histoire du naufrage ; pour une plongée le long d'un tombant, insistez sur l'approche des espèces, comment faire pour voir le plus de choses, etc.
- Un rappel des consignes de sécurité (oreilles, profondeur max., réserves d'air et signes, remontée lente, paliers, rester groupés, etc.).

Chaque fois que cela est possible, faites participer votre auditoire, entamez une conversation, évitez les monologues.

Avant la mise à l'eau, procédez aux vérifications préalables :

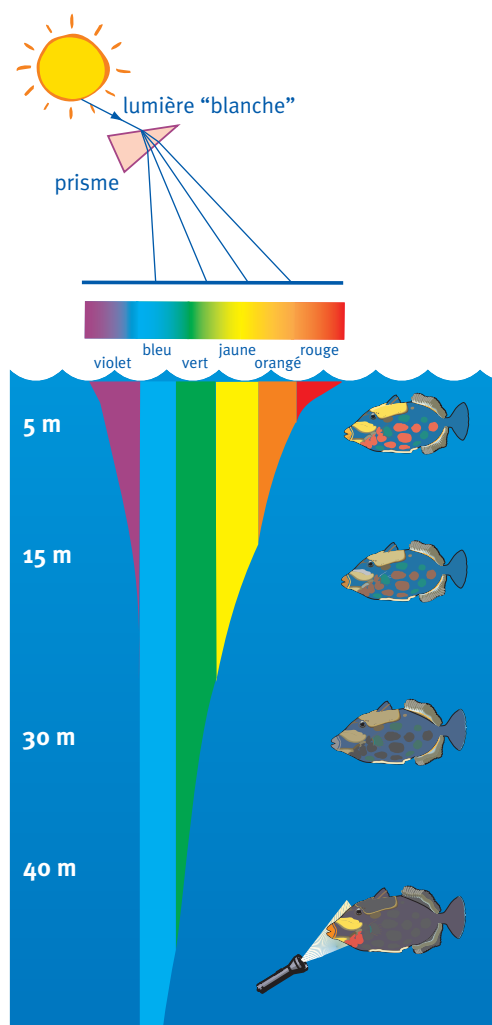
- bouteille bien ouverte (2 ou 3 essais d'inspiration/expiration sur le détendeur) ;
- direct-système branché (éventuellement, gonfler un peu le gilet en surface) ;
- manomètre indiquant bien la pression dans la bouteille ;
- masque sur le visage, détendeur en bouche.

Précisez que vous vous mettez à l'eau en premier, puis que les membres de votre palanquée se mettent à l'eau chacun à leur tour, à votre signal. Insistez sur l'importance de bien vérifier qu'il n'y a personne en dessous avant de sauter, et sur le signe « Ok » en surface après la mise à l'eau lorsque tout va bien.

La lumière dite « blanche » réunit toutes les couleurs du spectre visible. Il est possible de mettre cela en évidence en utilisant un prisme (l'arc-en-ciel en est aussi une illustration). Les différentes couleurs qui composent la lumière visible sont absorbées de manière sélective par l'eau :

- les rouges disparaissent vers 5 m ;
- les orangés vers 10 à 15 m ;
- les violets vers 20 m ;
- les jaunes vers 15 à 25 m ;
- les verts au-delà de 40 m ;

pour ne laisser que des bleus.

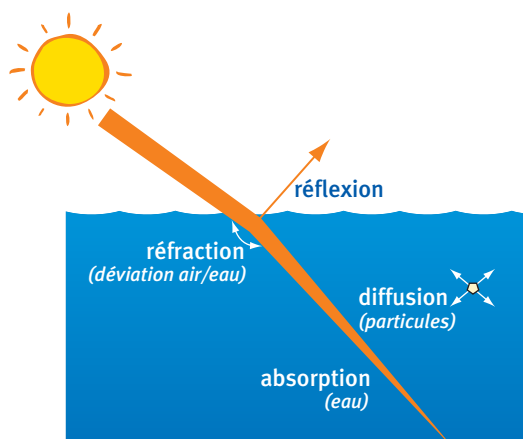


La lumière et l'eau

La lumière du soleil, qui apparaît « blanche », est en fait la réunion de toutes les ondes du spectre visible, du rouge au violet, en passant par l'orangé, le jaune, etc.

Chacune de ces tonalités de couleur est caractérisée par une longueur d'onde. Par exemple, le rouge a une longueur d'onde supérieure au bleu qui lui-même a une longueur d'onde supérieure au violet.

Lorsqu'un rayon de lumière traverse l'eau, ses diverses composantes sont progressivement absorbées sur les extrêmes (les plus courtes et les plus longues), le minimum d'absorption se situant autour du bleu. Cela explique pourquoi, passé une certaine profondeur, tout semble d'un bleu uniforme. Vers 500 m de profondeur, toute la lumière est absorbée. C'est l'extinction.



LA VIE D'UN RAYON LUMINEUX DANS L'EAU

Lorsqu'un rayon lumineux rencontre l'eau, il subit 4 phénomènes principaux :

- **la réflexion** : une partie de la lumière est réfléchi par l'eau, elle ne pénètre pas ;
- **la réfraction** : les rayons lumineux sont déviés lorsqu'ils pénètrent dans l'eau ;
- **l'absorption** (due à l'eau) : l'intensité lumineuse diminue rapidement, transformée en chaleur ;
- **la diffusion** (due aux particules) : les rayons lumineux sont déviés et absorbés par les particules en suspension. Cela est particulièrement gênant en photographie ou en vidéo.

Schémas inspirés par « La plongée »,
G. Poulet et R. Barincou.

La lumière artificielle : lampes et phares

Une lampe n'est pas réservée aux seules plongées de nuit. Dès la zone des 10 à 20 mètres, elle peut être nécessaire pour restituer les vraies couleurs : la gorgone bleue ou violette devient rouge vif, l'étoile de mer aux couleurs fades devient éclatante. Sur certains sites, le fait de disposer ou non d'une source lumineuse peut modifier totalement le ressenti de la plongée et le plaisir qui en découle. Faisons donc le point sur l'éclairage subaquatique.

Lampe ou phare ?

Les lampes sont moins puissantes que les phares, moins onéreuses et plutôt utilisées comme éclairage d'appoint ou occasionnel. Les phares se caractérisent par une forte puissance avec généralement des batteries d'accumulateurs rechargeables.

L'ampoule c'est la lumière

Tout l'enjeu, pour un éclairage, consiste à mettre au point une technologie fiable et économiquement viable, permettant de produire une lumière proche de celle du soleil, pour un rendu des couleurs le plus naturel possible. Les ampoules à incandescence (filament de tungstène chauffé), les « halogènes » ou les ampoules à décharge de type « HID » (arc électrique) ont été supplantées ces dernières années, en plongée comme dans la vie quotidienne, par les diodes électroluminescentes ou LED en anglais (abréviation de *Light-Emitting Diode*). Une LED est une source lumineuse d'un type particulier, puisqu'il s'agit d'un composant électronique, une « puce », qui émet de la lumière.

Bien que le phénomène de l'électroluminescence ait été découvert il y a plus d'un siècle par H. J Round (1907), il a fallu attendre le début des années 2000 pour que cette technologie soit diffusée auprès du grand public.



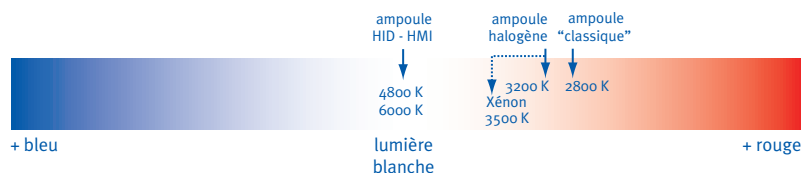
TEMPÉRATURE DE LUMIÈRE ET IRC

Lorsque l'on chauffe un corps, il émet de la lumière. Pour retrouver la lumière du soleil (blanche), il faut réussir à atteindre la température moyenne à sa surface, soit environ 5 800 K.

On parle ainsi de « température » de lumière pour caractériser le rendu d'une lumière.

De manière générale, plus la température de l'éclairage est proche de celle du soleil, plus le rendu des couleurs est fidèle. En surface, le meilleur résultat est obtenu avec une température de l'ordre de 6 000 K. En immersion, l'eau se comportant comme un filtre (essentiellement dans le rouge), le meilleur rendu est obtenu avec une température de couleur plus faible, de l'ordre de 4 800 K à 5 000 K.

L'indice de rendu des couleurs (IRC) est un nombre compris entre 0 et 100 qui caractérise la capacité d'une source lumineuse à restituer les couleurs d'un objet par rapport à un échantillon normalisé éclairé par la même source. Température de couleur et IRC se complètent pour qualifier une source de lumière.



FICHE 13

Animaux à risques potentiels



Une murène peut mordre pour se défendre.

VENIN

Les serpents de mer ont un venin plus puissant que celui de leurs congénères terrestres. Comme tous les reptiles, ils ont une respiration aérienne mais lorsqu'ils chassent des poissons sous l'eau, étant en apnée, le temps leur est compté. D'où un venin aux effets très rapides.



Serpent de mer (Philippines).

Certains animaux marins représentent un danger potentiel de morsure ou d'envenimation. En tant que guide de palanquée, vous devez être capable de prévenir ces risques, en particulier vis-à-vis des plongeurs dont vous avez la responsabilité.

Ceux qui mordent

Certains animaux marins (congres, murènes...) peuvent mordre, soit dans un réflexe de défense, soit pour se nourrir.

La prévention est simple : elle consiste à éviter de les agresser et à ne pas leur présenter vos doigts, par exemple pour les faire sortir de leur trou.

Votre vigilance doit être accrue dans les zones où certaines espèces sont nourries.

Cela crée un dérèglement du comportement, les animaux attendent systématiquement de la nourriture, au risque de devenir agressifs envers les plongeurs ne leur en donnant pas.

Les conséquences de morsures peuvent s'aggraver en cas d'envenimation.

Serpents de mer (zones tropicales), **poulpe à anneaux bleus** (océans Indien et Pacifique) et **murènes** peuvent en être la cause. Les deux premiers cas sont les plus redoutables mais aussi les plus rares, avec des risques de paralysie respiratoire et des troubles du rythme cardiaque.

Les premiers secours consistent à :

- immobiliser immédiatement,
- désinfecter la plaie,
- apposer de la glace,
- évacuer vers une structure médicale.

La victime doit être surveillée en permanence par des personnes capables d'effectuer les gestes de premiers secours si nécessaire (respiration artificielle...).

Ceux qui piquent

Oursins, cônes, certaines étoiles de mer et certains poissons sont capables d'infliger des piqûres.

Les piqûres d'oursins sont généralement bénignes, mais certaines espèces tropicales sont venimeuses, pouvant provoquer un œdème, des rougeurs et une douleur intense. Il faut retirer les épines (par exemple en utilisant du ruban adhésif ou en aspirant avec une paille) et désinfecter la plaie.

Test de connaissances n° 2



Retrouvez d'autres tests et exercices :

« *Plongée Plaisir Cahier d'exercices* », Editions Gap.

Lorsque les réponses attendues correspondent à un texte déjà écrit, il n'est généralement pas reproduit, seul un renvoi à la page concernée est mentionné.

PHYSIQUE (ASPECTS « THÉORIQUES »)

Flottabilité

1. Un plongeur tout équipé (volume 100 dm^3) est correctement équilibré en eau de mer (densité = 1,025) avec une ceinture de lest de 4 kg. Il souhaite plonger en eau douce (densité = 1). Quel doit être son nouveau lestage ? Il ne sera pas tenu compte de la poussée d'Archimède subie par le lest.
2. Un plongeur correctement équilibré en eau douce (densité = 1) souhaite plonger en mer Rouge (densité = 1,03). Son volume tout équipé étant de 90 dm^3 , comment devra-t-il adapter son lestage ? Vous devrez prendre en compte la poussée d'Archimède subie par le lest.
3. Un plongeur correctement équilibré en eau de mer (densité = 1,03) avec une combinaison 5 mm (volume 3 dm^3) souhaite utiliser une combinaison 7 mm (volume 6 dm^3). De combien doit varier son nouveau lestage ?
4. Supposons qu'un bloc vide de 12 litres pèse 15 kg, pour un volume extérieur de 14 litres. Quel est son poids apparent dans l'eau (densité = 1) ?
5. Ce même bloc de 12 litres est gonflé à 200 bars. Si l'on considère qu'un litre d'air pèse 1,29 g, quelle est la variation de poids apparent de ce bloc une fois gonflé ? Indiquez aussi le nouveau poids apparent.
6. De quels moyens disposez-vous pour vérifier, dès sa mise à l'eau, si un plongeur est correctement équilibré ou trop lesté ?
7. Quels conseils donneriez-vous à un plongeur niveau 1 pour atteindre un lestage optimum ?

Relevage

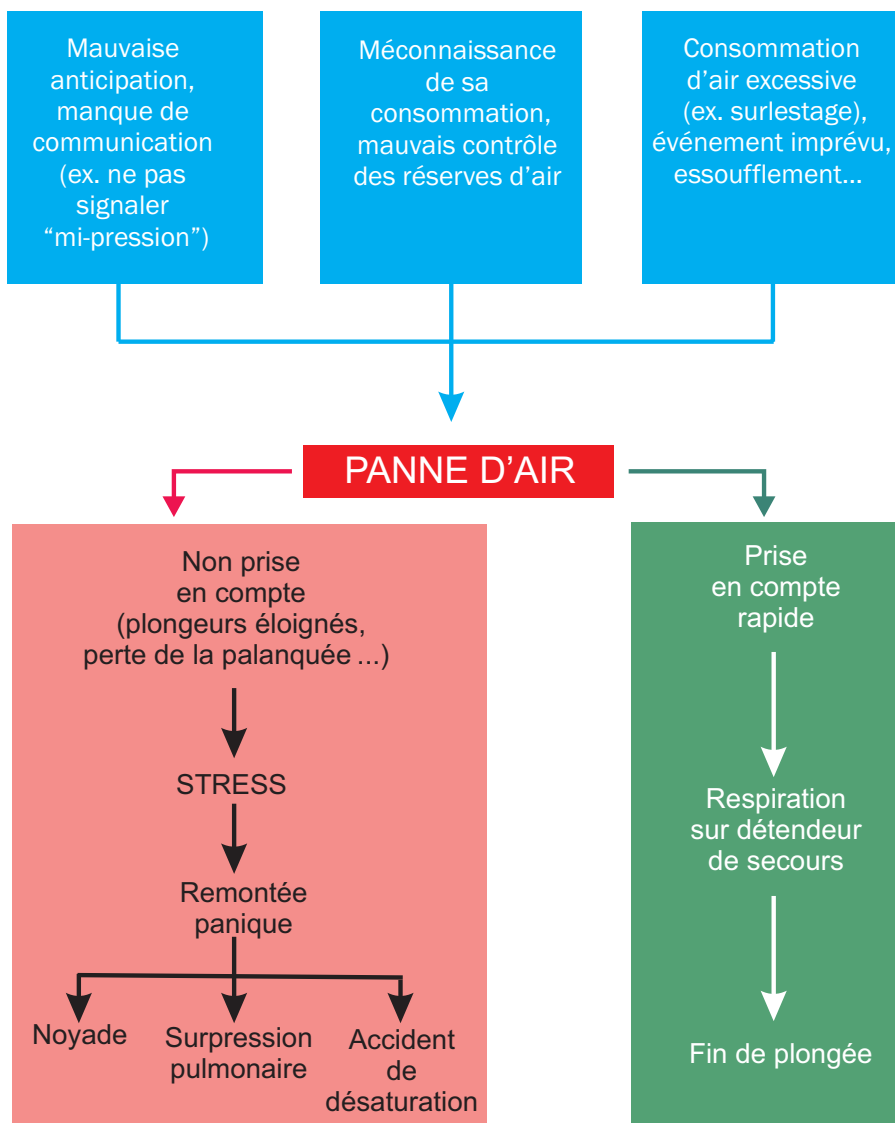
8. Un lest de 10 dm^3 , de densité 11 (plomb) est immergé dans une eau de densité 1. Quel est son poids apparent ?
9. Une ancre en fer de densité 8 (volume 4 dm^3) est immergée sur un fond de 20 m. Vous devez la remonter à l'aide d'un parachute. Quel est le volume minimal du parachute ? Combien d'air équivalent surface allez-vous devoir injecter ? Sachant que vous disposez d'un bloc de 15 litres, de combien de bars aura baissé votre manomètre du fait du gonflage du parachute ? Pour tout l'exercice, considérez que la densité de l'eau est égale à 1.
10. Quelles précautions prenez-vous pour remonter un mouillage ?

Vision et lumière

11. Pourquoi, sans masque, les objets nous apparaissent-ils troubles sous l'eau ?
12. Pourquoi le port d'un masque nous permet-il de voir net ?
13. Quelles déformations de la vision sont dues au port du masque ?
14. Quelle incidence a un masque sur le champ de vision du plongeur ?
15. Quels phénomènes subit un rayon lumineux lorsqu'il atteint l'eau ?
16. Que signifie le terme « lumière blanche » ?
17. Pourquoi parle-t-on « d'absorption sélective des couleurs » ?
18. Quelle couleur disparaît dès les premiers mètres de profondeur ?
19. Que signifie, pour une lampe, la notion de « température de lumière » ?



LA NARCOSE FAVORISE LES RISQUES DE PANNE D'AIR



Narcose : causes et mécanismes

Deux théories, qui se complètent probablement, sont avancées pour expliquer les troubles liés à la narcose :

- 1) Selon la théorie lipidique, la diffusion de gaz inerte¹ dans la couche lipidique des membranes des cellules nerveuses augmenterait leur volume (gonflement et étirement) perturbant ainsi, au-delà d'un volume critique, la transmission de l'influx nerveux.
- 2) Selon la théorie protéique, les gaz inertes se fixeraient directement sur les protéines de la membrane cellulaire des neurones, perturbant ainsi leur activité.

La nature du gaz a son importance, tous les gaz inertes n'ayant pas le même pouvoir narcotique. Ainsi l'hélium serait 10 à 15 fois moins narcotique que l'azote, d'où son emploi pour les plongées profondes (emploi de mélanges héliox ou trimix nécessitant une formation spécifique - voir ce point en fin d'ouvrage).

L'azote est responsable de la narcose lors des plongées à l'air

La narcose à l'azote apparaît dès 30 mètres chez les sujets les plus sensibles, et plus communément dans la zone des 40 à 60 mètres.

Au-delà de 60 mètres, les risques deviennent incontrôlables, c'est la limite de la plongée à l'air.

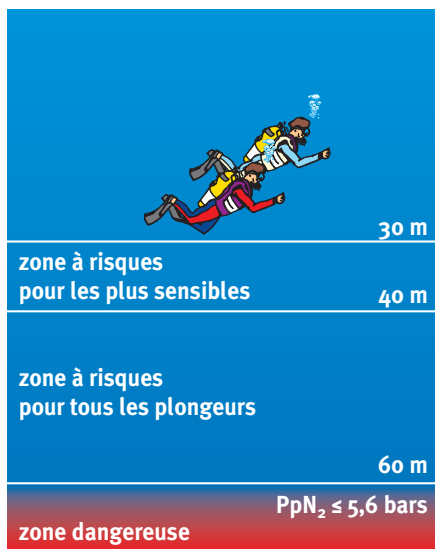
Ce que le plongeur ressent

Les effets de la narcose peuvent se traduire par :

- **Une altération du raisonnement et des facultés intellectuelles** : le sujet a du mal à anticiper, les idées sont mal contrôlées et viennent en désordre.

60 MÈTRES, PPN₂ ≤ 5,6 BARS

Les plongeurs professionnels (décret n° 2011-45) et ceux de la Marine nationale, tout comme les plongeurs de loisir (Code du sport) fixent le seuil de tolérance de l'azote à 5,6 bars de PpN₂, soit 60 mètres de profondeur pour les plongées à l'air.



- **Des troubles de l'attention** : le plongeur a du mal à se concentrer ou à fixer son attention, il peut avoir une sensation d'activité fébrile avec une augmentation du dialogue intérieur.
- **Des troubles de la mémoire immédiate** qui se traduisent par la consultation constante de ses instruments.
- **Des troubles de l'humeur** : le plongeur est angoissé, parfois euphorique, il se surestime, peut avoir un comportement dangereux. Si la narcose est sévère, cela peut conduire à des crises d'hilarité incontrôlées ou, à l'inverse, à des bouffées d'angoisse.
- **Des troubles de la perception** : les effets seraient proches de ceux de produits hallucinogènes avec des troubles auditifs ou visuels.
- **Une perte des repères spatio-temporels** : le plongeur a du mal à évaluer le temps qui s'écoule et à s'orienter. Il peut ainsi penser rejoindre la surface alors qu'il se dirige vers le fond.
- **Des troubles psychomoteurs** avec, en particulier, un amoindrissement de l'habileté manuelle.

1. Un gaz inerte (azote, hélium, hydrogène, argon...) est un gaz qui ne réagit quasiment pas chimiquement.

FICHE 21

Le risque de syncope en apnée

en collaboration avec Antoine Maestracci

Définition

La syncope en apnée est une perte de connaissance brutale, temporaire et réversible due à une diminution excessive des réserves d'oxygène. Elle est également nommée *syncope hypoxique* ou *syncope anoxique*¹. Elle peut conduire à la noyade si l'apnéiste est encore dans l'eau lors de la reprise du réflexe ventilatoire.

Situations à risques

Fort heureusement, la nature nous protège contre ce risque en faisant apparaître l'envie de respirer, la « soif d'air », bien avant le seuil de syncope.

Généralement, ce n'est que lorsque ce mécanisme de protection est ignoré ou leurré que le risque se concrétise. Ce peut être le cas lorsque :

- nous pratiquons l'hyperventilation, ce qui **masque** les signaux d'alerte ;
- nous prolongeons une apnée au-delà de nos capacités, sans être capables d'**interpréter** ou d'**écouter** les signaux d'alerte envoyés par notre corps.

La syncope apparaît généralement en fin d'apnée, à l'approche de la surface, voire même juste après qu'elle ait été atteinte.

Conseils de prévention

Nous pouvons d'ores et déjà en déduire les premières règles de prévention :

- Connaître son corps et ses limites ;
- Ne jamais repousser brutalement ses performances maximales ;
- Ne jamais faire d'hyperventilation ;
- Ne jamais pratiquer d'apnée seul ;
- Être surveillé par une personne connaissant les risques de l'activité et en capacité d'intervenir à la fois dans l'eau et en procédure de secours en surface.

1. Nous ne faisons pas ici cette distinction. Certains ouvrages distinguent l'hypoxie (à partir de 0,16 bar de PpO_2) de l'anoxie (à partir de 0,12 bar de PpO_2).



La syncope est le risque principal de l'apnée. Ici, entraînement au sauvetage d'un apnéiste syncopé. Les règles de prévention doivent être scrupuleusement respectées.

P4

P5

M

I

Attention à l'hyperventilation insidieuse

Définir l'hyperventilation comme étant uniquement une ventilation forcée en amplitude et/ou en fréquence peut conduire à une vision simpliste des choses.

Peut être considérée comme hyperventilation, toute ventilation fournissant de l'air au-delà des besoins physiologiques de notre corps.

Ainsi, un apnéiste respirant profondément pendant une longue période peut avoir l'impression de ne pas s'être hyperventilé car il n'a pas augmenté la fréquence et peu joué sur les volumes. Mais ayant fait cela pendant longtemps, il s'est bien hyperventilé et a provoqué une **baisse anormale du CO_2 artériel**, c'est-à-dire qu'il a repoussé le seuil de rupture d'apnée, **sans augmenter les réserves d' O_2** .

En plus de la fréquence et de la ventilation, le facteur TEMPS est donc également à prendre en compte.

La préparation ventilatoire doit prendre en compte le CO_2 en l'optimisant, ni trop (apnée limitée) ni pas assez (risque de syncope).



P4

P5

M

I

PRINCIPAUX SIGNES

SUR SOI

Signes pré-syncopaux

- 1) Sensation de bien-être inhabituel
- 2) Difficultés pour aller à la fin de l'apnée, forte soif d'air
- 3) Lourdeur et chaleur dans les muscles des cuisses
- 4) Picotements aux extrémités
- 5) Vertiges
- 6) Troubles visuels
- 7) Tremblements

Attention ces signes ne sont pas toujours présents avant une syncope, ou peut-être n'êtes-vous pas en état d'en prendre conscience. Cette liste n'est pas exhaustive.

SUR SON BINOME AU FOND

Signes pré-syncopaux

- 1) Non-respect des consignes définies
- 2) Accélération du rythme de nage en fin d'apnée
- 3) Tête exagérément tendue vers la surface ou le mur
- 4) Signe ça ne va pas
- 5) Largage de la ceinture

Signes de syncope

- 6) Lâcher de bulles
- 7) Absence de mouvement et se mettre à couler
- 8) Tremblements désordonnés

SUR SON BINOME EN SURFACE

Signes pré-syncopaux

- 9) Coloration des lèvres et du visage anormale
- 10) Regard vide, pas de réponse aux stimulations

Signes de syncope

- 11) Pas de reprise de la ventilation
- 12) Tremblements, incapacité à coordonner ses gestes

La diurèse d'immersion

En immersion, la poussée d'Archimède s'oppose à la force de gravité, créant un poids apparent nul. Cela entraîne une redistribution des masses sanguines depuis les membres inférieurs vers le thorax et l'abdomen (voir schéma ci-contre) [37]. Cette nouvelle répartition des liquides provoque une **augmentation du volume sanguin** central d'environ 0,7 litre [38].

Le cœur recevant plus de sang, il doit s'adapter pour retrouver un débit cardiaque (D_c) normal. Deux actions de régulation sont mises en œuvre successivement : diminution de la fréquence cardiaque (F_c) puis réduction de la quantité de sang envoyée à chaque cycle (Ves : Volume d'éjection systolique).

$$D_c = F_c \times V_{es}$$

Phase 1 : Action sur la fréquence (système nerveux, rapide, peu durable)

Du fait de l'afflux sanguin vers le cœur, une plus grande quantité de sang est éjectée lors de chaque contraction. Cette augmentation est détectée par des capteurs de pression (*barorécepteurs*). Le système nerveux réagit par réflexe en provoquant une bradycardie (baisse de la fréquence cardiaque).

Phase 2 : Action sur le volume d'éjection systolique (système hormonal, lent, durable)

La première action ayant une durée limitée, le corps essaie de trouver une solution durable, en diminuant le volume d'éjection systolique. Pour cela, une seule possibilité : diminuer la masse sanguine et donc perdre de l'eau.

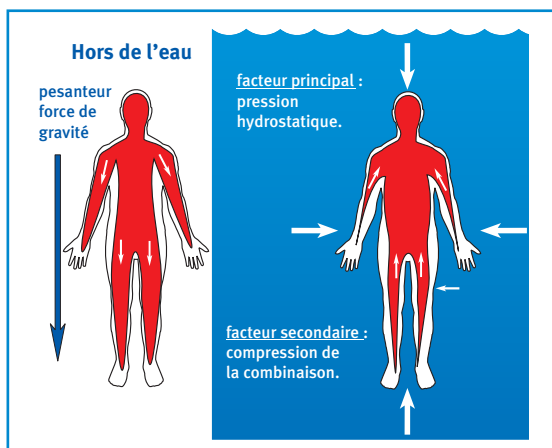
Des capteurs de volumes (*volo-récepteurs*) situés sur l'oreillette droite provoquent une diurèse (sécrétion de l'urine). De l'eau passe de la circulation dans la vessie. Ainsi, le volume sanguin ayant diminué, le corps retrouve un rythme cardiaque proche de la normale au bout de quelques dizaines de minutes. Cela provoque une envie d'uriner.

Ce mécanisme est celui de la *diurèse d'immersion*, différente de la *diurèse de lutte contre le froid*, mais dont les effets se cumulent en plongée.

De retour en surface, le plongeur retrouve les conditions terrestres : le sang reprend alors sa répartition habituelle dans le corps. Mais du fait de la diurèse d'immersion, il en résulte une hypovolémie (baisse du volume sanguin) qui a pour effet **de gêner l'élimination de l'azote** et de favoriser son **accumulation** dans certaines parties du corps, augmentant alors les **risques**

d'accidents de désaturation.

De plus, en cas d'accident de désaturation, cela crée des complications, par un manque de fluidité du sang.



Toute immersion provoquant une déshydratation, il est important de boire de l'eau avant et surtout après chaque plongée, même sans sensation de soif.

L'immersion crée une redistribution des masses sanguines vers le thorax avec pour conséquence une perte de liquides. Schéma de principe imagé.

Conduite à tenir dans l'eau

Dès les premiers signes d'apparition du froid, les plongeurs doivent **le signaler** et le guide de palanquée mettre fin à la plongée.

Le froid étant un facteur favorisant les accidents de désaturation, il faut éventuellement **accroître le temps de paliers** (voir les procédures de désaturation) et, en tout cas, respecter une vitesse de **remontée lente**. Dans la mesure du possible, mieux vaut rester dans la courbe des plongées sans palier.



Conduite à tenir en surface

En cas de refroidissement sévère, il est conseillé de :

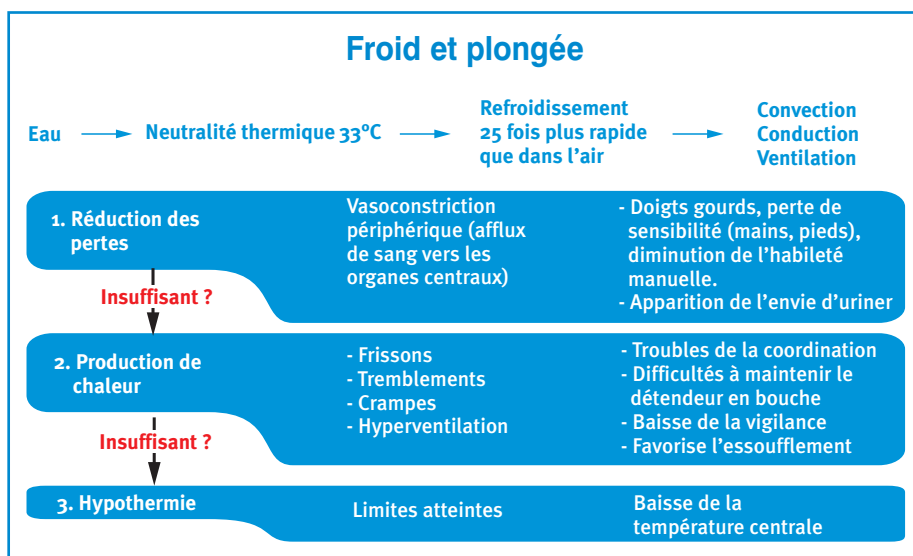
- déséquiper le plongeur le plus rapidement possible ;
- le sécher **sans frotter ni frictionner** ;
- lui mettre des vêtements chauds et qui le protègent du vent ;
- l'allonger avec une couverture ;
- lui faire boire une boisson chaude et sucrée (**jamais d'alcool**) ;
- attendre le réchauffement **progressif** du corps et rester vigilant.

Les cas extrêmes peuvent nécessiter une évacuation vers des secours médicalisés.

Le froid ayant créé une vasoconstriction périphérique, il est important que les vaisseaux se dilatent progressivement, jusqu'à retrouver leur ouverture habituelle. **Sinon, cela crée un afflux sanguin brusque vers la périphérie du corps, au détriment des organes centraux, avec un risque de malaise cardiaque.** C'est la raison pour laquelle il ne faut pas passer ses mains sous l'eau chaude, ne pas boire d'alcool et ne pas se frictionner.

PLONGÉE EN EAUX TRÈS FROIDES

Dans les eaux très froides (ex. lacs d'altitude), le froid peut faire givrer les détendeurs qui se mettent alors en débit continu. Le risque est la panne d'air, puis la noyade. Si vous n'êtes pas familier de ce type de plongées, suivez une formation spécifique avant de les pratiquer.



Le froid est un facteur favorisant les accidents de désaturation.

SPIROGRAMME (APPROCHE SIMPLIFIÉE)

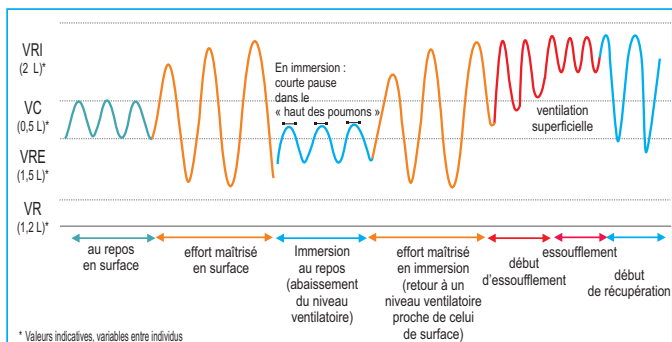
Lors d'un essoufflement, la ventilation devient superficielle.

VRI : Volume de réserve inspiratoire

VC : Volume courant

VRE : Volume de réserve expiratoire

VR : Volume résiduel



* Valeurs indicatives, variables entre individus

Schéma d'après Bonnin et coll., *Plongée sous-marine et milieu subaquatique*, Masson, 2003

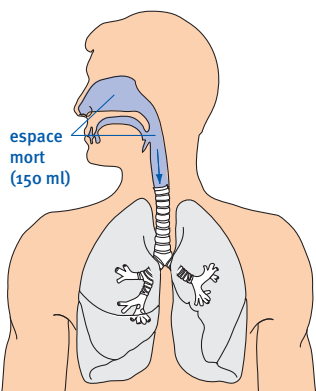
Capacités pulmonaires	Vol. (litres)	Commentaires
Volume de réserve inspiratoire (VRI)	2,0	Diaphragme et muscles releveurs des côtes
Volume courant (VC)	0,5	Diaphragme
Volume de réserve expiratoire (VRE)	1,5	Diaphragme et muscles abaisseurs des côtes
Capacité vitale (CV)	4,0	VC + VRI + VRE
Volume résiduel (VR)	1,2	
Capacité totale (CT)	5,2	CV + VR

Bien évidemment, il nous est impossible de vider totalement nos poumons. Le volume incompressible ou **volume résiduel** (VR) correspond approximativement à 1,2 litre.

Ces volumes de réserve inspiratoire et expiratoire sont très sollicités en plongée. Ils permettent de maîtriser et d'adapter notre ventilation, à l'exemple du poumon-ballast.

Notion d'espace-mort anatomique

« L'espace-mort anatomique » représente le volume d'air qui ne participe pas aux échanges gazeux, car situé en dehors des alvéoles (nez, bouche, pharynx, trachée...). Il représente environ 150 ml chez l'adulte. Cela signifie que, lors d'une inspiration de 500 ml, seulement 350 ml participent aux échanges alvéolaires. De plus, ce sont les 150 ml de l'espace-mort qui parviennent d'abord aux alvéoles avant d'être complétés par de l'air frais, ce qui limite l'efficacité du renouvellement d'air.



Volumes pulmonaires indicatifs [42].

P4

P5

M

I

L'immersion en scaphandre modifie sensiblement notre ventilation. En particulier, les études sur le sujet ont montré :

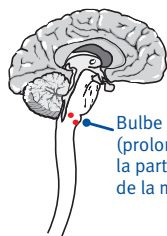
- **Une diminution des volumes pulmonaires**, due à un afflux sanguin vers le thorax (voir le chapitre sur le cœur) avec une redistribution d'une partie du sang dans les vaisseaux pulmonaires. Cela a aussi pour effet d'augmenter le travail des muscles de la ventilation. Ce phénomène est accentué par le port d'une combinaison qui comprime plus ou moins la poitrine.
- **Une résistance ventilatoire accrue du fait du détendeur**, qui rend plus difficiles les inspirations tête haute et les expirations tête basse. Dans tous les cas, la mise en bouche d'un détendeur oblige à une expiration active. Tous ces phénomènes augmentent les risques de fatigue à l'effort.
- **Une diminution de débit maximal**, due à l'augmentation de la masse volumique (viscosité) de l'air qui limite son écoulement par la formation de turbulences. Ce débit est réduit de manière significative dès 30 à 40 m, pour atteindre 70 % de sa valeur de surface à une profondeur de 60 m. « Ainsi, en plongée, les débits ventilatoires maximaux de sujets sains sont comparables à ceux des sujets insuffisants respiratoires en surface » [43].

Nous pouvons en déduire que tous ces facteurs concourent à favoriser l'essoufflement, du fait d'une ventilation alvéolaire insuffisante et d'une fatigue accrue des muscles ventilatoires.

CHÉMORÉCEPTEURS

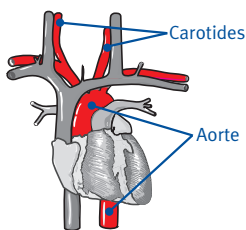
Lorsqu'il y a une augmentation du taux de CO_2 dans le sang artériel, cela stimule des récepteurs sensibles aux substances chimiques : les chémorécepteurs du bulbe rachidien (**chémorécepteurs centraux**) et ceux de l'aorte et des carotides (**chémorécepteurs périphériques**). Cela entraîne un mécanisme de régulation : augmentation de la fréquence et de l'amplitude ventilatoire, jusqu'à ce que le taux de CO_2 revienne à la normale.

TRONC CÉRÉBRAL

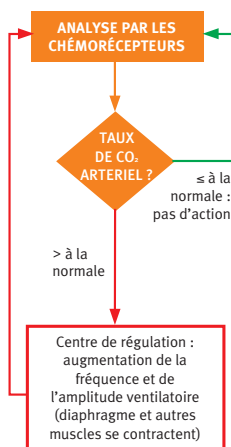


Centres inspiratoire et expiratoire. Localisation des chémorécepteurs centraux.

CŒUR



Localisation des chémorécepteurs périphériques.





AIDE-MÉMOIRE

Echanges gazeux

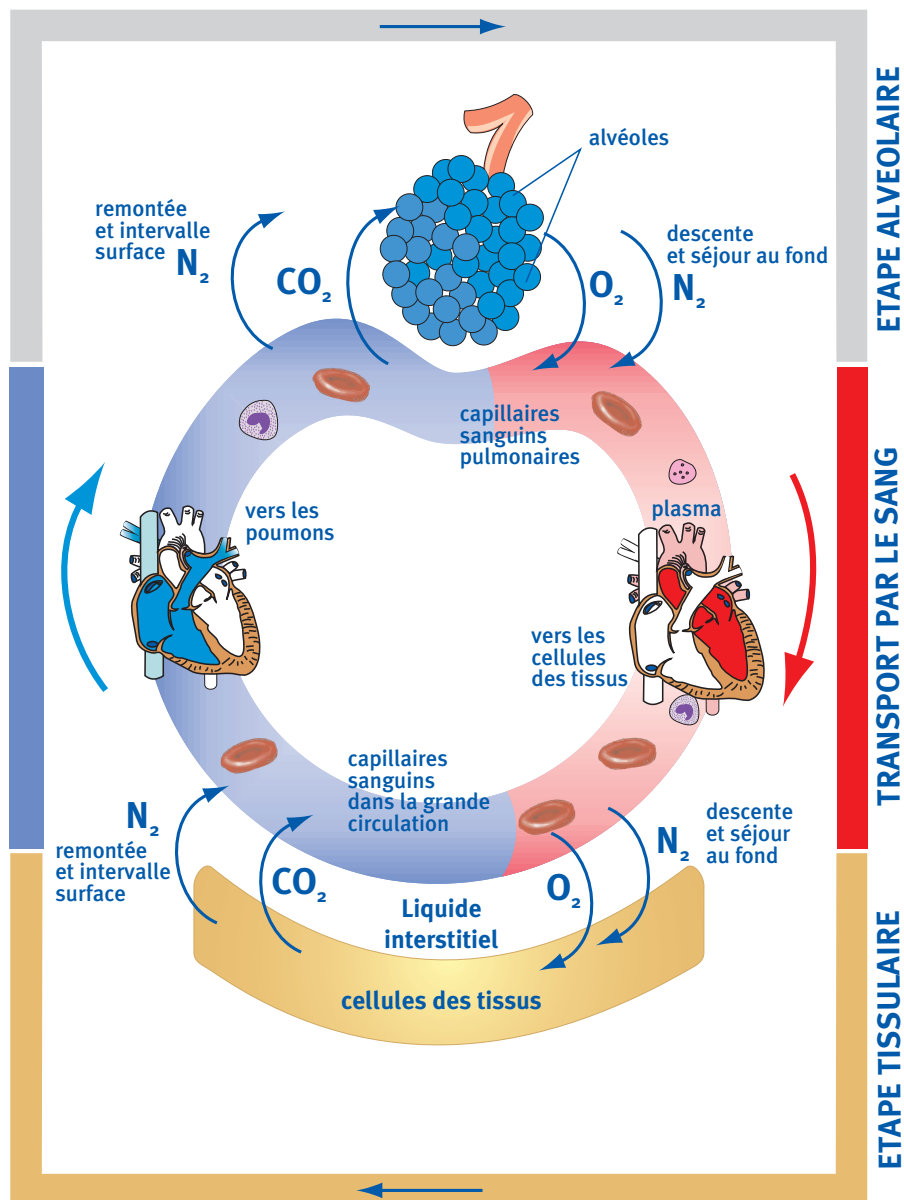


Schéma inspiré par Tortora et Grabowski.

P4

P5

M

FICHE 44

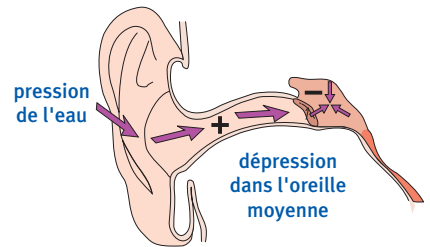
Les risques pour les oreilles en plongée

A 80 %, les accidents ou incidents de plongée concernent les oreilles [57]. Un guide de palanquée doit y être particulièrement attentif, d'abord pour les plongeurs qu'il accompagne, ensuite pour lui-même.

Risque d'otite barotraumatique de l'oreille moyenne

A la descente, si l'équilibre des pressions ne s'effectue pas dans l'oreille moyenne, la dépression créée déforme le tympan qui se tend à l'extrême et se congestionne.

Cette congestion peut gagner la trompe d'Eustache et réduire sa perméabilité, rendant encore plus difficiles les manœuvres d'équipression. Ce cercle vicieux ne fait qu'aggraver l'otite.



Risque de perforation du tympan

Une otite barotraumatique peut aboutir à une perforation du tympan. Le plongeur ressent généralement une forte douleur, accompagnée parfois de saignements et d'acouphènes (bourdonnements, sifflements...). Certains cas présentent aussi une surdité temporaire, voire des vertiges. La cicatrisation demande plusieurs semaines.

Coup de piston : risque barotraumatique de l'oreille interne

Le « coup de piston » de l'étrier dans la fenêtre ovale provoque une brusque augmentation de pression dans le milieu liquidien de l'oreille interne.

Il peut résulter :

- d'un **équilibre brutal à la descente**, par exemple du fait d'un Valsalva tardif et donc violent ;
- d'une **erreur de procédure à la remontée** en effectuant un Valsalva plutôt qu'une manœuvre de Toynbee ou une simple déglutition.

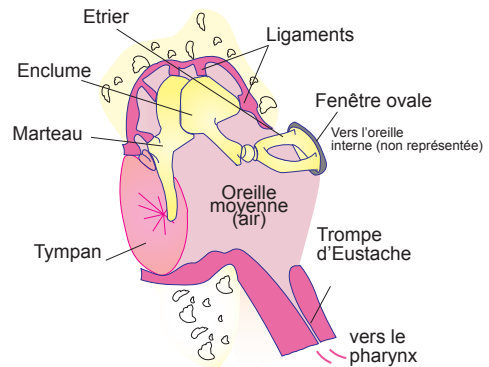
En visualisant une oreille moyenne (voir schéma ci-contre), le mécanisme est simple à comprendre :

- 1) à la descente une dépression apparaît dans l'oreille moyenne faisant, en particulier, s'incurver le tympan ;
- 2) plus la manœuvre d'équilibrage est tardive, plus elle risque d'être violente et non contrôlée, provoquant une arrivée d'air massive et brutale ;
- 3) le retour brutal du tympan à sa position d'équilibre provoque une réaction en chaîne sur les osselets solidaires entre eux (marteau-enclume-étrier) pouvant conduire à la rupture de la fenêtre ovale avec atteinte de la cochlée voire même de la fenêtre ronde.

L'oreille interne peut ainsi être endommagée avec une perte d'audition et/ou des troubles de l'équilibre, temporaires ou définitifs.

La prévention est évidente :

- équilibrer régulièrement au cours de la descente par une manœuvre douce et anticipée ;
- **ne jamais faire de Valsalva à la remontée** non seulement pour éviter ce type de barotraumatisme mais également pour prévenir le risque d'accident de désaturation en cas de FOP (voir fiche 27).



Les modèles de désaturation

Définition

Un modèle est la représentation simplifiée d'un phénomène complexe.

Un modèle s'attache donc, sur la base d'**hypothèses simplificatrices**, à déterminer les **paramètres clefs** permettant d'approcher au mieux le phénomène décrit, sans pour autant en connaître tous les tenants et aboutissants, mais avec des résultats suffisamment fiables.

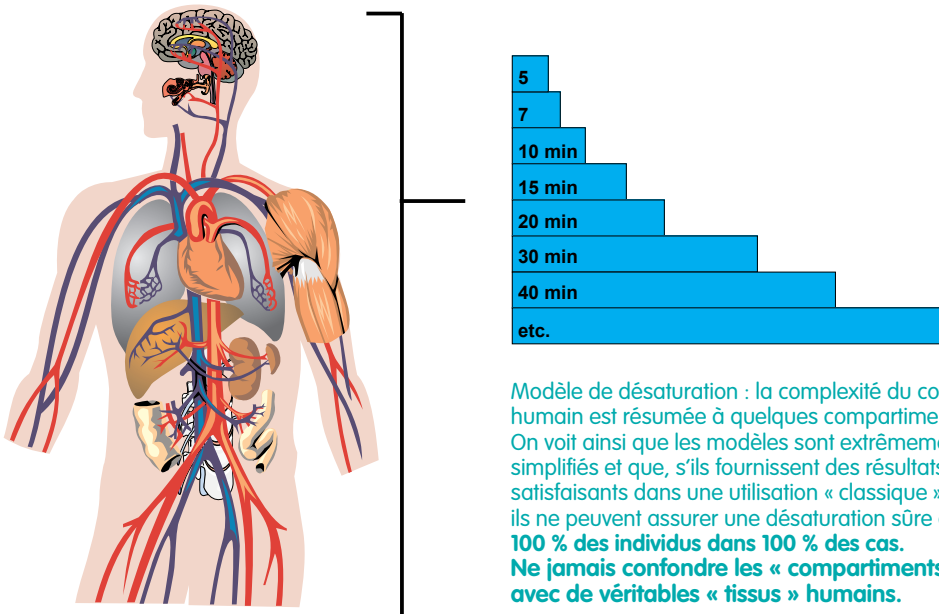
Lorsque le modèle est suffisamment simple pour être traduit sous forme d'équations, on parle de **modèle mathématique**.

Les modèles de désaturation en plongée

En plongée, les modèles de désaturation simplifient les réactions du corps humain face à la charge et à la décharge d'azote en le « découpant » en un certain nombre de compartiments.

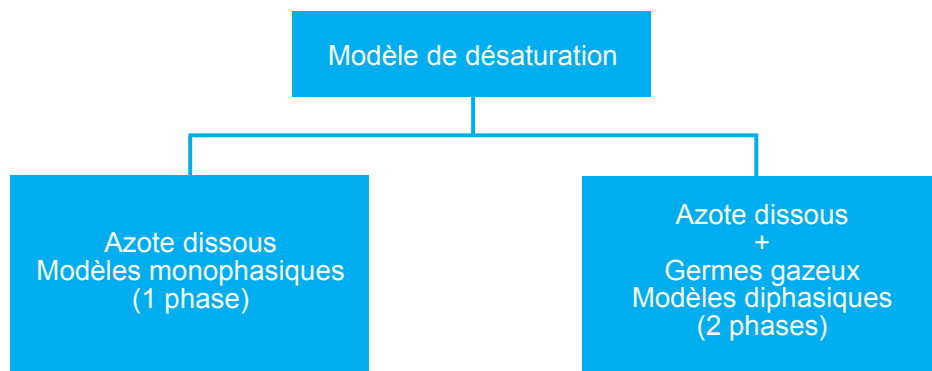
Chaque compartiment se caractérise par :

- Une vitesse de charge et de décharge de l'azote appelée « période » ou « demi-vie ».
- Un seuil critique de baisse de pression (**vitesse de remontée et profondeur plafond**) à ne pas dépasser à la remontée afin d'éviter que la probabilité de risque d'accident de désaturation (ADD) ne soit trop importante. C'est ce seuil qui impose ou non des paliers.



Si de nombreux modèles ont été testés depuis 1908, il ne reste aujourd'hui que deux grandes catégories de modèles sur le marché :

- Ceux qui ne prennent en compte que l'azote dissous.
- Ceux qui prennent en compte l'azote dissous, comme les modèles précédents, en ajoutant une modélisation des « germes gazeux » qui favorisent la création de bulles. On parle alors de « modèles diphasiques ».



Azote dissous

Les modèles supposent tous, **sans exception**, que **plus la quantité** d'azote dissoute dans le corps est importante, **plus le risque** d'accident de désaturation (ADD) est important.

Dans un modèle, la quantité d'azote est calculée en fonction :

- De la profondeur, donnée par un instrument.
- Du temps passé à cette profondeur, donné également par un instrument (découpage en « tranches que quelques secondes » avec les ordinateurs de plongée).
- D'une **hypothèse** de débit cardiaque et de consommation d'air (généralement 20 l/min).
- D'une **hypothèse** d'élimination de l'azote par le filtre pulmonaire à un rythme similaire à son assimilation.

La création de bulles est supposée ne résulter que de la baisse de pression à la remontée : vitesse de remontée et profondeur plafond à ne pas dépasser (paliers).

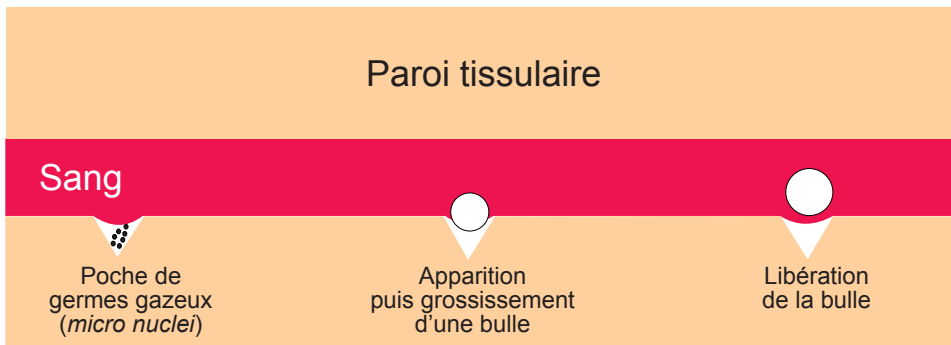
Quantité d'azote + Baisse de pression = Bulles

Micronoyaux gazeux, modèles « diphasiques »

Certains modèles ajoutent une composante « micronoyaux gazeux » ou « gaz nucléi ». Cela signifie qu'en plus de « l'azote dissous » ils considèrent que la préexistence de « **micronoyaux** » ou « **germes** » gazeux dans le corps, composés essentiellement de CO₂, servirait d'amorce à la création de microbulles¹ lorsque l'azote est relâché par les tissus à la remontée. Leur « prise en compte » sécuriserait la désaturation.

Quantité d'azote + Germes gazeux + Baisse de pression = Bulles

De manière simplifiée et imagée, ce phénomène se rapprocherait de la création de bulles dans un verre contenant une boisson gazeuse. On peut constater que les bulles se forment généralement au même endroit, dans certaines « impuretés du verre », puis remontent à la surface. Les calculs associés sont complexes et ne peuvent pas être vulgarisés dans ce livre.



Représentation simplifiée et imagée
d'après *Dive Computers - Insights for Divers & Professionals* par Wolfgang Wild

1. En physique, théorie du changement de phase et de la germination. Ces éléments dépassent le cadre de ce livre.

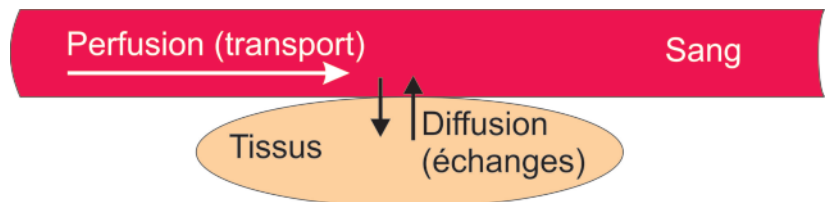
Qu'est-ce qu'un modèle dit « à perfusion » ?

Perfusion et diffusion permettent de décrire l'ensemble des échanges gazeux sang/tissu.

Les gaz transportés par le sang, par « perfusion », pénètrent ou s'évacuent des tissus par « diffusion ».

Il y a ainsi deux phases :

- le transport du gaz (**perfusion**) ;
- la **diffusion** du gaz.



Comme il est extrêmement complexe de modéliser les deux phénomènes ensemble, les modèles de désaturation **privilégient l'une des deux phases**, considérant alors que la seconde a une influence négligeable sur la première.

Ainsi, le modèle de Haldane est un modèle dit « à perfusion » car il ignore le phénomène de diffusion, considérant que le transport des gaz est le facteur principal. Dit autrement, un modèle « à perfusion » suppose qu'il suffit qu'une quantité X de gaz soit transportée pour qu'elle soit diffusée en totalité au sang et aux tissus et que le phénomène de diffusion peut donc être négligé.

A contrario, un modèle « à diffusion » considère que le phénomène limitatif est la diffusion et qu'il ne suffit pas que le gaz soit transporté pour qu'il soit transmis à 100 % au sang ou aux tissus et inversement. Les modèles de Hempleman (1952) et de Hills (1966) retiennent cette hypothèse, particulièrement pour modéliser les accidents survenant dans des zones peu vascularisées comme les articulations.

En pratique, tous les modèles actuellement disponibles dans les ordinateurs de plongée sont des modèles « à perfusion ».

Modèle	Type		Implémentation
Haldane	Azote dissous	Perfusion	Tables de Haldane 1908
US-Navy	Azote dissous	Perfusion	Tables US-Navy
MN90	Azote dissous	Perfusion	Tables MN90
Comex	Azote dissous	Perfusion	Tables Comex
Bühlmann	Azote dissous	Perfusion/diffusion	Tables Bühlmann Ordinateurs : Scubapro-Uwatec, Aqua Lung, Hollis, Liquivision, ASTC, Petrel
Hempleman 1952	Azote dissous	Diffusion	Tables BS-AC
Hills 1966	Azote dissous	Diffusion	
RGBM	Azote dissous + germes gazeux	Perfusion	Ordinateurs : Suunto, Mares, Cressi, Atomic

FICHE 50

Les modèles non haldaniens

Afin de dépasser les limites de l'approche haldanienne, certains chercheurs ont développé de nouveaux modèles de désaturation.

Modèle par « diffusion » ou « slab model »

Développé par Hempleman en 1952, ce modèle tente de prendre en compte la manière dont les gaz diffusent dans l'organisme, par opposition au modèle haldanien, dit « par perfusion ». Cela conduit, d'une part, à prendre en compte la résistance mécanique des tissus lors des phases d'absorption et d'élimination d'azote et, d'autre part, à envisager le cas des bulles non pathogènes [69]. Repris par Tom Hennessy, ces travaux ont donné naissance, en 1988, aux tables du British Sub-Aqua Club (BS-AC), calculées sur **un seul compartiment théorique** (A.V. Hill envisageait cela dès 1928). Notez que le palier le moins profond se déroule non pas à 3 mais à 5 m.

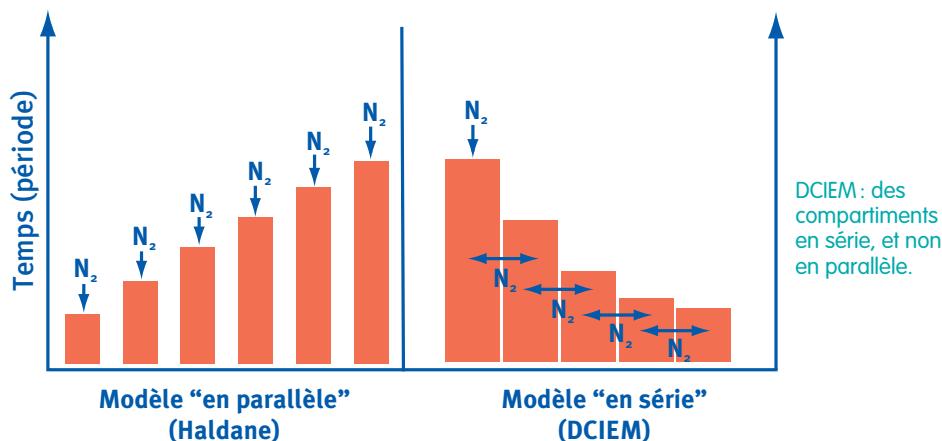
Compartiments en série (DCIEM)

Dès 1962, les Canadiens D.J. Kidd et R.A. Stubbs travaillent au développement d'un calculateur de plongée. Partant d'un modèle haldanien, leurs recherches montrent que le fonctionnement de l'organisme serait bien mieux représenté par des compartiments « en série » plutôt qu'en parallèle, afin de prendre en compte des échanges de gaz entre compartiments.

En 1971, leurs laboratoires respectifs fusionnent au sein du DCIEM (Defense and Civil Institute of Environmental Medicine). Ron Nishi prend leur suite et met au point, à partir de 1983, une nouvelle version des tables DCIEM, utilisées au Canada.

Noyaux gazeux et microbulles : modèles « di-phasiques »

L'approche de Haldane ne considère que le gaz **dissous**, en supposant que tant que le seuil critique (S_c) n'est pas dépassé, aucune bulle n'apparaît. Nous l'avons dit, ce n'est pas le cas en réalité. Le respect des procédures « haldaniennes » n'empêche pas la création de bulles lors de la désaturation, leur nombre étant d'autant plus important qu'il s'agit de plongées profondes, de plongées successives ou encore de profils atypiques (yo-yo et remontées rapides en particulier). Différents modèles ont donc vu le jour, dans le but de prendre en compte non seulement l'azote dissous (comme dans les modèles haldaniens), mais aussi la présence de **noyaux gazeux** (gaz



P4

P5

M

I

FONCTIONNEMENT D'UN ORDINATEUR DE PLONGEE

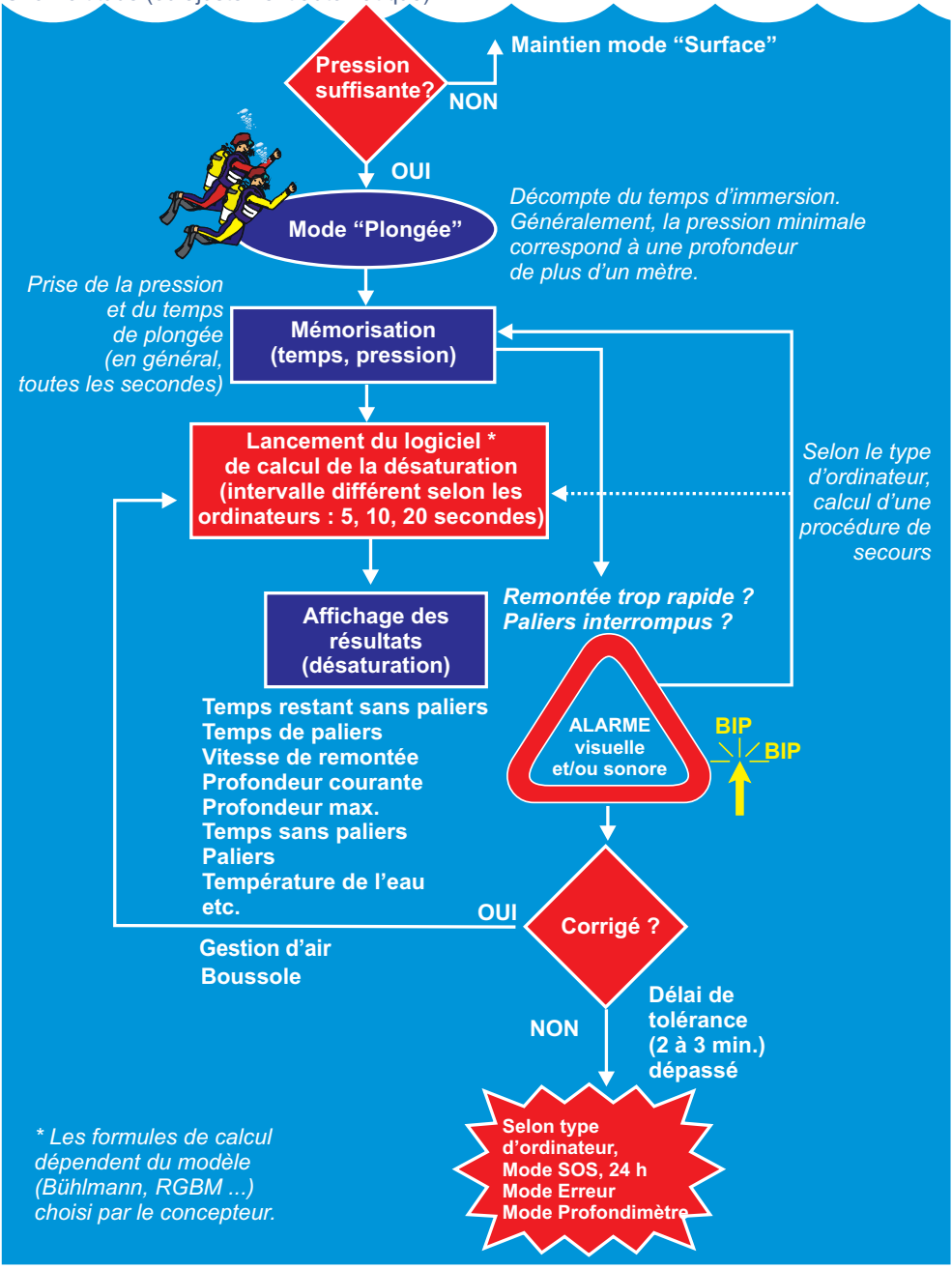
(approche simplifiée)

AVANT PLONGEE

Test piles à la mise en route
Choix du mode Air, Nitrox, Profondimètre
Paramétrages personnels
Paramétrage alarmes
Mode Planification
Choix altitude (ou ajustement automatique)

APRES PLONGEE

Délai avion, altitude
Temps résiduel de désaturation
Mode carnet de plongée
Interfaces



Utilisation d'un ordinateur

Un ordinateur de plongée affiche différentes informations et dispose de fonctions spécifiques selon que vous soyez :

- En surface avant de plonger (pre-dive) ;
- En plongée (dive) ;
- En phase de remontée ;
- De retour en surface après une plongée.

De plus, selon les modèles, différentes options peuvent être disponibles :

- gestion d'air intégrée ;
- compas ou boussole numérique ;
- cardio-fréquencemètre.

Enfin, la connaissance de certains autres éléments est nécessaire à une bonne utilisation :

- les types d'écrans disponibles, l'affichage et la lisibilité ;
- les interfaces ;
- les piles et accus ;
- l'entretien courant.

Pour les plongées en altitude, elles sont traitées dans la fiche 77.



EN SURFACE, AVANT DE PLONGER (PRE-DIVE)

Il est conseillé de toujours mettre son ordinateur sous tension avant de plonger, pour :

- Vérifier son fonctionnement (affichage correct, pas de message d'erreur ou d'avertissement de sécurité).
- Vérifier le niveau de charge des piles qui s'affiche, selon les modèles, en pourcentage (exemple : 90 %), sous forme de barrettes ou sous forme d'un pictogramme symbolisant une pile. Généralement, un avertisseur sonore et/ou visuel prévient l'utilisateur lorsque les batteries sont faibles (signal « bat » clignotant ou « low bat »). Ne plongez jamais avec un ordinateur ayant un niveau de piles faible, il risque de s'éteindre brusquement sous l'eau vous obligeant alors à adopter une procédure de remontée d'urgence.

PROFONDEUR AFFICHÉE

Un ordinateur effectue ses calculs en fonction des **variations de pression**. Il n'utilise donc pas la notion de **profondeur**, qui n'est affichée qu'à titre d'information pour le plongeur. La conversion pression/profondeur dépend de l'étalonnage de la machine. Certains modèles considèrent une densité égale à 1 (eau douce), d'autres une densité de l'ordre de 1,025 (eau de mer). D'autres enfin, testent la salinité de l'eau à l'immersion ou proposent de sélectionner la densité voulue.

De plus, bien que les capteurs électroniques de pression soient plus fiables que les appareils mécaniques, ils ont tous une tolérance de précision de l'ordre de + ou - 30 à 50 cm.

Il est donc logique de constater des différences entre ordinateurs, d'autant plus grandes que la profondeur est importante. A 40 ou 50 m, la profondeur affichée peut ainsi varier de 1 à 2 m selon l'instrument utilisé. Cela doit nous inciter à la prudence.

MODE « PERSONNALISATION », DIFFÉRENTES APPELLATIONS SELON LES MARQUES

ATOMIC (Cobalt)	Adapte son algorithme en fonction de la date de naissance saisie dans les informations personnelles (« personal info »).
CRESSI	Facteur de sécurité (Safety Factor)
MARES	PFACTOR : facteur de corrections personnel
OCEANIC, AQUA LUNG	Facteur de prudence
SCUBAPRO-UWATEC	Niveau de microbulles
SUUNTO	Paramètres personnels

- Planifier la plongée avec les membres de votre palanquée (mode PLAN ou PLANIFICATION).

Mode « planification »

Le mode planification des plongées permet, a minima, de faire défiler en surface le temps sans palier à différentes profondeurs.

Cela permet, par exemple, de préparer des plongées avec procédure hétérogène en ajustant les paramètres (temps, profondeur) en fonction des indications des ordinateurs des différents membres de la palanquée.

Le mode PLAN prend en compte :

- les précédentes immersions (et donc le taux d'azote résiduel) ;
- le niveau d'altitude indiqué ;
- les facteurs personnels paramétrés ;
- le type de gaz utilisé (air, nitrox...).

Certains modèles d'ordinateurs sophistiqués permettent également de prendre en compte :

- l'intervalle surface prévu avant l'immersion (et non l'intervalle surface au moment du lancement de la planification) ;
- les paliers éventuels en sélectionnant non seulement la profondeur mais également le temps de plongée envisagé.



Zoop © Suunto



i200 © Aqua Lung



Mantis 2 © Scubapro

PROCÉDURES HÉTÉROGÈNES

Définition

Coexistence au sein d'une même palanquée de :

- plongeurs n'ayant pas le même niveau de saturation (ex. un plongeur n'a pas plongé le matin, contrairement aux autres) ;
- marques, modèles d'ordinateurs différents ;
- moyens de désaturation différents (tables et ordinateurs) ;
- paramétrages différents (ex. mode personnalisation, paliers profonds, paliers optionnels) des ordinateurs, y compris pour 2 modèles de la même marque.

Règle n° 1 : Définir le protocole de désaturation avant de plonger

La désaturation de la palanquée ne doit pas s'improviser au fond, au moment d'amorcer la remontée. Le protocole doit être décidé d'un commun accord, avant la plongée, en tenant compte :

- des moyens de calcul de la désaturation de chacun (tables, ordinateurs) ;
- des paramétrages effectués (personnalisation, paliers profonds, paliers optionnels...) ;
- des précédentes plongées réalisées ;
- du niveau de compétence (qualification, expérience) des plongeurs.

A ce stade, la planification est un élément essentiel. En fonction du site de plongée prévu, le guide de palanquée doit déterminer les paramètres (temps, profondeur) de la plongée en concertation avec les autres membres de la palanquée. Chacun doit alors vérifier que la désaturation est bien celle prévue (plongée sans palier, limitation à 3 minutes de paliers, etc.).

Le mode planification des ordinateurs est ici indispensable.

Des protocoles de désaturation trop éloignés les uns des autres doivent conduire à la modification des palanquées, en concertation avec le directeur de plongée.

Règle n° 2 : Rester solidaires

Toute la palanquée doit rester groupée, depuis la mise à l'eau jusqu'au retour au bateau. Rappelons qu'une palanquée effectue une plongée ayant les mêmes caractéristiques de trajet, durée et profondeur. Le groupe doit donc être solidaire, du début de la plongée jusqu'à la sortie de l'eau.

Règle n° 3 : Une seule vitesse de remontée

Lorsque différentes vitesses de remontée coexistent, la plus lente s'impose à tous. Si nécessaire, les plongeurs utilisant des tables intègrent le temps de remontée dans la durée de la plongée (remontée lente). Une vitesse de l'ordre de 10 m/min convient le plus souvent.

Règle n° 4 : La désaturation la plus limitative (vitesse la plus lente, paliers les plus longs) s'impose à tout le groupe

Toute la palanquée doit effectuer les paliers les plus exigeants et ne doit en aucun cas se dissocier au cours de la désaturation.

Pour éviter toute complication, la solution la plus sage consiste à limiter la profondeur de ce type de plongée, pour rester dans la courbe des plongées sans palier.

Procédures hétérogènes dans une même palanquée : tableau résumé

1	2	3	4
Choix des paramètres avant la plongée	Même trajet, même durée, même profondeur	Vitesse la plus lente	Paliers les plus profonds et les plus longs

P4

P5

M

I

EN PLONGÉE (DIVE)

Le mode « PLONGEE » s'active au-delà d'une certaine pression (généralement 50 cm à 1 mètre de profondeur). C'est à partir de ce moment-là que :

- le temps d'immersion est décompté ;
- les paramètres (temps, profondeur) sont mémorisés ;
- les calculs de désaturation sont effectués.

Plongées sans palier (NDL – No Decompression Limit)

En début de plongée, le message NO DEC, NO DECO, NO DEC TIME, NDC, NDL (*No Decompression Limit*) ou NO STOP apparaît, suivi d'un nombre indiquant le temps restant sans palier à la profondeur courante. Généralement, la valeur 99 (ou le signe « - ») indique que le temps sans palier est plus important que la capacité d'affichage.

Plongées avec paliers obligatoires

Au cours de la plongée, ce temps diminue jusqu'à atteindre la zone des plongées avec palier. La plupart des ordinateurs émettent alors une alarme sonore, pour avertir le plongeur. Le message DECTIME, STOP, ou DECOSTOP, ou indique le temps et la profondeur de palier [CEILING]. Il peut être éventuellement complété par le temps total de remontée [ASC TIME], paliers inclus. Selon les modèles, la profondeur des paliers est mentionnée explicitement [6m, 3m] ou sous forme de barrettes indiquant une plage de désaturation.

Paliers optionnels, facultatifs ou recommandés

Certains modèles d'ordinateurs prévoient des paliers optionnels dits « paliers de sécurité » dont la justification serait de réduire les risques d'ADD sans autres explications dans les notices. Ils sont généralement symbolisés différemment des paliers obligatoires. Omettre ces paliers ne met pas votre ordinateur en erreur.

Paliers « profonds » (deep stops) : controversés pour les plongées à l'air

Si vous avez opté pour l'option « paliers profonds » ceux-ci s'affichent automatiquement au cours de la remontée.

Origine des paliers profonds

L'origine des paliers dits « profonds » est attribuée à Richard Pyle, un biologiste marin qui collectait, au milieu des années 1990, des poissons par grande profondeur à Hawaï. S'interrogeant sur son état de fatigue variable selon les plongées, il se rendit compte qu'il était extrêmement fatigué à l'issue des plongées sans avoir trouvé de poissons et qu'il se sentait en bien meilleure forme à chaque fois qu'il avait pu prendre des poissons. En comparant ses profils de plongée, il constata que lorsqu'il remontait avec des poissons, il s'arrêtait régulièrement une à deux minutes au cours de la remontée afin que les poissons puissent libérer une partie du gaz contenu dans leur vessie natatoire, chose essentielle à leur survie. De manière empirique, Richard Pyle adoptait la procédure suivante :

- Calcul normal de sa désaturation et détermination de la profondeur du premier palier ;
- Arrêt d'une ou deux minutes à mi-distance entre le départ du fond et la profondeur du premier palier ;
- Recalcul de la désaturation en intégrant le temps du palier profond dans le temps de plongée ;
- Arrêt d'une ou deux minutes à mi-distance entre le dernier palier profond et le premier palier proposé par le protocole de désaturation ;

EN SURFACE, APRÈS LA PLONGÉE

Quelques minutes après une plongée, les ordinateurs repassent en mode SURFACE.

Ils indiquent alors un délai de désaturation et un délai minimum avant de prendre un avion de ligne (icône représentant un avion ou DO NOT FLY) ou de monter en altitude.

Il est également possible, dans ce mode, de dérouler le profil de la plongée (par exemple, de 20 secondes en 20 secondes) ou de rappeler les précédentes plongées : fonction LOGBOOK ou CARNET DE PLONGÉE.

Mode carnet de plongée

Les ordinateurs de plongée conservent les paramètres des dernières plongées et permettent de les rappeler via une fonction « carnet de plongée » ou de les exporter, selon les modèles, vers votre ordinateur de bureau, une tablette ou un Smartphone.

La fonction carnet de plongée (« Logbook ») de la plupart des ordinateurs vous permet de visualiser les éléments suivants :

- le numéro de la plongée ;
- la date ;
- l'heure ;
- l'intervalle surface avant la plongée ;
- la profondeur maximum atteinte ;
- le temps d'immersion ;
- le type de plongée (air/nitrox) ;
- l'altitude ;
- la température de l'eau ;
- etc.

De plus, vous pouvez faire défiler le profil de la plongée :

- soit sous forme de couples de valeurs temps/profondeur ;
- soit sous forme de graphique sur certains modèles.



Diviac (logbook.diviac.com) propose un carnet de plongée numérique dans le cloud avec de nombreuses fonctions (base de données sur les espèces marines, localisation des sites, partage avec d'autres plongeurs, etc.).

Diviac est interfaçable avec la plupart des ordinateurs de plongée.

Mode historisation (« history »)

En plus du carnet de plongée, le mode historisation vous permet de mémoriser :

- le nombre total de plongées réalisées ;
- le nombre d'heures d'immersion ;
- la profondeur maximale atteinte.

LA GESTION D'AIR INTÉGRÉE

L'option « gestion d'air » disponible sur certains ordinateurs de plongée remplace un manomètre et permet d'utiliser l'écran de l'ordinateur pour afficher la pression disponible dans la bouteille ainsi que des informations sur l'autonomie en air.

Cette fonction ne peut pas être utilisée pour personnaliser la désaturation car la consommation d'air est soumise à de nombreux aléas (utilisation de l'inflateur, alimentation en air d'un équipier) et ne peut donc pas être considérée comme un indicateur fiable. Seul le débit cardiaque pourrait fournir une information utile (voir le point sur le cardio-fréquencemètre).

Avantages de la gestion d'air intégrée

La gestion d'air intégrée à un ordinateur de plongée offre de multiples avantages :

- visualisation de la pression disponible sur le même écran que celui indiquant les paramètres de désaturation ;
- estimation de l'autonomie en air calculée en permanence (indicateur RBT pour « REMAINING BOTTOM TIME », AIR TIME ou TTR pour « TIME TO RESERVE ») en tenant compte de la consommation d'air, de la désaturation et d'une réserve d'air de sécurité, de l'ordre de 35 bars.
- alarme d'indication de réserve d'air faible vers 50 bars à 35 bars.

Système de liaison entre votre bouteille et votre ordinateur

La liaison entre votre bouteille de plongée et votre ordinateur peut s'effectuer :

- soit par un tuyau (ordinateur en console) ;
- soit par un système de communication sans fil (ordinateur au poignet).

Système de liaison par tuyau

Il suffit de brancher le tuyau de votre console d'ordinateur sur une sortie haute pression (HP) du premier étage de votre détendeur. Vous devez veiller ensuite à attacher votre console, par exemple sur le gilet, pour éviter qu'elle ne traîne au fond, s'abîme et endommage les fonds.

Système de liaison sans fil

Les liaisons sans fil (ex. ultrasons) utilisent un émetteur (sonde) spécifique à chaque et valable pour plusieurs modèles de la même marque, branché sur une sortie haute pression du premier étage du détendeur, qui communique avec votre ordinateur de poignet.

La portée maximale des ondes est de l'ordre de 1,5 à 1,8 m.

Pour que la liaison puisse s'établir, il faut synchroniser l'émetteur (sonde) avec l'ordinateur. Cela peut s'effectuer soit par « appairage », soit en indiquant un numéro de série.

Synchronisation par appairage

L'appairage doit être effectué :

- pour toute première utilisation ;
- après tout changement de piles.

Pour appairer vos instruments :

- Vissez votre émetteur (sonde) sur le premier étage de votre détendeur, sans trop forcer. L'idéal est de commencer à visser la sonde à la main puis de terminer avec une clef en la manipulant délicatement et en cessant de serrer dès que vous sentez une légère résistance (l'étanchéité est assurée par un joint torique).



Atomic Cobalt,
gestion d'air en console.

COMPAS OU BOUSSOLE NUMÉRIQUE

Présentation

Certains ordinateurs proposent l'option « compas » ou « boussole électronique » comme aide à l'orientation en l'absence de points de repère. Cette fonction peut être utilisée en surface comme en plongée.

Compas ou boussole ?

La question de la différence entre un compas ou une boussole revient souvent. En réalité il s'agit de la même chose, un « compas » (venant de l'anglais « compass ») est une boussole marine.



Paramétrages

Les paramétrages concernent généralement :

- le calibrage ou l'étalonnage de l'instrument ;
- le réglage de la déclinaison ;
- le temps de désactivation automatique du mode « compas ».

Calibrage ou étalonnage (« *calibrate* », « *calibration* »)

Pourquoi effectuer ce réglage ?

Ce réglage permet à votre boussole électronique de s'ajuster elle-même en fonction du champ magnétique environnant.

Quand effectuer ce réglage ?

- A la première utilisation ;
- Lorsque le compas ne semble pas fonctionner correctement ;
- Lorsque vous changez de pays ;
- Après tout changement de pile.

Certains fabricants recommandent même, à titre de précaution, d'effectuer un calibrage avant chaque plongée.

Comment effectuer ce réglage ?

Pour éviter toute interférence, évitez de vous situer à proximité de masses métalliques. Après avoir accédé à cette fonction (*voir la notice d'utilisation de votre instrument*), il vous suffit de faire faire à votre ordinateur un 360 degrés ou un mouvement en forme de 8 (selon les modèles). Votre ordinateur doit être posé à plat et le mouvement doit être effectué sans à-coups. La progression du calibrage s'affiche sous la forme d'un cercle ou d'un huit en progression. Selon que le calibrage ait réussi ou pas, un message vous l'indique. Au besoin, recommencez l'opération.

Réglage de la déclinaison (« *declination* »)

Le réglage de la déclinaison compense la déviation entre le Nord géographique (celui qui figure sur les cartes) et le Nord magnétique (celui du champ magnétique terrestre). La déclinaison est donc le nombre de degrés d'écart, vers l'Est ou vers l'Ouest, entre le Nord géographique et le Nord magnétique. Elle varie en fonction du lieu où vous vous situez et en fonction du temps, le Nord magnétique se déplaçant constamment.

Ville	Déclinaison	Variation annuelle	Ville	Déclinaison	Variation annuelle
Brest	2°1' W	0°9' E	Basse-Terre	14°43' W	0°2' W
Cherbourg	1°11' W	0°9' E	Saint-Denis	19°4' W	0°2' W
Bordeaux	0°25' W	0°8' E	Dzaoudzi	8°2' W	0°1' W
Marseille	1°15' E	0°7' E	Nouméa	12°0' E	0°2' E
Fort-de-France	14°56' W	0°2' W	Papeete	12°52' E	0°0' E

TYPES D'ÉCRANS, AFFICHAGE ET LISIBILITÉ

L'affichage et la lisibilité des écrans sont des critères de choix essentiels des ordinateurs de plongée. Cela conduit à prendre en compte :

- le type d'écran utilisé ;
- la taille de l'écran ;
- les possibilités de paramétrage de l'affichage ;
- l'ergonomie associée (boutons-poussoirs, écran tactile...).

Types d'écrans

Selon les modèles d'ordinateurs, trois types d'écrans sont utilisés : LCD, LCD-TFT et OLED.

Ecrans LCD

Les écrans à cristaux liquides (LCD en anglais pour *Liquid crystal display*) monochromes sont d'un emploi généralisé depuis les années 1980/1990. On les retrouve sur presque tous les affichages électroniques : calculatrices, montres, appareils photo, caméras, téléphones portables, ordinateurs de plongée...

Ils offrent l'avantage de pouvoir créer des écrans plats consommant peu d'énergie.

En contrepartie, les possibilités d'affichage sont relativement rudimentaires. Les caractères sont dessinés grossièrement et leur lisibilité peut laisser à désirer en cas de manque de lumière ou de trop forte luminosité.

Pour que ces écrans soient lisibles en cas de faible lumière (ex. plongées profondes, eaux troubles, plongées de nuit, plongées en carrières ou en lac), il est nécessaire d'utiliser une fonction de rétro-éclairage.

Ecrans LCD et rétro-éclairage

Les fonctions de rétro-éclairage exploitent la relative transparence des cristaux liquides pour rendre l'affichage plus lisible par ajout de lumière via des lampes à décharge ou des LED. Cela augmente la consommation d'énergie, ce qui explique pourquoi ces fonctions de rétro-éclairage ne s'activent que durant quelques secondes (ce temps est généralement paramétrable).

Tous les ordinateurs de plongée à écran LCD ne disposent pas de cette fonction pourtant essentielle avec cette technologie.

Ecrans LCD-TFT

La technologie TFT (*Thin-film transistor*), utilisée par la plupart des écrans LCD couleurs de qualité, est consommatrice en énergie. Par exemple l'ordinateur Mares Icon-HD, qui dispose d'un tel écran, a une autonomie d'environ 4 plongées (fort heureusement, il est rechargeable sur secteur).

Ecrans OLED

Les écrans électroluminescents ou OLED (*Organic light-emitting diode*) utilisent une technologie qui offre de multiples avantages par rapport aux écrans LCD :

- Meilleure lisibilité dans toutes les conditions d'éclairage, y compris en cas de faible ou de forte luminosité ;
- Angle de confort de vision plus étendu avec une lumière plus diffuse ;
- Consommation d'énergie plus faible ;
- Meilleur rendu des couleurs ;
- Meilleur temps de réponse à l'affichage ;
- Moindre coût de fabrication.

Au chapitre des inconvénients, citons la durée de vie des écrans OLED, donnée pour environ 15 000 heures. La technologie est utilisée sur des téléphones portables, des appareils photographiques numériques, des baladeurs numériques, des téléviseurs... et des ordinateurs de plongée de dernière génération.

LES INTERFACES

Présentation

Afin de pallier le manque de mémoire des ordinateurs de plongée et offrir des possibilités supplémentaires, il existe des interfaces permettant d'exporter les données vers votre ordinateur personnel par câble USB ou liaison infrarouge (PC, Mac) et, sur certains modèles, vers des terminaux mobiles (tablette, Smartphone) via une liaison Bluetooth.

Pour cela, il vous faut :

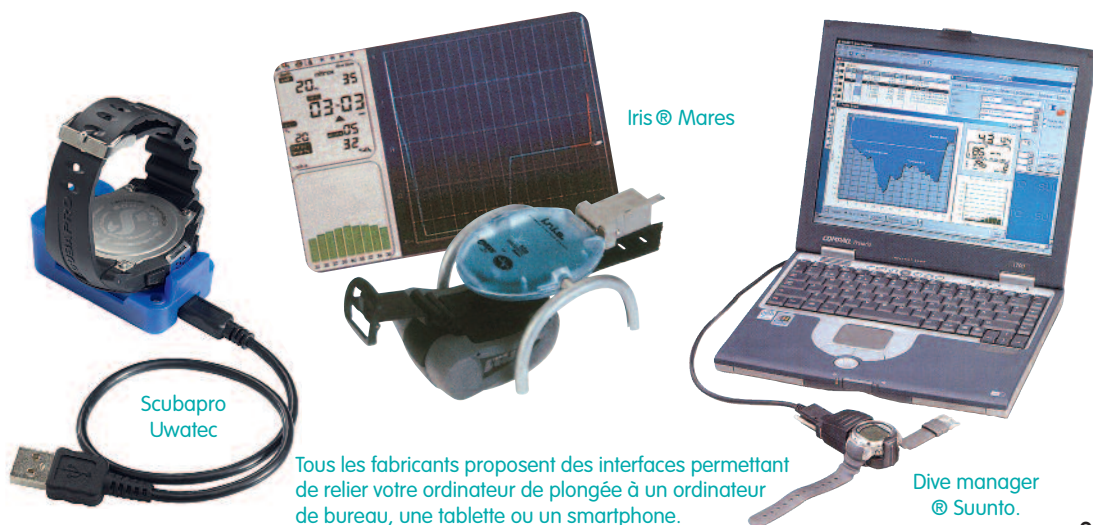
- Disposer du système de liaison entre votre ordinateur de plongée et votre ordinateur de bureau. Selon les marques il est vendu avec l'ordinateur de plongée, pour d'autres il est disponible en option. Selon les modèles, la liaison s'effectue par câble USB, infrarouge ou technologie Bluetooth (vérifiez avant achat la compatibilité avec votre système) ;
- Télécharger sur le site du fabricant le logiciel d'interface.

Exemples de noms d'interfaces selon les marques

Marques	Interfaces	Liens
ATOMIC	Cobalt Diverlog	www.atomicaquatics.com
CRESSI	PCLINK	www.cressi.it
LIQUIVISION	Selon modèles : Xen, Xeo, Kaon, Lynx	www.liquivision.com
MARES	DRAK ou IRIS selon les modèles	www.mares.com
OCEANIC	Oceanlog	www.oceanicworldwide.com
AERIS	DiverLog (liaison Bluetooth pour terminaux mobiles)	http://www.diveaeris.com
OSTC	FTDI Chip	www.heinrichsweikamp.com
SHEARWATER (Petrel)	Interface Bluetooth (PC, Mac, iPad...)	www.shearwater.com
SCUBAPRO	SmartTRAK, LogTRAK	www.scubapro-uwatec.com
SUUNTO	DM4 (Dive Manager)	www.suunto.com
DIVIAC	Compatible avec la plupart des modèles d'ordinateurs	logbook.diviac.com



Interface Diviac compatible avec de nombreux modèles d'ordinateurs



Tous les fabricants proposent des interfaces permettant de relier votre ordinateur de plongée à un ordinateur de bureau, une tablette ou un smartphone.

Dive manager
® Suunto.

FICHE 52

Utilisation des tables MN90-FFESSM

Nous vous avons déjà présenté, dans l'ensemble des livres de la série *Plongée Plaisir*, l'utilisation des tables fédérales (MN90-FFESSM) et en particulier dans *Plongée Plaisir 2*. Cette partie résume les points clefs, en guise de rappel.

Cadre d'utilisation

Les tables MN90-FFESSM ont été adoptées pour l'ensemble des examens théoriques de la FFESSM, afin de permettre une harmonisation des résultats. En dehors de ce cadre, chaque plongeur est libre d'utiliser tout protocole de désaturation validé (tables ou ordinateurs).

Les limites d'utilisation des tables fédérales sont les suivantes :

- plongées à l'air ;
- plongées au niveau de la mer (0 à 300 m d'altitude) ;
- profondeur maximum : 60 m. Les profondeurs de 62 et 65 m ne sont indiquées qu'à titre de secours, en cas de dépassement accidentel de la profondeur maximum, ce qui interdit alors toute plongée dans les 12 heures ;
- effort physique modéré ;
- vitesse de remontée de l'ordre de 15 à 17 m/min¹ jusqu'au premier palier, puis de 6 m/min entre les paliers, et du dernier palier à la surface, soit 30 secondes (0,5 minute) pour remonter de 3 m ;
- deux plongées maximum par 24 heures.



Un mode d'emploi des tables MN90-FFESSM est joint à ce livre et disponible en téléchargement sur www.plongee-plaisir.com.

Les tableaux

Les tables MN90-FFESSM comprennent :

- les tables proprement dites ;
- le tableau 1, indiquant l'évolution de l'azote résiduel en surface après une plongée, en fonction du Groupe de Plongée Successive (GPS) ;
- le tableau 2, pour déterminer la majoration en minutes, lors d'une plongée successive ;
- le tableau 3, présentant la diminution de l'azote résiduel par inhalation d'oxygène pur en surface ;
- le tableau 4, pour faciliter le calcul des durées de remontée.

Paramètres d'une plongée

Une plongée se caractérise par :

- un **temps de plongée**, calculé en minutes, depuis l'immersion jusqu'au moment où la palanquée remonte à une vitesse de l'ordre de 15 m/min ;
- une **profondeur maximale** atteinte, qui est prise en compte pour toute la durée de plongée.

A partir de ces deux paramètres (temps, profondeur), il est possible de déterminer la durée et la profondeur d'éventuels paliers.

Lorsque le temps ou la profondeur de la plongée ne sont pas inscrits dans la table, il faut prendre la valeur lue, immédiatement supérieure.

Notez qu'en tant que guide de palanquée, vous êtes responsable de la désaturation des plongeurs que vous encadrez. Avant toute immersion, vous devez donc rappeler qu'aucun plongeur ne doit évoluer en dessous de vous. De plus, lorsque les membres de votre palanquée disposent d'instruments, vous devez les consulter en fin de plongée pour retenir les paramètres les plus limitatifs et les appliquer à tout le groupe.

P4

P5

M

1. Cette vitesse reste considérée comme trop rapide dans le domaine de la plongée de loisir. Une vitesse de l'ordre de 9 à 12 m/min semble faire consensus.

FICHE 53

Les risques d'accidents de désaturation (ADD)

Les études ¹ et évaluations sur les ADD montrent un risque relativement faible, de l'ordre de 1 à 5 pour 10 000 avec une rémission complète, après traitement hyperbare, dans la plupart des cas. Si la rapidité de l'alerte et de l'intervention (oxygène, évacuation vers un caisson hyperbare) est cruciale, **la prévention est essentielle.**

A l'origine : la formation de bulles

Durant la désaturation, l'azote dissous au cours de la plongée peut reprendre sa forme gazeuse et former des microbulles. Celles-ci ne causent pas d'accident lorsqu'elles restent de petite taille et peu nombreuses : elles sont éliminées par le filtre pulmonaire à l'expiration. On parle de « bulles silencieuses » (voir encadré page suivante).

Mais ces microbulles peuvent aussi grossir lors de la remontée ou s'associer entre elles pour former des embolies ou des manchons gazeux qui deviennent alors pathogènes. Les risques sont d'autant plus importants que le nombre de bulles créées l'est aussi. Les signes dépendent de leur localisation : **troubles neurologiques** (paralysies, perturbation de la vision, du toucher...) et **atteintes de l'oreille interne** (équilibre, audition) en particulier.

COMPOSITION DES BULLES

Dans un souci de simplification, il est souvent indiqué que les bulles ne contiennent que de l'azote. En réalité, elles contiendraient également du CO₂, de la vapeur d'eau et de l'O₂.

Prévention des risques : une question de probabilités

Si, comme déjà dit, les risques sont relativement faibles, les études ² récentes montrent que 70 % à 80 % des ADD surviennent malgré le respect des procédures (ordinateurs, tables). Cela signifie que l'amélioration constante des modèles permet de bénéficier désormais d'une désaturation sûre, mais que les cas qui persistent se situent majoritairement en dehors du domaine de validité des protocoles (ordinateur, tables).

Pour plonger en sécurité, il faut donc non seulement :

- 1) respecter un protocole de désaturation ;
- mais également prendre en compte :
- 2) l'existence de facteurs individuels de risque ;
- 3) les profils de plongée dangereux ;
- 4) les comportements à risque.

Ces 4 points sont détaillés dans les pages suivantes.

1. a) Peter B. BENNETT, *Epidemiology of decompression illness and fatalities in recreational divers*, in Proceeding of the 1st european consensus conference on hyperbaric medicine, Lille, septembre 1994 ; 28 - 34.
- b) Enquête CROSSMED, 2003.
- c) BLATTEAU J.-E., GUIGUES J.-M., HUGON M., GALLAND -F.-M., *Bilan de 12 années d'utilisation de la table MN 90 par la Marine nationale. Analyse rétrospective de 61 accidents de désaturation*, MedSubHyp ; communication présentée lors de la réunion scientifique d'automne de septembre 2004.
- d) B. GRANDJEAN, *Epidémiologie des accidents de la plongée sous-marine autonome de loisir*, in *Traité de médecine hyperbare*, Ellipse éditions 2002 ; 153 - 159.
2. Enquête annuelle FFESSM, Commission Médicale et de Prévention Nationale (www.ffessm.fr).

QUELLE PROBABILITÉ DE RISQUE D'ADD ?

Selon Bernard Gardette (*Comex 50 ans de recherches et d'innovations*, 2012, pp. 140-142), « On sait depuis quelques années, grâce aux statistiques COMEX que toutes les plongées ne comportent pas le même risque de produire un ADD. Cette probabilité de faire un accident augmente avec la charge en gaz contenue dans l'organisme, en fonction de la profondeur de la plongée et du temps passé au fond. A une charge en gaz Q (profondeur, en mètres, multipliée par la racine carrée du temps au fond, en minutes), va correspondre un risque d'ADD. »

Facteur Q	Risque d'ADD
130	1/1 000 000
180	1/100 000
240	1/10 000
320	1/1 000
420	1/100 (1%)
560	1/10 (10%)
750	1/1 (100%).

Risques d'ADD en respectant un protocole de désaturation et hors prise en compte des facteurs de risques individuels (facteurs favorisant), du comportement et du profil adopté par le plongeur.

Exemples de calcul du facteur Q en fonction de couples temps/profondeur

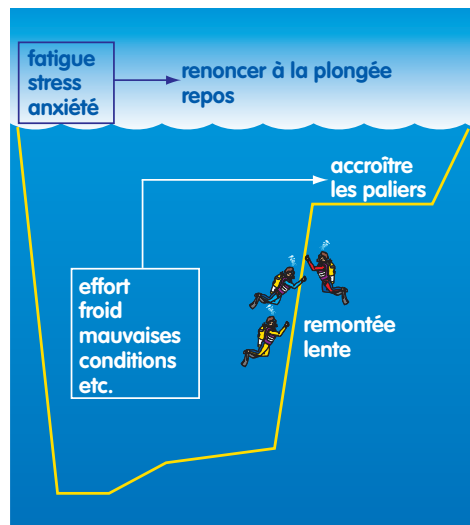
Prof.	Temps	Q	Risque statistique (global)	Facteurs individuels, comportement, profil	Risque individuel (1 à 5 p. 10 000)
20	10	63	< 1/1 000 000	Chacun des facteurs augmente le risque d'ADD.	Différent pour chacun et selon les conditions du moment. Actions possibles : limiter la profondeur et/ou le temps de plongée, utiliser du Nitrox, paramétrer son ordinateur en conséquence, etc.
30	10	95	< 1/1 000 000		
40	10	126	< 1/1 000 000		
50	10	158	< 1/100 000		
60	10	190	< 1/10 000		
20	30	110	< 1/ 1 000 000		
30	30	164	< 1/ 100 000		
40	30	219	< 1/10 000		
50	30	274	< 1/ 1 000		
60	30	329	< 1/100 (1%)		
20	60	155	< 1/100 000		
30	60	232	< 1/ 10 000		
40	60	310	< 1/1 000		
50	60	387	< 1/100 (1%)		
60	60	465	< 1/10 (10%)		

2. Facteurs individuels de risque (facteurs favorisants)

Les facteurs individuels de risque sont des facteurs favorisant les risques ADD. Par définition, ils ne sont **pas pris en compte par les modèles de désaturation car non généralisables**. A titre d'illustration, en voici une liste inspirée librement de celle de la Comex et qui ne l'engage pas :

1. Mauvaise forme physique, longs trajets pour aller plonger, manque de sommeil, fatigue excessive y compris sur le plan psychique : stress au travail, problèmes familiaux ou professionnels durables, perte d'emploi, situation de divorce, etc. ;
2. Mauvaise hygiène de vie : tabac (cela augmenterait la viscosité sanguine par 3 ou 4 selon BONNIN J.-P. et coll., La plongée sous-marine sportive, Masson, 1999, p. 28), alcool, nourriture trop riche... ;
3. Age > 40 ans ;
4. Poids ;
5. Antécédent de maladie grave, prise régulière de médicaments ;
6. Manque de pratique récente : plongées précédentes remontant à plusieurs semaines. Pour les plongeurs de loisir français de Métropole, le cas typique est celui des plongées du mois de mai, à l'ouverture de la saison. C'est la période où le CROSS constate le plus d'accidents graves de plongée car de nombreux plongeurs sédentaires durant l'hiver, plutôt que de prévoir une **phase de réadaptation progressive à la profondeur**, en profitent pour plonger à la limite de leurs prérogatives. Le bon sens voudrait pourtant que l'on soit prudent et qu'après une interruption de quelques semaines ou mois, on reprenne l'activité **progressivement**, à l'image de ce qui se pratique en alpinisme ou en aéronautisme par exemple.

En cas de facteurs favorisants : remontée lente et majoration des paliers (voire renoncer à la plongée).



RÉSUMÉ DES FACTEURS FAVORISANTS	Cocher
1. Méforme, sédentarité, stress, anxiété, long trajet, manque de sommeil...	
2. Mauvaise hygiène de vie : alcool, tabac, nourriture trop riche...	
3. Age > 40 ans	
4. Poids	
5. Antécédent de maladie grave, prise régulière de médicaments...	
6. Manque de pratique récente	

BONNES PRATIQUES

Selon que vous cumulez 2, 3, 4, ou plus de ces facteurs favorisants, il vous faut :

- limiter la profondeur (ex. 20 m) ;
- limiter le temps de plongée ;
- utiliser du nitrox ;
- respecter un intervalle entre deux plongées d'au moins 3 à 4 h ;
- accroître les paliers (par exemple en utilisant le mode « personnalisation » de votre ordinateur) ;
- ne faire qu'une plongée par jour ;
- voire même renoncer temporairement à plonger lorsque trop de facteurs sont réunis.

3. Profils à risque

Il est aujourd'hui avéré que certains profils de plongée comportent des risques, par l'augmentation du nombre de bulles qu'ils occasionnent. Ce sont :

- les plongées yo-yo ou en « dents de scie » (même si la vitesse de remontée est lente) ;
- les plongées consécutives, et les plongées successives rapprochées.

L'étude de DAN Europe ^[30] sur le sujet a montré que la quantité de bulles détectables par effet Doppler était près de deux fois plus importante dans le cadre de plongées successives que pour des plongées unitaires. Afin de limiter ce phénomène, il est recommandé de respecter un délai d'au moins 3 ou 4 heures entre deux plongées.

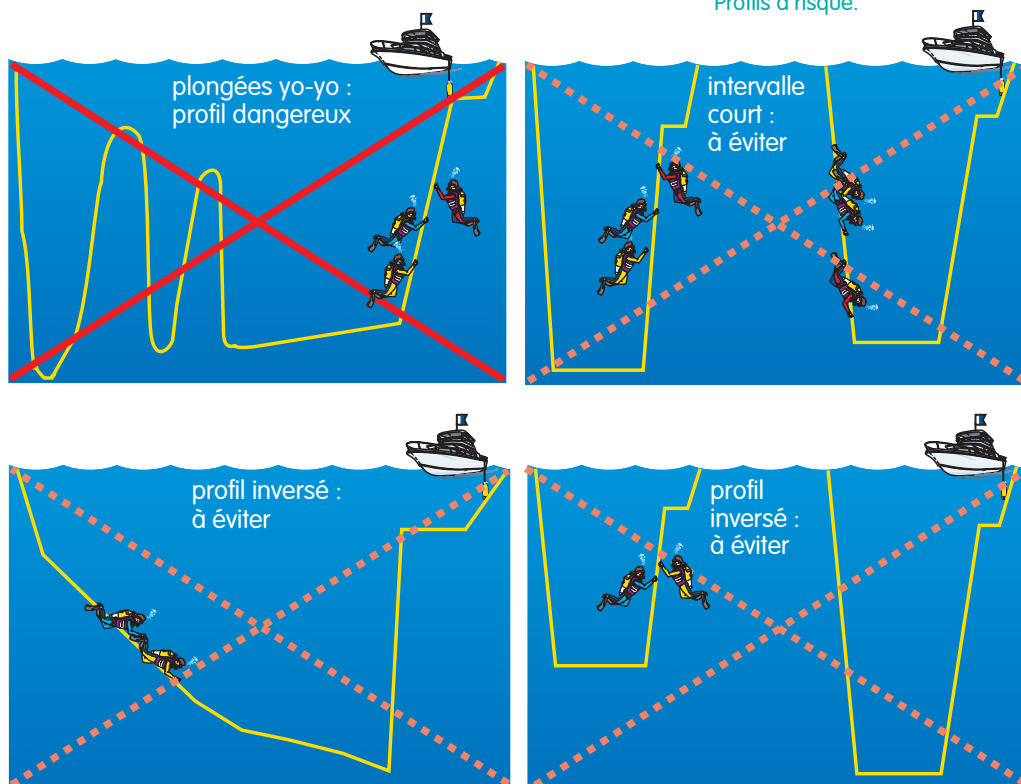
Le cas des profils inversés est plus controversé. Lors d'une plongée simple, cela consiste à atteindre la plus grande profondeur en fin de plongée, puis à remonter en surface (exemple, plongée le long d'un tombant). En plongée successive, cela revient à descendre plus profond que lors de la première plongée.

Hamilton et Thalmann indiquent à ce sujet : *aucune preuve convaincante n'a montré que les profils inversés en plongée sans décompression entraînent une augmentation des risques d'accidents de décompression [...] pour les plongées sans décompression à moins de 40 mètres et dont le différentiel de profondeur est inférieur à 12 mètres* ^[31].

La dangerosité de ce type de profil dépend donc de la profondeur, du temps de plongée et de la différence de profondeur entre les deux plongées.

En l'absence de certitudes sur ce point, nous ne saurions trop recommander aux directeurs de plongée et aux guides de palanquées de rester prudents.

Profils à risque.



Comportements à éviter

Pas de
Valsalva à
la remontée
ou au palier



Avion (12 à 24 h)



Apnée (6 h)



Pas d'effort
dans l'eau



Altitude (6 à 12 h)



Efforts, sport
(2 h)



4. Comportements à risque

Au-delà du respect des **procédures** et **profils** de plongée corrects, le **comportement** individuel est aussi un élément clef de la prévention des accidents.

Voici quelques règles de bonne pratique :

- Eviter les **hyperpressions thoraciques**, elles peuvent provoquer l'ouverture de shunts cardiaques (foramen ovale perméable) ou pulmonaires, ce qui autorise le passage de bulles veineuses dans le circuit artériel. Il faut **donc proscrire les manœuvres de Valsalva à la remontée ou au palier**, ainsi que les efforts violents (exemple, relever une ancre à la main, remonter une bouteille en force à bord d'un pneumatique...).
- Eviter de faire du sport, et de manière générale, tout **effort violent** (exemple, remonter un mouillage conséquent), dans les 2 heures ^[85] qui suivent une plongée. Dans un organisme sursaturé en azote, cela ne peut que favoriser la création de bulles.
- Eviter aussi de pratiquer de **l'apnée** moins de 6 heures ^[86] après une plongée en scaphandre. Cela entrave l'élimination naturelle de l'azote, avec des conséquences non mesurées sur les plongées successives. De plus, les multiples phases de descentes et remontées, souvent rapides, augmentent les risques d'apparition de bulles.
- Monter en **altitude** ou prendre l'avion après une plongée peut favoriser l'apparition d'un accident de désaturation (voir encadré page suivante).

NOMBRE DE PLONGÉES

Généralement, il est conseillé de ne pas effectuer plus de 2 plongées par 24 heures, avec une pause tous les 6 ou 7 jours.

Cependant, l'utilisation désormais très répandue des ordinateurs et le développement du tourisme sur de courtes périodes (1 à 2 semaines) font que les pratiquants souhaitent plonger 3 ou 4 fois par jour, afin de profiter pleinement de leurs vacances.

Face à cette réalité, rappelons qu'un ordinateur calcule un profil de désaturation à partir d'un modèle mathématique valable pour 2 plongées par 24 h, successives ou non. Au-delà, un ordinateur effectue tout de même les calculs mais rien n'indique actuellement que les données affichées sont fiables. Dans ces conditions, l'emploi d'un ordinateur ne dispense pas de respecter la « règle des 2 plongées par jour ».

P4

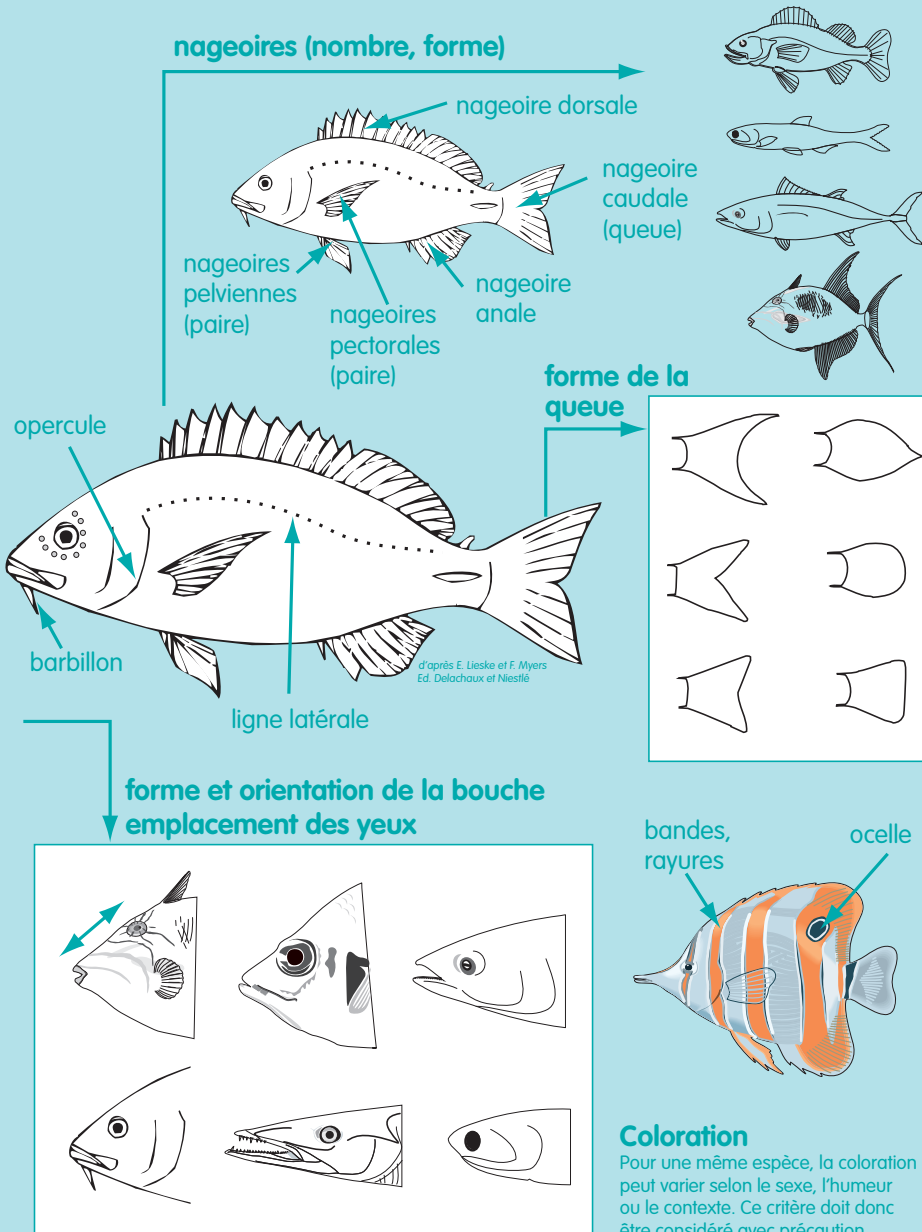
P5

M

I

Clefs d'identification des espèces

L'identification des espèces nécessite un regard exercé. Il faut pour cela noter les points clés qui caractérisent les poissons : la forme et l'orientation de la bouche, le nombre et la forme des différentes nageoires, des éléments caractéristiques tels que rayures, ocelle, etc.



Poissons osseux

Quelques espèces de poissons osseux parmi les plus fréquemment rencontrées...

Argentés



Sar commun (Atl., Méd.)



Sar à tête noire (Atl., Méd.)



Sar à museau pointu (Atl., Méd.)



Sar tambour (Atl., Méd.)



Oblade (Atl., Méd.)



Corb (Méd.)



Dorade royale (Atl., Méd.)

Atl. : Atlantique - Méd. : Méditerranée



Denti (Méd., Atl.)

P4

P5

M

I

NOTIONS ESSENTIELLES

Les écosystèmes

Un **écosystème** peut se définir comme étant l'ensemble formé par des êtres vivants (la **biocénose**) et leur environnement (le **biotope**).

Ecosystème = êtres vivants + environnement.

Complémentaire de la classification des espèces, la notion d'écosystème est essentielle pour un guide de palanquée, car les espèces ne se rencontrent pas n'importe où. Pour qu'elles s'installent et prospèrent dans un lieu donné, il faut que les conditions de vie soient favorables :

- abondance de la nourriture (ex. les zones exposées aux courants sont généralement riches en faune) ;
- température et salinité de l'eau ;
- luminosité (les espèces sont plus abondantes dans la zone des 10 mètres voire 20 mètres qu'en profondeur) ;
- habitat (ex. certains nudibranches se nourrissent sur une espèce particulière d'éponge, en repérant ce type d'éponge, vous augmentez vos chances de voir ces nudibranches ; recherchez la nourriture des hippocampes et vous les trouverez sans doute à proximité...) ;
- etc.

L'approche du milieu par la logique d'écosystème donne du sens à vos plongées et vous permet de trouver plus facilement les espèces que vous recherchez. Au final, vous augmentez la satisfaction et la motivation des plongeurs que vous encadrez.

Les différents habitats

Les **fonds rocheux** : ce sont les plongées pratiquées le plus souvent dans l'hémisphère Nord, en Atlantique ou en Méditerranée. De nombreuses espèces se fixent sur la roche et une vie intense s'y développe dans les anfractuosités, refuges de choix pour de nombreux animaux. Le **coralligène** : formation calcaire créée par de micro-organismes. Caractéristique de certaines zones méditerranéennes, ses cavités constituent un habitat privilégié par de nombreuses espèces.

Les **fonds coralliens** : caractéristiques des zones tropicales, la vie y est intense et le plus souvent très colorée.

Les **herbiers** : véritables nurseries, riches en petits animaux, ils doivent être particulièrement préservés.

Les **mangroves** : parties de côtes basses, abritées, situées en zone estuarienne et pourvues d'une végétation résistant à l'immersion en eau salée. Elles abritent de nombreux juvéniles.

Les **fonds de sable** : souvent boudés, ces fonds peuvent être riches en vie. Réserver plutôt ces plongées à des plongeurs déjà passionnés.

La vie à plusieurs...

Symbiose : association intime et durable entre deux espèces qui en tirent des bénéfices réciproques (ex. micro-algues qui donnent leurs couleurs aux coraux).

Parasitisme : relation biologique symbiotique dans laquelle le parasite tire seul un profit (nourriture, reproduction, abri) aux dépens de son hôte (ex. anilocre fixée sur un poisson).

Mutualisme : association durable entre deux espèces, nécessaire et bénéfique aux deux (ex. anémone et poissons-clowns).

Commensalisme : relation entre une espèce tirant sa nourriture de son hôte (déchets produits ou restes de nourriture) sans contrepartie et sans dommage pour ce dernier (anémone et bernard-l'ermite).

La vision de Jean-Michel Cousteau

1. Quels changements avez-vous vu apparaître au cours des six dernières décennies ?

En dehors du changement climatique, je vois trois problèmes, tous causés par notre propre comportement :

- le fait que nous considérons l'océan comme une poubelle ;
- la destruction des habitats côtiers ;
- la surpêche.

La bonne nouvelle, c'est qu'il y a des solutions. Elles sont amenées par la science, le bon sens commun, une attention particulière aux animaux qui sont des sentinelles, un engagement profond envers ce que nous aimons, à l'image de l'incomparable beauté de la mer, et nos enfants car ils représentent le futur.



Avec Jean-Michel Cousteau aux îles Fidji, avant une plongée sur l'extraordinaire réserve marine de Namena.

2. En quoi les animaux sont-ils des sentinelles ?

Les animaux, et en particulier les animaux marins, sont des sentinelles car ce qui leur arrive aujourd'hui nous arrivera demain. Par exemple, les analyses faites sur les cétacés (qui comme nous sont en bout de chaîne alimentaire) montrent une concentration de substances de toutes sortes, rejetées à la mer par les hommes, avec de graves conséquences à la clef : diminution des résistances aux maladies, transmission des produits toxiques aux nouveau-nés par le lait maternel, décès prématurés... Protéger les océans, c'est nous protéger nous-mêmes.

3. Lors de vos expéditions, avez-vous pu mesurer par vous-même l'impact des rejets en mer ?

Je prendrai l'exemple des îles du nord-ouest à Hawaï, les plus isolées au monde, longtemps restées vierges de toute influence humaine.

Partie intégrante du système océanique, elles subissent l'influence du gyre¹ du Pacifique Nord, un énorme courant circulaire parcourant la planète dans le sens des aiguilles d'une montre. D'ouest en est, il traverse le Pacifique Nord, descend le long des côtes nord-américaines puis d'Amérique centrale et repart ensuite, d'est en ouest, à travers le Pacifique pour atteindre les côtes du Japon.

Historiquement, ce courant charriait des bois flottés qui occasionnellement transportaient plantes et animaux peuplant alors les terres sur leur passage. Ce lent processus de colonisation s'effectuait sur des centaines d'années. Récemment, j'ai marché sur les plages de l'île de Laysan et j'ai pu voir ce que le gyre du Pacifique Nord apporte aujourd'hui : seringues, écrans d'ordinateur, brosses à dents, jouets, filtres de cigarettes, plastiques de toutes sortes... C'est la Grande Poubelle du Pacifique, affectant toutes les espèces marines sur son passage.

Ces déchets s'accumulent sur une surface représentant deux fois celle de la France !

1. Gyre : Terme utilisé dans le milieu marin pour désigner les structures tourbillonnaires caractéristiques de la turbulence océanique à l'échelle d'un bassin océanique. A plus petite échelle, on parle de « tourbillon ».

CHARTRE

INTERNATIONALE
DU PLONGEUR
RESPONSABLE



Association
LONGITUDE 181
NATURE



www.longitude181.com

1. Préparez votre voyage

Choisissez une agence de voyage qui adhère à une charte éthique.

Privilégiez les Centres de Plongée Responsables qui sont concernés par la protection des fonds marins (retraitement des déchets et des eaux usées, utilisation de bouées de mouillage) et qui s'investissent dans le développement local.

Renseignez-vous sur les écosystèmes marins que vous allez découvrir.

Informez-vous sur les habitants du pays qui vous accueillent : traditions, économie, ressources.

2. Avant la plongée

Remettez-vous en forme.

Si vous n'avez pas plongé depuis longtemps, entraînez-vous à gérer votre flottabilité : poumon-ballast, gilet, lestage optimal.

Informez-vous sur le site de plongée que vous allez découvrir, cela rendra votre plongée bien plus riche. Vous ne serez plus seulement un plongeur-spectateur passif dans un monde dont vous ignorez le langage, vous saurez lire les premiers mots du grand livre de la vie marine.

Parce que vous saurez identifier les animaux, vous pourrez connaître leur comportement, vous saurez où les chercher pour les découvrir.

Vous saurez voir une incroyable faune cachée.

Demandez une projection-présentation de l'écosystème à votre centre de plongée.

Demandez la liste des espèces menacées, la liste des espèces protégées, les réglementations les concernant.

Renseignez-vous sur les actions menées par le centre de plongée en matière de protection du milieu sous-marin (bouées de mouillage...).

3. Sur le bateau

Ne jetez rien par-dessus bord.

Refusez les assiettes et gobelets en plastique qui mettent des dizaines d'années à se dégrader.

Demandez l'installation de poubelles sur le pont pour y déposer les mégots de cigarette (leur

dégradation prend des mois), les déchets en plastique, les emballages en aluminium, etc.

Veillez à bien fixer détendeurs de secours, consoles et manomètres, afin qu'ils ne pendent pas et ne s'accrochent pas dans la flore et la faune fixées qu'ils endommageraient.

Choisissez des palmes courtes, peu agressives.

4. En plongée

Dès la mise à l'eau, pensez à vérifier votre lestage, et ajustez-le si nécessaire.

Pensez à palmer doucement pour ne pas heurter la vie fixée.

Évitez le contact avec plantes et animaux fixés. Ne prélevez rien.

Ne harcelez pas les animaux : s'ils se sont réfugiés dans leur cachette, ne les forcez pas, ils sont déjà stressés. Patientez sans bouger jusqu'à ce qu'ils retrouvent leur calme, et sortent à nouveau.

Évitez de nourrir les poissons.

5. Après la plongée

Efforcez-vous d'économiser l'eau douce. C'est le bien le plus précieux.

Demandez des installations qui évitent le gaspillage d'eau douce : bac de rinçage pour les équipements, douches à débit contrôlé.

6. Au cours du séjour

N'hésitez pas à sortir du centre de plongée, de l'hôtel : il y a tout autour, un monde qui attend de vous rencontrer.

N'achetez pas de souvenirs arrachés à la mer : dent de requin, carapace de tortue, étoile de mer, hippocampe et autres poissons séchés, corail, coquillages.

Boycottez les restaurants qui servent de la soupe d'ailerons de requin, de la viande de tortue et de cétacés, ainsi que des poissons capturés par des moyens destructifs (dynamite, cyanure, etc.). Demandez aux restaurateurs comment sont pêchés les produits de la mer qu'ils proposent, et quels accords ils ont avec les pêcheurs locaux.

UL9

Les appareils sous pression



Plonger avec de l'air comprimé suppose l'utilisation de compresseurs, de bouteilles tampons, de bouteilles de plongée et de détendeurs. Sur ces thèmes, vous devez être capable de répondre aux questions des plongeurs que vous encadrez et les guider dans leurs choix. Vous devez aussi pouvoir apporter votre aide dans les travaux de gonflage et lors des choix d'investissements de votre club.

FICHE 60

Les compresseurs

Contrairement aux solides et aux liquides, très peu compressibles, les gaz se compriment aisément. Cette opération consiste à rapprocher les molécules pour en faire tenir un plus grand nombre dans un même volume. Pour cela, on utilise un compresseur.

Principe : la montée en pression

En plongée, les compresseurs que nous utilisons compriment de l'air pour l'amener progressivement de la pression atmosphérique à la pression désirée : 176, 200, 230 ou 300 bars. Le cœur du mécanisme est le plus souvent un ensemble de plusieurs **pistons** en mouvement, chacun à l'intérieur d'un **cylindre**.

Lorsque le premier piston descend, cela ouvre un clapet d'aspiration par lequel l'air ambiant s'engouffre jusqu'à la limite de course du piston. Puis il remonte, ce qui ferme le clapet d'**aspiration**. Lorsque la pression dans le cylindre atteint le seuil de déclenchement du clapet de refoulement, l'air se déverse dans un autre cylindre, plus étroit que le précédent. Cette diminution de volume entre les deux cylindres provoque une montée en pression. Le même mécanisme se poursuit en plusieurs étapes appelées « étages »¹ jusqu'à atteindre la pression maximale prévue.

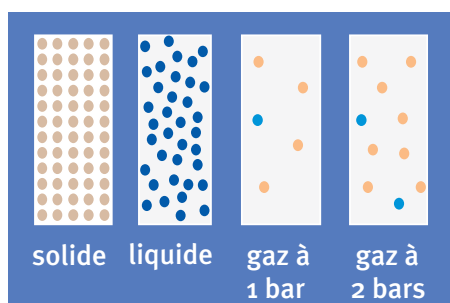


Schéma symbolique des différents états de la matière (échelles non respectées).

1 ^{er} étage	2 ^e étage	3 ^e étage	4 ^e étage	5 ^e étage
6 bars	45 bars	225 à 330 bars		
4 bars	20 bars	60 bars	225 à 330 bars	
4 bars	15 bars	45 bars	150 bars	350 à 500 bars

Exemples d'augmentation de pression entre étages sur différents types de compresseurs. La montée à de telles pressions (200, 300 bars) ne peut s'effectuer que par étages successifs, car les contraintes imposées en température et en efforts mécaniques ne peuvent être supportées ni par les matériaux, ni par les huiles. Il existe cependant des compresseurs à un étage pour un usage limité à de faibles pressions (exemple : pistolet à peinture).

1. Etage : ensemble cylindre-piston.

FICHE 60

Les bouteilles tampons

Les « tampons » sont des bouteilles de grande capacité (30, 50 litres...), couplées avec un compresseur et gonflées par exemple à 250, 300 ou 350 bars. Remplies pendant les heures creuses, lorsque les plongeurs sont en mer par exemple, elles constituent un stock d'air comprimé immédiatement disponible.

Manipulation des bouteilles tampons, gonflage

Imaginons que nous disposons de 2 séries de 6 tampons de 50 litres à 300 bars, avec une rampe à 4 sorties, on peut donc gonfler simultanément 4 bouteilles.

Comment procéder au gonflage ?

Voyons les différentes étapes, en reprenant l'exemple précédent (20 blocs de 15 litres à 230 bars avec 50 bars résiduels) :

- 1. Vérification des bouteilles.** On suppose que les vérifications d'usage ont été effectuées et que les bouteilles peuvent être gonflées (voir les points 1 et 2 des consignes de chargement ci-dessus).
- 2. Purger la robinetterie.** Pour les 4 blocs à gonfler, purgez la robinetterie pour retirer l'eau et les particules afin d'éviter de les faire pénétrer dans la bouteille lors du gonflage.
- 3. Fermeture des différents robinets.** Vérifiez que les robinets A, B, C et D ainsi que ceux des séries de tampons 1 et 2 sont bien fermés.
- 4. Mise en communication des blocs à gonfler.** Raccordez les bouteilles aux sorties a, b, c et d de la station de gonflage. Ouvrez les 4 bouteilles puis les robinets A, B, C et D. Les 4 bouteilles entrent en communication et les pressions s'équilibrent en faisant un léger bruit. Lorsque ce bruit s'arrête, l'équilibre est atteint.
- 5. Ouverture d'une série de tampons. Vous devez toujours commencer par les tampons les moins remplis,** afin d'éviter de gaspiller votre réserve d'air. Dans notre cas, les 2 séries sont pour l'instant à 300 bars. Ouvrez délicatement¹ le robinet de la première série de tampons. Vous entendez l'air passer dans la tuyauterie et la pression indiquée au manomètre augmente. Deux cas peuvent se produire : si l'équilibre des pressions s'effectue avant 230 bars, cela signifie qu'il n'y a pas suffisamment d'air dans les tampons, il vous faut fermer cette série et en ouvrir une autre² ou bien utiliser le compresseur ; au contraire, si la quantité d'air dans les tampons est suffisante, il vous suffit de fermer le robinet lorsque la pression est légèrement au-dessus de 230 bars (sinon, la soupape de sûreté se met en œuvre et vous perdez alors inutilement une partie de votre stock d'air).

GONFLAGE DES TAMPONS

Combien de temps faut-il à un compresseur de 60 m³/h pour gonfler 12 bouteilles tampons de 50 litres à 300 bars ?

$$Q = 12 \times 50 \times 300 = 180\,000 \text{ litres, soit } 180 \text{ m}^3$$

$$\text{Débit} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Temps} = \frac{180 \text{ m}^3}{60 \text{ m}^3/\text{h}} = 3$$

Le temps de gonflage est de **3 heures**.

1. Une ouverture rapide crée un échauffement important, ce qui n'est pas souhaitable.

2. Cette autre série de tampons doit avoir une pression supérieure à celle en cours d'affichage pendant le gonflage. Sinon, vous allez déverser l'air des blocs dans les bouteilles tampons.

Le volume d'air contenu dans le bloc 1 est égal à $P_1 \times V_1 = 30 \times 12 = 360$ litres

Dans le bloc 2, nous avons : $P_2 \times V_2 = 70 \times 15 = 1050$ litres

Au total, nous avons 1410 litres d'air qui se répartissent dans les deux volumes intérieurs des blocs mis en communication : $V_1 + V_2 = 12 + 15 = 27$ litres

La pression d'équilibre est égale à :

$$P = \frac{(360) + (1050)}{(12 + 15)} = \frac{1410}{27} = 52 \text{ bars}$$

Le manomètre indique donc **52 bars** à l'issue de la phase de mise en équilibre.

$$P = \frac{(P_1 \times V_1) + (P_2 \times V_2)}{(V_1 + V_2)}$$

Transfert d'une bouteille dans une autre

Lorsque l'on gonfle une bouteille de plongée à l'aide de tampons, deux questions se posent :

1. Y a-t-il suffisamment d'air dans les tampons ?
2. Quelle sera la pression dans les tampons à l'issue du gonflage ?

Pour répondre à la première question, il suffit de calculer d'une part **le volume d'air nécessaire** pour les bouteilles-plongeurs et d'autre part **le volume d'air contenu** dans les bouteilles tampons.

Air nécessaire

La quantité d'air nécessaire est fonction :

- du volume intérieur de la bouteille ;
- de la pression de gonflage désirée et de la pression initiale.

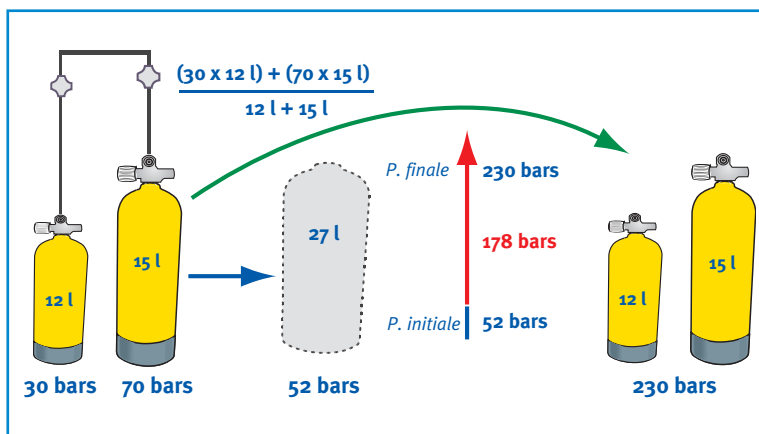
Reprenons l'exemple précédent en considérant que les 2 blocs en communication forment une bouteille unique de 27 litres avec 52 bars de pression initiale. Nous souhaitons gonfler ces blocs à 230 bars.

La différence de pression entre la pression finale et la pression initiale est égale à $230 - 52 = 178$ bars.

La quantité d'air nécessaire est donc égale à 178 fois 27 litres, soit :

$$178 \times 27 = 4806 \text{ litres.}$$

$$\text{Air nécessaire} = (P.\text{finale} - P.\text{initiale}) \times \text{Volume}$$



FICHE 61

Les bouteilles de plongée

Température et pression

Les gaz se compriment aisément, et nous savons que le produit de la pression par le volume est constant. Ainsi, lorsque la pression augmente, le volume diminue, et inversement.

Pourtant, nous avons tous constaté que des bouteilles remplies à 200 bars à l'issue du gonflage semblent « perdre » de la pression sans fuite apparente, pour se retrouver à 180 bars une fois sur le bateau.

En fait, le rapport constant entre la pression et le volume d'un gaz ne se vérifie que **si la température est constante**. Lorsqu'elle augmente (ou diminue), la pression par le volume augmente (ou diminue) aussi.

Négligeable lors de faibles variations de températures, ce phénomène prend toute son importance pendant les phases de gonflage où la température peut varier de plusieurs dizaines de degrés.

Ainsi, il est fortement conseillé :

- de ne pas gonfler trop rapidement les bouteilles et pour cela, d'ouvrir progressivement les tampons ;
- et de ne jamais entreposer un bloc au soleil.

A noter : les stations de gonflage disposent de soupapes de sécurité au niveau des bouteilles tampons, dont l'un des rôles est d'éviter une trop grande augmentation de pression lors d'un incendie, ce qui risquerait de faire exploser les tampons.

Nous devons donc considérer que :

$$\frac{P \times V}{T} = \text{constante.}$$

Cependant, le volume des bouteilles de plongée étant invariable, nous pouvons simplifier cette formule et retenir que :

$$\frac{P}{T} = \text{constante (loi de Charles).}$$

Dans cette formule, **T** symbolise la température mesurée en **Kelvin** (et non « degré Kelvin » formulation employée parfois à tort). Le Kelvin est noté **K**. Il correspond à la température mesurée en Celsius (°C) + 273.

°Celsius	Kelvin
0 °C	273 K
37 °C	310 K
100 °C	373 K

$$P \times V = \text{Constante}$$

+ Incidence de la température

$$\frac{P \times V}{T} = \text{Constante}$$

Si le volume est invariable seule la pression varie avec la température

P-Pression
V-Volume
T-Température



$$\frac{P}{T} = \text{Constante}$$

LOI DE BOYLE-MARIOTTE



En 1679, l'abbé Edmé Mariotte découvre, à partir des expériences de Boyle, que :
« A température constante, le volume d'une masse gazeuse varie en raison inverse de sa pression ».

Exemple de passage de degrés Celsius en Kelvin.

P4

P5

M

I

Le régime TIV

Un régime dérogatoire porte l'intervalle des requalifications de 2 ans (régime général) à 5 ans. Pour cela, les bouteilles doivent :

- être inscrites sur le registre du club ;
- être inspectées au moins une fois tous les 12 mois par un Technicien en Inspection Visuelle (TIV). Une attestation d'inspection visuelle est remise au propriétaire de la bouteille.



Inspection.



Requalification avec la date d'épreuve gravée.

Inspections et requalifications périodiques			
Types de bloc	Intervalle maximum entre 2 inspections	Intervalle entre 2 requalifications	Remarques
Bouteilles de plongée métalliques ¹	12 mois	2 ans	Régime général Arrêté du 15 mars 2000
(acier ou aluminium ²)	12 mois	5 ans	Régime dérogatoire TIV
Bouteilles non métalliques (composite)	12 mois	2 ans	Arrêté du 30 mars 2005
Réglementation en cours d'évolution (arrêté du 30 mars 2005). A suivre...	40 mois	5 ans	Bouteilles ayant fait l'objet d'essais de contrôle de vieillissement (pas de prise en charge possible par un TIV).
Bouteilles de bouée métalliques	Même réglementation que les blocs de plongée depuis le 17/12/97, si le volume est supérieur à 1 litre (sinon, aucun contrôle)		
Bouteilles tampons	40 mois	10 ans	Arrêté du 15 mars 2000
Filtres compresseurs	40 mois	10 ans	Arrêté du 15 mars 2000
Bouteilles métalliques pour appareils de réanimation (oxygène)	40 mois	10 ans	Nécessitent une Autorisation de Mise sur le Marché, comme les médicaments.
Documents de référence : Arrêté du 23 juillet 1943 - Arrêté du 20 février 1985 - Arrêté du 18 novembre 1986 Arrêté du 17 décembre 1997 - Arrêté du 15 mars 2000 - Arrêté du 30 mars 2005			
1. Depuis l'arrêté du 17 décembre 1997, il n'y a plus de distinction entre les bouteilles en acier et celles en aluminium. Elles sont classées comme « bouteilles métalliques ».			
2. Les blocs aluminium en alliage AG5 sont interdits d'utilisation au-delà de 10 ans.			

Tableau d'après Charles Gouin et Jean-Pierre Montagnon (*Subaqua* septembre/octobre 2002).

La compensation

Une des difficultés posées aux fabricants de détendeurs est celle des variations de pression au cours d'une plongée :

- la pression de la bouteille diminue considérablement (ex. 200 bars à 50 bars) ;
- la pression ambiante augmente à la descente puis diminue à la remontée en fonction de la profondeur d'évolution..

Un détendeur non-compensé ne s'affranchit de ces variations de pression, ce qui modifie le confort respiratoire au cours de la plongée.

Un détendeur compensé au 1^{er} étage s'affranchit de la pression dans la bouteille, pour un confort homogène, en début (200 bars) comme en fin de plongée (50 bars).

Un détendeur compensé au 2^e étage s'affranchit de la pression ambiante, et donc de la profondeur (pression intermédiaire), pour offrir un confort égal à toutes les profondeurs.

La surcompensation

D'après Henri Le Bris <http://hlbmato.free.fr>

- 1) Scubapro revendique une surcompensation au niveau de la HP. « Elle consiste à augmenter la pression intermédiaire en fonction inverse de la haute pression. Il en résulte une diminution du travail respiratoire en fin de plongée. »
- 2) Aqua Lung et Omersub ont mis en place une surcompensation au niveau de la PA. « Il s'agit d'une augmentation supplémentaire de la moyenne pression en fonction directe de la profondeur, pour pallier l'augmentation des pertes de charge. »



LES DÉBITS

Tous les plongeurs l'ont constaté, dans des circonstances habituelles, un détendeur non compensé bien réglé est tout aussi confortable que bon nombre de détendeurs compensés haut de gamme. La différence est par contre notable dans des circonstances particulières, par exemple lors d'un essoufflement ou d'une assistance. Lorsqu'il s'agit de respirer à deux sur le même détendeur, tout en gonflant un gilet, alors que la pression de la bouteille n'est plus que de 100 bars, un détendeur compensé ne perd pas en efficacité. Cela devient un élément essentiel pour la sécurité des palanquées.

Premier étage		
MK2	Piston standard	2 600 l/min
MK25	Piston compensé	10 000 l/min
Deuxième étage		
R190	Standard	1 400 l/min
S600	Compensé	1 850 l/min

Scubapro-Uwatec

Risques de pannes

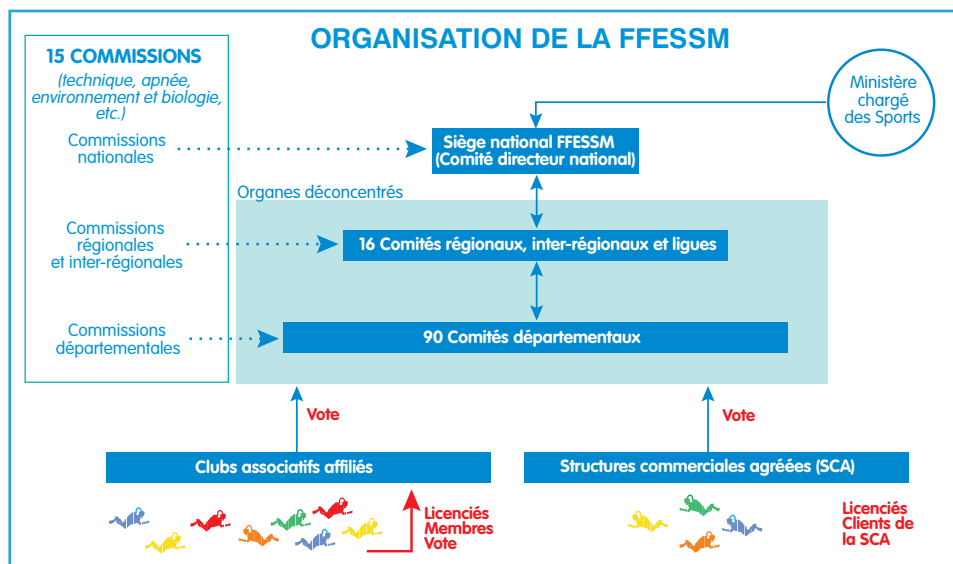
Le tableau ci-dessous présente les principales pannes ou incidents pouvant être rencontrés.

PANNE/INCIDENT	ORIGINE POSSIBLE	SOLUTION
Entrée d'eau lors de l'aspiration.	C'est une panne au 2 ^e étage : - Embout percé, déchiré ou fendu ; - Membrane défectueuse (déplacée, percée) ; - Boîtier fêlé ; - Soupape d'expiration endommagée ou encrassée.	Réparer soi-même ou confier le détendeur à un réparateur : - Remplacer l'embout ; - Nettoyer la soupape encrassée ; - Changer le boîtier, la membrane...
Le détendeur devient dur.	- Déréglage du levier ; - Dépôt d'impureté (sel, calcaire, oxydation) sur les pièces en mouvement.	Confier à un réparateur.
Mise en débit continu.	C'est une panne au 1 ^{er} étage. Cela provient d'une mauvaise étanchéité au niveau du siège/clapet. La fuite provoquée entraîne une augmentation de la pression intermédiaire et une mise en débit continu du 2 ^e étage. - Clapet non étanche ; - Premier étage bloqué en position ouverte.	Confier à un réparateur.
L'air n'arrive plus.	Le premier étage est bloqué.	Confier à un réparateur.
De petites fuites (petites bulles) sortent de la chambre humide du premier étage.	C'est un incident au 1 ^{er} étage. Joints toriques du 1 ^{er} étage défectueux.	Faire remplacer ces joints par un réparateur.
Fuite au niveau de la fixation du détendeur sur la robinetterie.	Joint de la robinetterie absent, défectueux ou inadapté.	Changer le joint. Sur les fixations « à étrier », serrer correctement pour éviter que le joint ne s'extrude à l'ouverture de la bouteille.
Fuite voire explosion au niveau du flexible (la bouteille peut alors se vider en quelques dizaines de secondes).	Manque d'entretien et de vérification de l'état du flexible.	Changer le flexible.

La FFESSM : fédération délégataire

(Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins)

24 quai de Rive-Neuve - 13284 Marseille cedex 07 - www.ffessm.fr



Une fédération agréée « sport »

L'agrément « sport » est une procédure de reconnaissance, octroyée sous certaines conditions (association à but non lucratif, respect des règles d'encadrement, d'hygiène et de sécurité, adoption de statuts types, fonctionnement démocratique, etc.). C'est une condition indispensable pour prétendre à des aides de l'Etat et bénéficier du CNDP (voir encadré). L'agrément peut être retiré à tout moment.

La FFESSM dispose de cet agrément, ce qui entraîne de *facto* celui de ses comités régionaux et départementaux.

Les clubs affiliés à la FFESSM qui souhaitent être agréés doivent s'adresser à leur Direction Départementale de la Jeunesse et des Sports (DDJS).

Une fédération délégataire

La procédure de *délégation* (renouvelable tous les 4 ans) consiste pour l'Etat à désigner, pour certaines disciplines, une fédération unique ayant de véritables pouvoirs de puissance publique. En particulier, les fédérations désignées définissent les règles techniques et administratives et organisent les compétitions à l'issue desquelles sont délivrés les titres nationaux, régionaux et départementaux. Pour la plongée en scaphandre, en apnée, la nage en eau vive, la nage avec palmes et toutes les disciplines associées, ce rôle moteur et privilégié est accordé à la FFESSM.

CNDP

Le Centre national de développement du sport (CNDP), géré en étroite concertation avec le mouvement sportif, a pour missions :

- le développement de la pratique sportive pour tous publics ;
- l'aménagement du territoire dans le domaine sportif ;
- la promotion internationale du sport français.

Peuvent en bénéficier sous forme de subventions : les fédérations, les comités régionaux, les comités départementaux et les clubs.

ORGANISATION ET INTERLOCUTEURS DE LA FFESSM				
Niveau	Plongée et sports subaquatiques	Délégation « sports »	Mouvement sportif	Etat, Collectivités
International	CMAS, rôle de Fédération Internationale		CIO – Comité International Olympique	Organisations internationales (ex. ONU, UNESCO)
National	FFESSM, siège national	Ministère en charge des Sports	CNOSF – Comité National Olympique et Sportif Français	Etat
Régional	FFESSM, comités régionaux	DRJSCS – Direction Régionale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion Sociale	CROS – Comité Régional Olympique et Sportif	Conseil Régional
Départemental	FFESSM, comités départementaux	DDCS – Direction Départementale de la Cohésion Sociale	CDOS – Comité Départemental Olympique et Sportif	Conseil départemental
Local	Clubs, SCA			Commune, intercommunalité

Commissions

Les commissions sont des organes internes à la FFESSM qui n'ont pas de personnalité juridique (elles ne sont pas constituées sous forme d'association) et qui n'existent qu'au travers du comité directeur national, régional ou départemental dont elles sont l'émanation.

Elles étudient les questions relevant de leur discipline dont elles assurent la promotion et le développement.

Elles préparent les programmes et les décisions qu'elles soumettent au comité directeur (national, régional, départemental). Ce dernier a seul le pouvoir de les rendre exécutoires, les commissions étant des organes consultatifs.

Les commissions se réunissent au moins 2 fois par an ainsi qu'en Assemblée générale.

Liste des commissions

1. Archéologie subaquatique
2. Environnement et biologie subaquatique
3. Hockey subaquatique
4. Juridique
5. Médicale et de prévention
6. Nage avec palmes
7. Nage en eau vive
8. Orientation subaquatique
9. Pêche sous-marine
10. Photo et vidéo sous-marine
11. Plongée en apnée (plongée libre)
12. Plongée souterraine
13. Plongée sportive en piscine (PSP)
14. Technique
15. Tir sur cible subaquatique

FICHE 65


www.plongee.fsgt.org

Historique

Créée en 1934, par la fusion des organisations sportives du monde du travail, pour faire face à la montée du fascisme en France et préparer ses adhérents à un rôle de citoyen au service d'une république laïque et démocratique (art. 1 des statuts de 1945), la FSGT plonge ses racines dans le sport ouvrier fondé en 1908.

Trois dates marquent l'évolution de la plongée au sein de la FSGT :

- 1948 avec la création du premier club de plongée FSGT à Marseille;
- 1968 avec le premier stage de formation de cadres;
- 1982 avec la reconnaissance officielle de ses brevets de plongée.

LA FSGT en chiffres

- 260 000 pratiquants (« licenciés »);
- 4 600 clubs; • 70 comités (départementaux);
- 75 activités sportives : athlétisme; badminton; basket-ball; boules lyonnaises; échecs; fléchettes traditionnelles; football; gymnastique; judo; natation; plongée; rugby; ski; sports de nature; tennis; tennis de table; tir à l'arc; vélo; volley-ball; plongée, etc.

Les licences FSGT

- Licence annuelle omnisports (validité : 12 mois).
- Carte « Accueil et découverte » (validité : 4 mois).
- Carte « Accueil et découverte » dite « initiative populaire » (validité : 1 à 3 jours consécutifs).

Organisation

Comme toutes les fédérations sportives, la FSGT est structurée avec un comité directeur national et des organes déconcentrés (comités départementaux). Les membres sont les clubs associatifs affiliés.

La plongée est gérée au sein de :

- A – La Commission Fédérale d'Activité (CFA). C'est l'organe politique de la plongée FSGT, composé de l'ensemble des Commissions Départementales d'Activité.
- B – La Commission Départementale d'Activité (CDA) composée a minima d'un Référent (E4) et d'un Délégué désigné par les clubs de leur département. Ces commissions animent la plongée au niveau de leur département.
- C – Les Commissions Thématiques. Ces commissions sont ouvertes à tous les adhérents FSGT et fonctionnent sous la responsabilité d'un adhérent désigné. Chacune dans leur domaine, elles ont pour mission de faire des propositions d'adaptation ou d'innovation des cursus ou dispositifs fédéraux pour les adapter aux évolutions du monde de la plongée.
- D – La Commission de Coordination, composée de 3 membres désignés en CFA, est dédiée au fonctionnement interne de la CFA. Elle fait le lien entre les Commissions Thématiques et la CFA, organise la prise de décision, et représente la Plongée FSGT vis-à-vis des tiers.

Politique sportive

La plongée FSGT se caractérise par des formations basées sur :

- la formation continue ; • la valorisation de l'expérience ; • la mise en situation réelle.

La FSGT délivre des cartes double face FSGT et CMAS.



P4

P5

M



www.anmp-plongee.com

Créée en 1972 par Daniel Mercier, l'ANMP a la particularité d'être en même temps : un syndicat professionnel et une agence de certification.

Syndicat professionnel

L'ANMP défend les intérêts des moniteurs (salariés, indépendants, employeurs) et, à ce titre, adhère à l'UNSA (Union Nationale des Syndicats Autonomes). L'ANMP regroupe environ 700 moniteurs professionnels titulaires du brevet d'Etat de plongée ou d'un titre reconnu équivalent permettant d'exercer sur le territoire français. Les membres qui ont participé à une formation complémentaire portent le titre de « Guide de la Mer ».

Agence de certification (depuis 1991)

Reconnue dans le code du Sport, l'ANMP fait partie des 5 organismes français habilités à délivrer leurs propres brevets de plongeurs selon une approche modulaire originale, permettant une progression étape par étape avec une validation des acquis à chacune de ces étapes et une validation des brevets lorsque tous les modules requis ont été obtenus.



Syndicat National des Moniteurs de Plongée
www.snmp-plongee.com

La création du SNMP à Paris en 1963 par Marco Israël, Jean-Pierre Tanguy, Yves Normand et d'autres personnalités de la plongée, coïncide avec la création du BEMP (Brevet d'état de Moniteur de Plongée) et l'émergence de moniteurs professionnels. Marco Israël, Philippe Molle, Pierre Letellier, Jef Mazeaud... se sont succédé à sa présidence.

Le SNMP est en même temps :

- un syndicat professionnel qui regroupe des moniteurs professionnels ;
- une agence de certification qui a obtenu en 1986 la possibilité de délivrer des brevets de plongeur.



Reconnaissance internationale des brevets : la CMAS



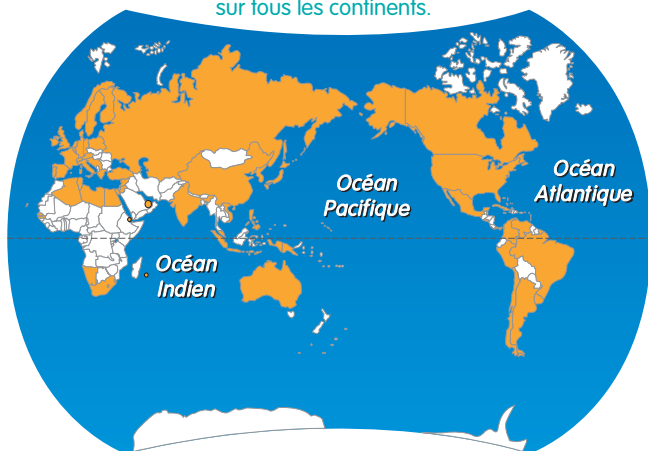
Viale Tiziano, 74 – 00196 Rome (Italie)
Tél. 39 06 36 85 84 84 – Fax 39 06 36 85 84 90
e.mail : cmasmond@tin.it - www.cmas.org

La Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques (CMAS) est la fédération internationale des activités subaquatiques. Elle a été fondée par 15 pays, dont la France (FFESSM), le 10 janvier 1959 à Monaco. La CMAS ne délivre aucun diplôme de plongée, mais permet aux fédérations membres de délivrer des brevets portant son label. Elle regroupe environ 3 millions de plongeurs actifs pour 300 000 certifications par an, soit 5 à 10 % des brevets délivrés chaque année dans le monde. Cela assure une reconnaissance mutuelle des niveaux de plongeur et de moniteur dans plus de 100 pays.

Fédérations CMAS francophones

- **AMCQ** : Association des Moniteurs CMAS du Québec. www.cmasquebec.org
- **CMAS.CH** : Association des Moniteurs CMAS en Suisse. www.cmas.ch
- **FASSAS** : Fédération Algérienne de Sauvetage, de Secourisme et d'Activités Subaquatiques
- **FAST** : Fédération des Activités Subaquatiques de Tunisie
- **FFESSM** : Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins
- **FLASSA** : Fédération Luxembourgeoise des Activités Subaquatiques. www.flassa.lu
- **FMAS** : Fédération Monégasque des Activités Subaquatiques. www.fmas-monaco.com
- **FMPAS** : Fédération Marocaine de Plongée et Activités Subaquatiques
- **FSAS** : Fédération Sénégalaise des Activités Subaquatiques
- **LIFRAS** (Ligue Francophone de Recherche et d'Activités Sous-Marines) : créée le 19 juin 1978, elle rassemble environ 8 000 plongeurs de Bruxelles et de Wallonie. Elle constitue l'aile francophone de la FEBRAS (Fédération Belge de Recherche et d'Activités Sous-Marines), dont l'aile néerlandophone, la NELOS, compte près de 11 000 membres. www.lifras.be

La CMAS est représentée dans plus de 100 pays,
sur tous les continents.



■ Pays dont une ou plusieurs fédérations sont membres de la CMAS.

Des agences de certification internationales

- **PADI (Professional Association of Diving Instructors)** PADI est un système d'enseignement de la plongée. Leader mondial, présent dans la plupart des pays, son enseignement se caractérise par une standardisation de l'ensemble des cours et méthodes d'évaluation. www.padi.com
- **SSI (Scuba Schools International)** SSI est une école nord-américaine ayant développé son propre système d'enseignement dont elle diffuse les supports au travers de revendeurs agréés SSI (magasins, centres de plongée, organismes de formation etc.). La formation est assurée par des instructeurs SSI selon des procédures relativement standardisées. www.divessi.com
- **NAUI (National Association of Underwater Instructors)** NAUI est une organisation américaine, initialement membre de la CMAS mais qui s'en est retirée depuis quelques années. NAUI a mis en place ses propres brevets. www.naui.org

Il existe bien d'autres agences internationales de certification, nous ne citons ici que les trois principales.



Un poisson-clown à trois bandes

UL11

Aider à l'organisation des plongées



Plongeur de niveau 4, vous êtes non seulement un guide de palanquée mais aussi un encadrant qui aide à l'organisation de l'activité. Vous devez donc connaître les règles et le matériel de sécurité concernant les embarcations, le matelotage, la surveillance des palanquées et les procédures de secours. Ce chapitre résume les connaissances utiles en complément des cours dispensés par votre moniteur.

FICHE 68

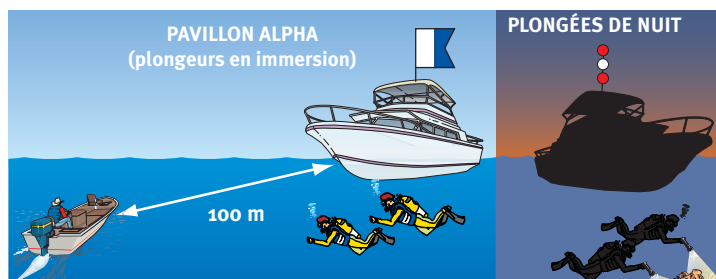
L'embarcation : règles et matériel de sécurité

En dehors des règles et du matériel propres à sa catégorie de navigation, tout navire de plongée est soumis à des obligations spécifiques.

Pour la sécurité des plongeurs

1. Un pavillon Alpha (lettre « A » du code international des signaux) signifiant « plongeurs en immersion » doit être arboré de jour (de nuit, feux rouge/blanc/rouge). Le pavillon alpha doit être arboré sur les navires supports de plongeurs, conformément à la règle n°27 du code international pour prévenir les abordages en mer : il doit être rigide, visible sur tout l'horizon et d'une hauteur d'au moins 1 mètre.

La conduite à tenir diffère selon les régions maritimes.



Signalisation de la plongée : de jour et de nuit.

STATUT DU NAVIRE

Nous présentons ici le cas des navires de plongée qui sont tous classés, de droit, dans la catégorie « Navires de plaisance/navires de formation », qu'ils appartiennent à des clubs associatifs ou à des structures commerciales (établissements d'APS). Les autres statuts, dits « au commerce » (navires de charge, navires à passagers) peuvent être choisis de manière optionnelle par les structures commerciales. Cela nécessite alors des diplômes spécifiques qui n'entrent pas dans le cadre de cet ouvrage.

P4
P5
M

Atlantique, Manche et Mer du Nord : la navigation de tout type de navires et d'engins est interdite dans un rayon de 100 mètres autour d'un signal marquant la présence de plongeurs (arrêté préfectoral Prémar II Atlantique n°35/88 du 20 juillet 1988 modifié 2012 et arrêté préfectoral Manche et Mer du Nord n° 19/88 du 25 août 1988, modifié 2012).

Méditerranée : Dans un rayon de 100 mètres autour d'un pavillon signalant la présence d'un plongeur, il doit être maintenu en permanence une vitesse appropriée garantissant la sécurité du plongeur ; en tout état de cause, cette vitesse sera limitée à 5 nœuds (arrêté préfectoral Préfecture maritime Méditerranée n°125/2013 du 10 juillet 2013).

2. Une tablette de notation immergeable doit être disponible.

3. Un jeu de tables de décompression lors de plongées au-delà de 6 m en milieu naturel.

4. Une bouteille d'air de secours équipée de son détendeur doit être prête à l'emploi, mais elle n'est pas nécessairement dans l'eau, au pendeur. En cas de plongée effectuée avec un mélange respiratoire autre que l'air, une ou plusieurs bouteilles de secours équipées de détendeurs, dont le contenu prévu par le plan de secours est adapté à la plongée organisée, doivent être disponibles.

5. Un dispositif permettant le rangement et l'arrimage aisés du matériel de plongée.

Pour alerter les secours

6. Un moyen de communication permettant de prévenir les secours doit être disponible. Une VHF est obligatoire lorsque la plongée se déroule en mer au départ d'une embarcation support de plongée.

7. Un plan de secours. C'est un document écrit, adapté au lieu et à la plongée pratiquée, régulièrement mis à jour et porté à la connaissance du directeur de plongée, des personnes encadrant les palanquées et des plongeurs autonomes. Il précise notamment les modalités d'alerte en cas d'accident, les coordonnées des services de secours et les procédures d'urgence à appliquer en surface à la victime.

Pour utiliser une VHF ou une VHF-ASN, un certificat spécifique est nécessaire.



Amiral anglais, Francis Beaufort (1774-1857) inventa en 1805 l'échelle qui porte son nom. Publiée en 1806, cette échelle fait correspondre un chiffre (« chiffre Beaufort ») à la force et à la vitesse du vent.

Echelle de Beaufort (force des vents) 1 nœud = 1 mille nautique (marin) par heure Les vitesses se rapportent au vent moyen et non aux rafales				
Degré	Description	Vitesse moyenne en nœuds	Vitesse moyenne en km/h	Etat de la mer
0	calme	< 1	< 1	comme un miroir
1	très légère brise	1 à 3	1 à 5	quelques rides
2	légère brise	4 à 6	6 à 11	vaguelettes ne déferlant pas
3	petite brise	7 à 10	12 à 19	les moutons apparaissent
4	jolie brise	11 à 16	20 à 28	petites vagues, nombreux moutons
5	bonne brise	17 à 21	29 à 38	vagues modérées, moutons, embruns
6	vent frais	22 à 27	39 à 49	lames, crêtes d'écume blanche, embruns
7	grand frais	28 à 33	50 à 61	lames déferlantes, traînées d'écume
8	coup de vent	34 à 40	62 à 74	tourbillons d'écume à la crête des lames, traînées d'écume
9	fort coup de vent	41 à 47	75 à 88	lames déferlantes grosses à énormes, visibilité réduite par les embruns

Echelle Douglas (état de la mer)		
Degré	Description	Hauteur des vagues
0	Calme	0
1	ridée	0 à 0,1 m
2	belle	0,1 à 0,5 m
3	peu agitée	0,5 à 1,25 m
4	agitée	1,25 à 2,5 m
5	forte	2,5 à 4 m
6	très forte	4 à 6 m
7	grosse	6 à 9 m
8	très grosse	9 à 14 m
9	énorme	> 14 m

Localiser un site de plongée

Pour localiser un site de plongée, il est possible d'utiliser soit des repères visuels sur la côte (enseignures), soit un instrument de positionnement par satellite appelé GPS (Global Positioning System). Un sondeur peut compléter ce dispositif.

Amers, alignements et enseignures

Un **amer** est un point de repère :

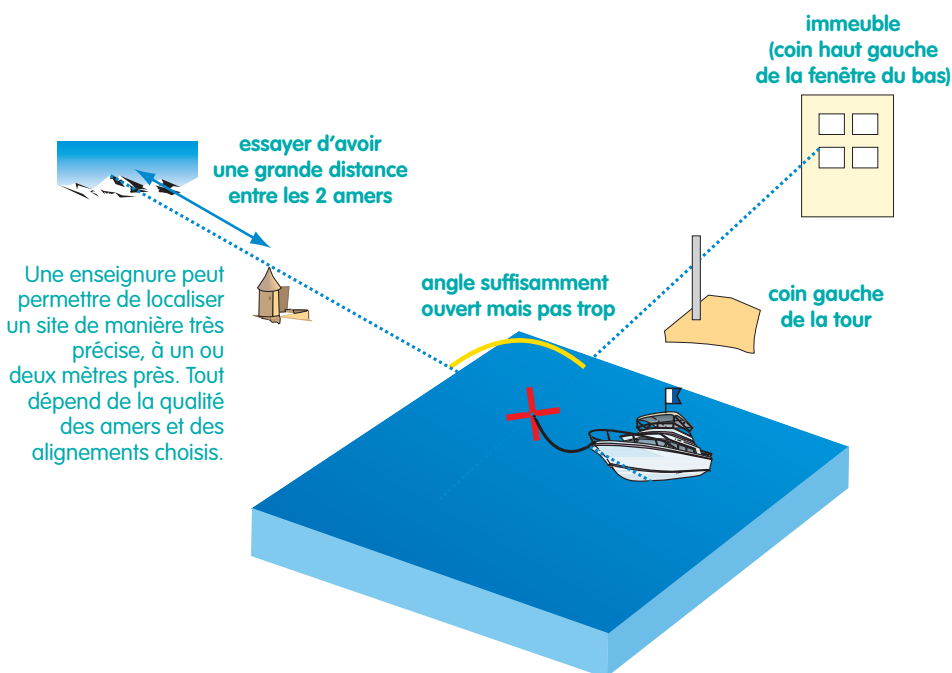
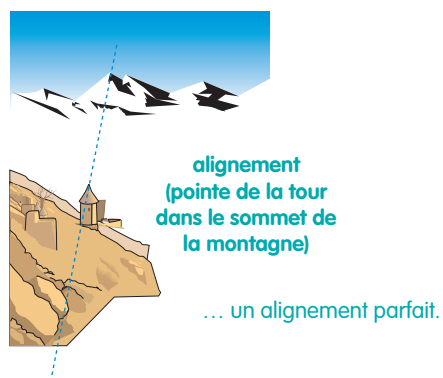
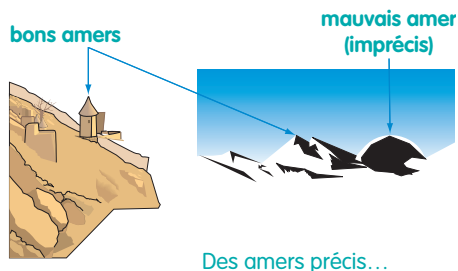
- précis ;
- significatif, différent d'autres points à proximité ;
- fixe ;
- bien visible.

Deux amers parfaitement alignés l'un derrière l'autre forment un **alignement**.

Une **enseignure** est le croisement de deux (ou trois) alignements afin de déterminer un point précis. L'angle formé par les alignements doit être suffisamment large mais pas trop (exemple, 90 degrés).

Conseil pour trouver votre lieu de plongée :

- Suivez un alignement à allure réduite, sans en dévier, dans la direction du deuxième alignement.
- Quand vous coupez le deuxième alignement, vous êtes sur le point recherché.





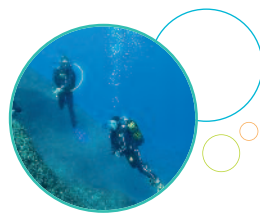
2^E PARTIE

Direction de plongée d'exploration

Plongeur niveau 5

UL12

Diriger des plongées d'exploration à titre bénévole (niveau 5)



La formation de plongeur niveau 5 fait appel à des notions abordées de manière détaillée lors du niveau 4. En conséquence, nous ne les reprendrons pas ici. Elles doivent cependant être acquises. Si ce n'est pas le cas, nous vous recommandons de relire la partie concernant le niveau 4 et, en particulier :

- la réglementation ;
- l'organisation des plongées et la prévention des risques ;
- les procédures de secours (formation RIFAP au sein de la FFESSM, CAFSAN au sein de la FSGT, etc.).

Les pages suivantes constituent un guide et une aide dans le cadre de votre formation de niveau 5 dont le cursus prévoit qu'elle soit essentiellement réalisée sur le terrain, par un ou plusieurs moniteurs.

FICHE 72

La notion de directeur de plongée (DP)

Le code du sport précise que la pratique de la plongée est placée sous la **responsabilité** d'un directeur de plongée **présent sur le lieu de mise à l'eau ou d'immersion** de la palanquée :

1. Il est responsable techniquement de l'organisation.
2. Il est responsable des dispositions à prendre pour assurer la sécurité des plongeurs.
3. Il est responsable du déclenchement des secours.
4. Il s'assure de l'application des règles et procédures en vigueur.
5. Il fixe les caractéristiques de la plongée.



FICHE 73

La notion d'établissement d'APS

Présentation

Toute organisation de moyens, d'une certaine durée, destinée à l'accueil du public pour la pratique d'un sport ou d'une activité physique, constitue un établissement d'activités physiques et sportives (personnes physiques, sociétés, associations sans but lucratif...). Les établissements d'APS sont réglementés afin d'assurer au public des conditions de pratique sécurisées.

La notion d'établissement d'APS est très générale. Elle n'est pas fixée par un statut juridique particulier (associatif et commercial sont concernés). Elle n'est pas liée à un équipement mobilier ou immobilier. En fait, hormis le cadre familial ou amical, toute personne qui organise contractuellement la pratique ou assure la formation, même dans un cadre bénévole, est considérée comme exploitant d'un établissement d'APS. Elle est donc soumise au respect de la réglementation, notamment l'obligation de déclaration à la préfecture du département (Direction départementale de la Jeunesse et des Sports) préalablement à l'ouverture de cet établissement.

Cette notion « d'établissement » ne se résume pas à un « bâtiment », tel que le local d'un club. Cette notion doit être vue au sens large. Par exemple, peut être considéré comme établissement d'APS le lieu où s'exerce l'activité :

- piscine ;
- bateau ;
- bord de lac ou de plage, digue ;
- etc.

Ce qui suppose que les différentes obligations (voir ci-après) soient remplies, non seulement dans le local éventuel du club, mais également sur les lieux de pratique de l'activité. **Vous devez y être particulièrement attentif. En cas de contrôle, l'administration s'adressera en priorité à vous, en tant que directeur de plongée et donc responsable.**

Obligations

Six obligations découlent du statut d'établissement d'APS :

1. Obligation d'assurance

Un établissement d'APS doit souscrire un contrat d'assurance couvrant sa responsabilité civile, celle des bénévoles permanents ou ponctuels, celle de toutes les personnes admises dans l'établissement et celle des salariés. Les contrats de groupe conclus par la plupart des fédérations (ex. FFESSM, FSGT) assurent cette couverture pour les clubs affiliés.

2. Obligation de diplômes pour les moniteurs rémunérés

Ce cas ne se rencontre pas dans le cadre d'une direction de plongée assurée par un plongeur niveau 5. Toutefois, il faut savoir, qu'en France, seuls les moniteurs titulaires d'un brevet délivré par l'Etat peuvent être rémunérés.

FICHE 74

Les contrôles sur site

Administrations compétentes

Administrations	Pouvoirs	Domaines (constat des infractions)
Gendarmerie maritime art. 16 à 19, 21 et 75 C. Procédure pénale	Constater Enquêter Auditionner, Perquisitionner Saisir	Code pénal Code du sport Code de la concurrence et du commerce Code du travail Code des transports
Inspection du Travail art. L8112-1 C.Trav.	Constater Enquêter Auditionner Prélever	Code du travail (en particulier, travail dissimulé, art. L8221-1 et L8221-5) Code de la santé publique Code pénal
Répression des fraudes art. L1421-1 C. Santé Publique art. L115-31 et L215-1 C. Conso. art. L521-12 C. Env.	Constater Enquêter Auditionner Prélever	Protection du consommateur Conformité et sécurité des produits et des services Protection en matière de santé en général Valorisation des produits et des services Produits chimiques, etc.
Douanes art. 28-1 du C. Proc. Pénale, C. des Douanes	Constater Enquêter Auditionner Saisir	Régime administratif des navires Avitaillement des navires Contrôle d'identité Infractions aux produits stupéfiants, contrefaçon, etc. Clandestins, transit de marchandises, prohibition, etc.
Affaires Maritimes (DDTM) art. 28 du C. Proc. Pénale	Contraventions	Police de la navigation Sécurité des navires
Fonctionnaires en charge des sports (DDCS, DRDJS) art. L111-3 C. Sport	Police administrative	Fermeture administrative Interdiction d'exercer Mise en demeure Si assermentés et habilités, pouvoirs de police judiciaire pour constater les infractions au code du sport (ex. défaut de qualification d'un moniteur rémunéré).

Sanctions possibles

Sanctions administratives	Opposition à l'ouverture de l'établissement, retrait d'agrément, interdiction d'exercer...
Mesures de police administratives	Opposition à l'ouverture de l'établissement, fermeture, mise en demeure, interdiction d'exercer...
Sanctions pénales	Amendes Emprisonnement

FICHE 75

Préparation de la plongée



Vérifications générales

Avant de partir plonger, tout directeur de plongée est tenu de :

- vérifier les documents liés à l'embarcation ;
- vérifier les documents devant être à disposition des pratiquants dans le cadre d'un établissement d'APS (ensemble des documents à afficher y compris un tableau d'organisation des secours) ;
- vérifier le contenu de la trousse de secours (respecter le contenu minimal de la trousse de secours, ne pas avoir de médicaments périmés...) ;
- vérifier le bon fonctionnement du matériel d'oxygénothérapie (réserve suffisante, masques grand, moyen et petit modèles, manodétendeur, BAVU, tuyau de raccordement, etc.) ;
- vérifier les réserves d'eau douce (quantité suffisante en fonction du nombre de plongeurs, de la chaleur, de l'éloignement du site, de la durée de la sortie – demi-journée ou journée entière –) ;
- avoir une ou plusieurs couverture(s) isothermique(s) ;
- disposer d'un moyen de communication avec les secours (VHF en mer) ;
- avoir une ou plusieurs bouteille(s) de secours avec détendeur(s) ;
- avoir un jeu de tables de désaturation ;
- avoir un pavillon alpha correspondant à la réglementation en vigueur (1 m de hauteur et visible sur tout l'horizon pour les embarcations de 7 m et plus, 50 cm de hauteur pour les embarcations de moins de 7 m) ;
- avoir une tablette de notation ;
- vérifier les conditions météorologiques ;
- choisir un site de plongée et disposer des instruments de navigation nécessaires (boussole, GPS, sondeur, balise et bouée de mouillage...) ;
- vérifier les réserves de carburant ;
- vérifier le matériel de plongée disponible en fonction du nombre de pratiquants ;
- nommer la ou les personne(s) assurant la sécurité de surface ;
- vérifier que l'encadrement est suffisant en fonction du niveau des plongeurs ;
- etc.

POUR EN SAVOIR PLUS : voir l'UL11 - Aider à l'organisation des plongées dans la partie consacrée au niveau 4.

CONSIGNES DE SÉCURITÉ HABITUELLES

- Avant la mise à l'eau : vérification mutuelle des réserves d'air, du bon fonctionnement des détendeurs et des instruments (ex. ordinateur) ;
- Rappel concernant la sécurité de la mise à l'eau (personne en dessous) ;
- Rappel concernant l'autonomie en air (« mi-pression, 100 bars », « réserve ») avec nécessité de remonter à bord avec au moins 30 à 50 bars dans la bouteille ;
- Rappel du respect des paramètres (temps et profondeur maximum, voire même temps de palier à ne pas dépasser) ;
- Faire attention à l'hélice ;
- Ne pas passer sous le bateau ;
- Faire attention au courant, ne pas sortir derrière le bateau en fin de plongée ;
- Sortir au parachute si l'on ne retrouve pas le mouillage et, dans tous les cas, ne percer la surface qu'avec précautions en effectuant un tour d'horizon et en se tenant prêt à se réimmerger rapidement en cas de danger (ex. hélice de bateau) ;
- Rester solidaires, les palanquées ne doivent pas se séparer au fond, tous les plongeurs d'une même palanquée doivent effectuer une plongée ayant les mêmes caractéristiques de trajet, durée et profondeur ;
- Procédure à suivre en cas de perte des membres de sa palanquée ;
- etc.



BRIEFING AVANT EXPLORATION

Au-delà des incontournables consignes de sécurité, il est souhaitable de dessiner la plongée, d'indiquer sur le schéma où est le nord, de symboliser le parcours des plongeurs, de rappeler la profondeur et le temps maximum, le type de plongée (avec ou sans palier), etc.

PLAN DE SECOURS PLONGÉE

ET TABLEAU D'ORGANISATION DES SECOURS (ART. A322-78-1 ET R322-4 DU CODE DU SPORT)

ÉTABLISSEMENT

NOM :

ADRESSE :

TÉLÉPHONE :

NOM DE L'EXPLOITANT :

ASSUREUR :

TÉLÉPHONE :

N° DE POLICE :

LIEUX DE PLONGÉE (un lieu peut correspondre à plusieurs sites proches les uns des autres)

NOM	COORDONNÉES (L/G)	PREMIER PORT (nom, distance, temps estimé)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		

EMBARCATION

NOM :

IMMATRICULATION :

TYPE :

LONGUEUR : LARGEUR :

COULEUR :

Eléments caractéristiques facilitant l'identification :

LOCALISATION DU MATÉRIEL

Oxygène, trousse de secours

Bouteille(s) de secours adaptée(s) à l'activité et détenteur(s)

CONSIGNES EN CAS D'ACCIDENT GRAVE - PROCÉDURES D'URGENCE

La procédure de déclenchement des secours est placée sous la responsabilité du directeur de plongée (art. A322-72 CdS) qui réalise ou fait réaliser par des personnes compétentes le sauvetage, l'alerte et les premiers secours exigés par l'état de la victime, jusqu'à l'arrivée des secours médicalisés.

ALERTER

EN MER
VHF

16

- PAN-PAN (3 fois)
- ICI Nom du bateau (3 fois)
- Lieu précis
- Attente réception CROSS pour passer le **message** (signes de l'accident, nombre de victimes, secours apportés, ...)

EN MER
ASN

70

- Sélection du message
- Appui maintenu sur **Distress** jusqu'à entendre 5 bips courts et un long
- Attente accusé de réception
- Mode émission (PTT) pour passer le **message** (signes, nombre de victimes, secours apportés, ...)

TÉLÉPHONE À TERRE
CROSS SAMU

196 15

- Lieu précis
- N° de téléphone
- Nombre de victimes
- Signes de l'accident (symptômes ...)
- Secours apportés
- etc.

SECOURIR

OXYGÈNE 100% 15 litres/minute.

RÉHYDRATER eau (ou jus de fruit) : 1 litre, sujet conscient.

ALLONGER ET RÉCHAUFFER ou mettre à l'ombre selon les conditions.

NE JAMAIS INTERROMPRE UNE PROCÉDURE, MEME EN CAS D'AMÉLIORATION.

Recommandation de type 3 (optionnelle) : sujets conscients ni allergiques ni intolérants, mise à disposition possible d'aspirine: 500 mg max. pour un adulte, 250 mg max. pour un petit gabarit ou un jeune plongeur.

FICHE D'ÉVACUATION DE PLONGEUR
(art. A322-78-1 du CdS)
DÉCLANCHER UN ACCIDENT GRAVE
(art. R322-46 du CdS)

NUMÉROS D'URGENCE

CROSS VHF	16
CROSS VHF-ASN	70
CROSS TELEPHONE	196
SAMU	15
TOUTES URGENCES	112
POMPIERS	18
POLICE, GENDARMERIE	17

Modèle déposé © Téthys - Plongée Plaisir - Version 2.1 - Reproduction interdite



Le centre des opérations du CROSS MED.