

1994-2024
30 ans

MZ PLONGEE LA NEUVEVILLE

PLONGER EN ALTITUDE

COURS CONFORME AUX STANDARDS

CMAS 
swiss diving





LE COURS PLONGER EN ALTITUDE CMAS SWISS DIVING

Voici une spécialité qu'il n'est pas possible d'exercer partout dans le monde.

Le but de ce cours est de renseigner le plongeur sur les particularités de ce type de plongée afin de lui permettre de la pratiquer en toute sécurité.

Merci à Pascal Zahnd et à Jean-Pierre Pélissier pour leur collaboration à la réalisation de ce document.

Ce manuel a été conçu comme le support du cours théorique pour l'enseignement de la spécialité « Plonger en altitude » de l'école de plongée MZPLONGEE à La Neuveville.

Ce support a été téléchargé sur le site www.mzplongee.ch et peut être librement utilisé à condition qu'aucune modification ne lui soit apportée.

Mauro Zürcher



TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----------|
| LES CERTIFICATIONS CMAS SWISS DIVING DU PLONGEUR | 6 |
| OBJECTIFS DU COURS PLONGÉE EN ALTITUDE | 8 |
| PROGRAMME THÉORIQUE | 8 |
| PROGRAMME PRATIQUE | 8 |
| POURQUOI LA PLONGÉE EN ALTITUDE EST-ELLE PARTICULIÈRE ? | 9 |
| L'ADAPTATION DES TISSUS EN ALTITUDE | 10 |
| DISSOLUTION DE L'AZOTE LORS DE PLONGÉES EN ALTITUDE | 10 |
| INFLUENCE DE L'ALTITUDE SUR LA DÉCOMPRESSION | 11 |
| TABLES DE PLONGÉE EN ALTITUDE OU CALCULATEUR. | 12 |
| L'UTILISATION DES TABLES DE PLONGÉE EN ALTITUDE | 12 |
| LE PASSAGE « TABLE PLAINES/ TABLE ALTITUDE ». | 12 |
| PLONGÉE SIMPLE EN ALTITUDE | 13 |
| PLONGÉE SUCCESSIVE EN ALTITUDE | 13 |
| PASSAGE D'UN COL APRÈS LA PLONGÉE | 13 |
| RÈGLES DE COMPORTEMENT LORS DE FROID EXTRÊME OU DE GROS EFFORTS PHYSIQUES : | 14 |
| PLONGER AU NITROX EN ALTITUDE | 14 |
| TABLE BÜHLMANN | 15 |
| TABLE BÜHLMANN 2'501-4'500 M. | 18 |
| LA CONSOMMATION D'AIR EN ALTITUDE | 20 |
| MESURER LA PROFONDEUR | 22 |
| PROFONDIMÈTRE À TUBE CAPILLAIRE | 22 |
| LE PROFONDIMÈTRE CAPILLAIRE EN ALTITUDE | 22 |
| PROFONDIMÈTRE À MEMBRANE | 23 |
| PROFONDIMÈTRE À TUBE DE BOURDON | 23 |
| PRINCIPE DU TUBE DE BOURDON | 23 |
| PROFONDIMÈTRES À MEMBRANE ET TUBE DE BOURDON EN ALTITUDE | 24 |
| PROFONDIMÈTRES ÉLECTRONIQUES ET CALCULATEUR | 24 |
| AUTRES PARTICULARITÉS | 25 |
| LE FROID | 25 |
| • MAINS ET PIEDS DOULOUREUX | 25 |
| LE VENT ET LE FROID | 26 |
| LE GIVRAGE DU DÉTendeur. | 27 |
| SIGNE « MON DÉTendeur EST EN DÉBIT CONTINU » | 27 |
| LE MILIEU | 28 |
| L'ÉTAGE NIVAL | 28 |
| L'ÉTAGE ALPIN | 28 |
| L'ÉTAGE SUB ALPIN | 29 |
| L'ÉTAGE MONTAGNARD | 30 |
| FAUNE ET FLORE SOUS-MARINE EN ALTITUDE. | 31 |
| FRAGILITÉ DU MILIEU | 31 |
| RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT | 31 |



| | |
|--|-----------|
| DE 1'500 JUSQU'À 3'000 MÈTRES | 32 |
| DE 1'000 JUSQU'À 1'500 MÈTRES | 32 |
| DE 500 JUSQU'À 1'000 MÈTRES | 32 |
| JUSQU'À 500 MÈTRES | 32 |
| POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA FAUNE ET LA FLORE D'EAU DOUCE. | 32 |
| LA PRÉPARATION D'UN SÉJOUR EN ALTITUDE | 33 |
| L'ORGANISATION D'UNE PLONGÉE EN ALTITUDE | 35 |
| LA PRÉPARATION DE LA PLONGÉE. | 35 |
| DÉTENDEUR | 35 |
| FROID | 35 |
| AVANT DE PARTIR | 35 |
| LA PLONGÉE | 36 |
| CHECK LISTE | 37 |
| POUR SÉJOURNER EN MONTAGNE, PERSONNELLEMENT OU POUR LE GROUPE. | 37 |
| POUR LA PLONGÉE EN ALTITUDE | 37 |
| PLONGÉE SIMPLE EN ALTITUDE | 39 |
| PLONGÉE SUCCESSIVE EN ALTITUDE | 39 |
| PASSAGE D'UN COL APRÈS LA PLONGÉE | 39 |
| IMPACT DU PLONGEUR SUR L'ENVIRONNEMENT | 40 |
| LES AGENCES DE CERTIFICATION | 41 |
| ÉVALUATION DU COURS | 43 |



LES CERTIFICATIONS CMAS SWISS DIVING DU PLONGEUR

Voici toutes les possibilités de formations à disposition du plongeur...

D1 CMAS swiss diving

Cours de spécialités

Orientation sous-marine

Sauvetage / Premiers Secours

Plonger en altitude / Altitude Diver

Plonger sous glace / Ice Diver

Plonger en combinaison étanche / Dry suit Diver

Plonger en rivière / River Diver

D2 CMAS swiss diving

D3 CMAS swiss diving



PLONGER EN ALTITUDE CMAS SWISS DIVING

Lors de cette formation, le plongeur recevra les connaissances, théoriques et pratiques de base, nécessaires à la pratique de la plongée en altitude.

Pour s'inscrire il faut :

- Etre titulaire de la certification D1 ou équivalent..
- Totaliser un minimum de 20 plongées.
- Certificat médical d'aptitude à la plongée.

APRES CE COURS :

Le plongeur dispose des connaissances nécessaires pour pouvoir pratiquer la plongée en altitude.



OBJECTIFS DU COURS PLONGÉE EN ALTITUDE

Au terme de sa formation le plongeur saura :

- Reconnaître les particularités de la plongée en altitude.
- Utiliser les tables de plongées en altitude.
- Adapter son matériel à ce type de plongée.

- Citer les risques de la plongée en altitude.

- Respecter le milieu naturel particulier en altitude

- Appliquer les mesures à prendre pour organiser une plongée en altitude

PROGRAMME THÉORIQUE

- La saturation en altitude.
- L'utilisation des tables altitude.
- L'adaptation du matériel du plongeur.
- Les risques du milieu.
- Plans d'eau artificiels ou naturels, les rivages, les pierriers, les glaciers ainsi que les prises d'eau et les barrages.
- Les connaissances et respect de l'environnement en altitude.
- Les préparatifs et l'organisation d'une plongée.

PROGRAMME PRATIQUE

Organisation d'une plongée altitude

- Prendre des renseignements sur le site.
- Evaluer les possibilités de communications et les accès.
- Organiser les secours.

Sur place

- Evaluations pratiques des risques du milieu.
- Déterminer les paramètres de plongée.
- Utiliser des tables en plongée altitude.

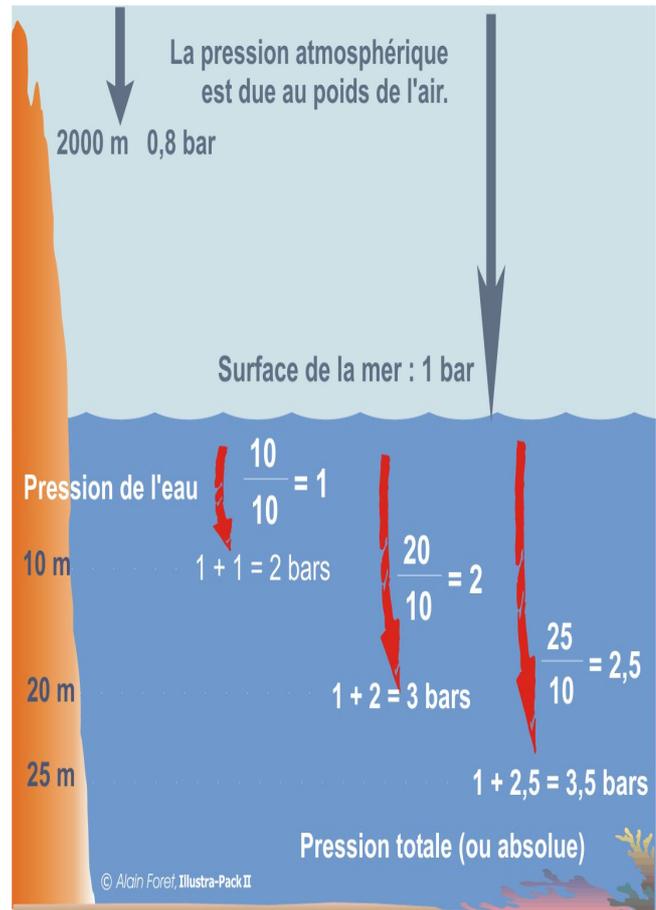
Deux plongées (2) au minimum.

POURQUOI LA PLONGÉE EN ALTITUDE EST-ELLE PARTICULIÈRE ?

Nous savons que la pression atmosphérique diminue avec l'altitude.
 En effet, plus le plongeur monte plus la couche d'air au dessus de lui devient faible donc plus le poids de cet air devient faible...

Exemple : comparaison des rapports de pression entre 0m. et 5'000m, à -10m de fond :

| | 0m | 5'000m. |
|----------|-----|---------|
| P. atm. | 1b | 0,5b |
| P. hydro | 1b | 1b |
| PA | 2b | 1.5b |
| Rapport | 2/1 | 1.5/0.5 |
| | 2. | 3 |



Ainsi, même si la pression absolue est plus faible (on sature moins) le rapport entre la pression absolu et la pression atmosphérique est plus important en altitude, ce qui modifie le concept de saturation – désaturation et d'autres choses encore...



L'ADAPTATION DES TISSUS EN ALTITUDE

Lors de la montée en altitude, la diminution de la pression atmosphérique entraîne un état de sursaturation dans les tissus. Suivant le temps de montée et la durée du séjour en altitude les tissus se désaturent plus au moins rapidement selon leur période. Bien que la désaturation totale dure 2½ jours, on admet qu'après 12 heures, les tissus qui font autorité en matière de plongée sportive (périodes rapides et moyennes) sont adaptés à la pression partielle d'azote de l'altitude concernée. En réalité, le temps d'adaptation correspond au temps de désaturation d'une plongée. Le simple fait de monter en altitude entraîne pour l'organisme les mêmes conséquences physiologiques qu'une plongée. C'est la raison pour laquelle le calcul du temps d'adaptation est le même que celui du temps de désaturation.

Pour l'utilisateur des tables Bühlmann, il n'est pas nécessaire, lors du passage d'une altitude donnée à une altitude supérieure, d'attendre une désaturation complète à la nouvelle pression ambiante, pour éviter une influence sur la plongée qui va suivre.

Les calculateurs de plongées les plus modernes affichent le temps d'adaptation nécessaire et tiennent compte, dans leur calcul de la désaturation, d'un organisme en partie adapté.

DISSOLUTION DE L'AZOTE LORS DE PLONGÉES EN ALTITUDE

La tension initiale d'azote dissous ($p_{N_2}(t_0)$) d'un tissu est plus basse avant une plongée en altitude qu'avant une plongée en mer. De plus, pour la même profondeur qu'en mer, la pression de l'azote inspiré (pI_{N_2}) est aussi plus basse.

Exemple:

$$pI_{N_2} = p_{amb.} \times 0,8$$

$p_{amb.}$ = pression ambiante

$$\text{à } 0\text{m} \quad pI_{N_2} (\text{à } -20\text{m}) = 2,4 \text{ bar}$$

$$\text{à } 5'000\text{m} \quad pI_{N_2} (\text{à } -20\text{m}) = 2,1 \text{ bar}$$

A partir d'une tension initiale d'azote dissous plus faible ($p_{N_2}(t_0)$), et une pression d'azote inspiré plus basse (pI_{N_2}), il en résulte, pour un profil de plongée identique en altitude, une dissolution comparativement moindre dans les tissus.



INFLUENCE DE L'ALTITUDE SUR LA DÉCOMPRESSION

Malgré la dissolution d'azote plus faible, la courbe de sécurité sera plus sévère (temps ou profondeur diminués) et les temps de décompression seront plus longs avec l'augmentation de l'altitude.

Cette apparente contradiction s'explique de la manière suivante :

Dans les tables (1986) calculées par le professeur Bühlmann pour la FSSS, un temps de montée d'une heure jusqu'au lac de montagne a été retenu. Cette durée admise est certainement suffisante car, dans la pratique, il est difficile pour un plongeur de monter en altitude et de s'immerger en moins d'une heure. Ainsi la courbe de sécurité et les temps de décompression donnés dans ces tables sont valables, aussi bien pour les plongeurs adaptés que les non adaptés à l'altitude.

La pression atmosphérique est plus faible en altitude, les tissus seront désaturés, lors de la remontée, à une pression ambiante proportionnellement plus faible. Une courbe de sécurité plus courte ou une décompression plus longue sont nécessaires car, si une pression ambiante tolérée ($p_{amb. tol}$) de 1,013bar permet en mer de regagner directement la surface, à 3'800m (0,62 bar) la même valeur n'autorise la remontée qu'au palier de -4m.

Le calcul comparatif, de la pression ambiante tolérée pour chaque tissu, effectué selon la formule :

$$p_{amb\ tol} = (p_{N_2}(tE) - a) \cdot b \quad **$$

met en évidence les points suivants:

- La pression ambiante tolérée décroît avec l'augmentation d'altitude
- La sursaturation critique (maximum tolérable) du tissu ($p_{N_2}(tE) - p_{amb\ tol}$) devient plus petite en altitude

Il en résulte qu'avec une augmentation de l'altitude et, pour un profil d'immersion identique, la décompression débute en général par un palier plus profond, la courbe de sécurité est dans chaque cas plus courte et le temps de décompression (pour le même échelonnement de paliers) doit toujours être plus long.

Ainsi, dans les tables Bühlmann 701-2'500m (1986), l'habituel palier de 3m a été divisé en deux paliers à 4 et 2m ce qui permet même de réduire la durée de la décompression par rapport à l'emploi du palier classique de 3m.

******Les coefficients **a** et **b** ont été mis en évidence par le Prof. Bühlmann et représentent une sorte de « valeur maximale de sursaturation »



TABLES DE PLONGÉE EN ALTITUDE OU CALCULATEUR.

Il est nécessaire que les tables ou les calculateurs utilisés soient adaptés à l'altitude du lieu de plongée.

L'emploi de tables « mer » devient caduc et l'utilisation des ordinateurs programmés pour des altitudes insuffisantes est dangereuse. Les tables Bühlmann 1986, établies pour une zone d'altitude de 701 à 2'500m existent aussi sous forme d'une plaquette immergeable en matière synthétique jaune. Elles sont d'un emploi très facile, y compris pour les plongées successives. Avec la version de base de 0 à 700m, les tables couvrent pratiquement tout le domaine « plongeable » des lacs européens.

Malgré l'emploi croissant des calculateurs, ces tables devraient être promises à un bel avenir, et plus particulièrement lors de la préparation des plongées.

L'appareil idéal prend en considération la plus grande subdivision possible d'altitude. De ce fait il donne, dans la règle, des décompressions plus précises et plus courtes, tout en tenant compte de votre adaptation pendant le temps de montée en altitude.

L'UTILISATION DES TABLES DE PLONGEE EN ALTITUDE

La plupart des tables de plongées sont calculées avec une limite d'altitude de 300m. sur mer. Au dessus il faudra calculer une « profondeur équivalente » en tenant compte de la variation d'altitude.

Seule la table Bühlmann de base « monte » jusqu'à 700m. permettant de plonger de 0 à 700 m sur mer sans changer de table.

Dès 701m il faut utiliser la table 701-2'500 m. Il existe aussi une table allant jusqu'à 4'500m d'altitude

LE PASSAGE « TABLE PLAINE/ TABLE ALTITUDE ».

La table Bühlmann 701-2'500 m. permet de plonger **60 minutes déjà** après l'arrivée sur le lieu d'altitude (adaptation minimale) car elle prend en compte la désaturation due à la montée en altitude.

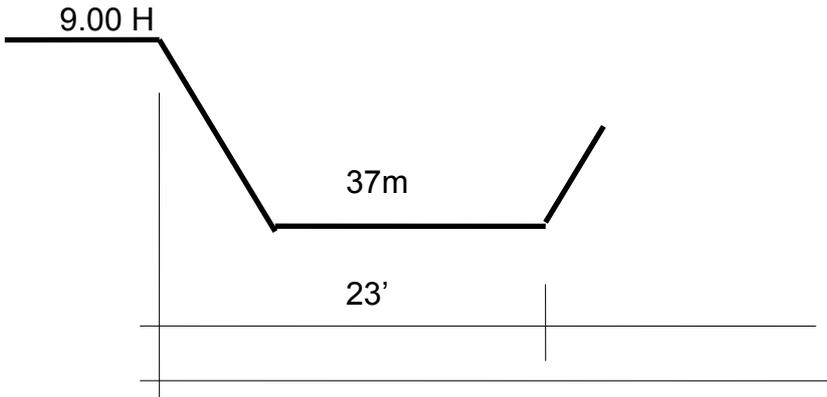
En revanche la table « 2'501-4'500 m. » nécessite une adaptation totale du corps c'est-à-dire un séjour préalable de **6-7 jours avant la plongée.**

PLONGEE SIMPLE EN ALTITUDE

Solutions page 39

Calculer les paliers et l'heure de sortie de la plongée suivante.

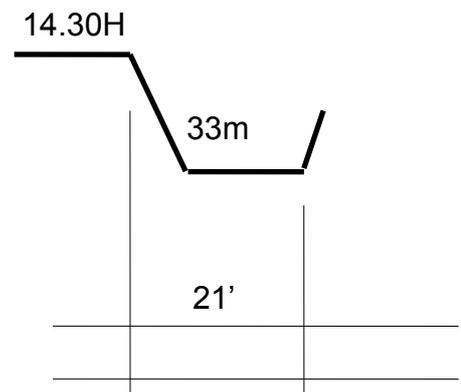
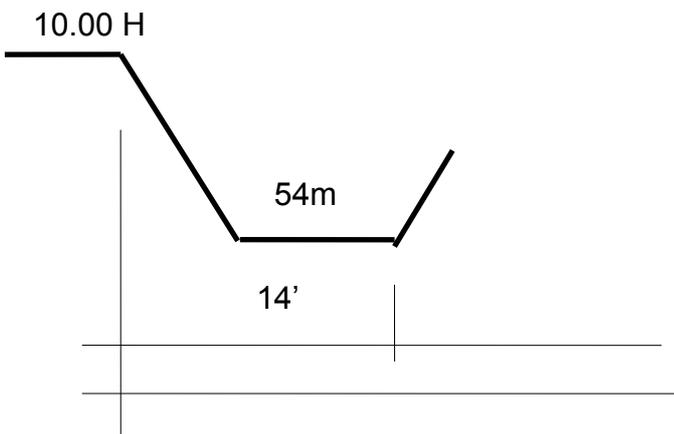
ALT. 1'800m s/m



PLONGÉE SUCCESSIVE EN ALTITUDE

Calculer les paliers, et les heures de sortie, des plongées suivantes.

ALT. 1'692m S/M



PASSAGE D'UN COL APRÈS LA PLONGÉE

Après avoir effectué la plongée précédente combien de temps fait-il attendre avant de franchir un col à 3'500m d'altitude ?



RÈGLES DE COMPORTEMENT LORS DE FROID EXTRÊME OU DE GROS EFFORTS PHYSIQUES :

Dans ces deux cas, la quantité d'azote dissous est plus grande que celle prise en considération pour le calcul de la table. Ce phénomène est dû, dans le cas du froid au ralentissement de l'élimination de l'azote dans les extrémités, suite à la vasoconstriction périphérique en fin de plongée. Lors de l'effort physique, la quantité d'azote dissoute sera plus grande suite à une irrigation accrue durant cet effort physique.

Dans ces deux cas, on majore le temps de plongée **d'une valeur**.

Exemple :

42m 18min -> majoration d'une valeur -> prendre 21 minutes

42m 16min -> prendre 18min -> majoration d'une valeur = 21 minutes

PLONGER AU NITROX EN ALTITUDE

Il n'y a pas de problèmes pour plonger en altitude avec du nitrox. En effet comme la **pression absolue** est la référence pour les calculs du mélange à utiliser (best mix), de la M.O.D. (profondeur maximale de plongée) et de la EAD (profondeur équivalente azote) et qu'elle est plus faible en altitude nous pourrions donc :

- Avoir un mélange plus riche ou
- Plonger plus profond

Dans certains cas les deux sont possible.

Ne pas oublier de calibrer l'analyseur, sur le lieu de la mesure, ou vous vous trouvez en altitude.



TABLE BÜHLMANN

Nullzeiten und Dekompressionszeiten
 Courbe de sécurité et temps de décompression

0-700 müM
 m s/mer

| Tiefe Prof. m | Zeit Durée min mn | Stufen Paliers | | | RG GR |
|---------------|-------------------|----------------|-----|-----|-------------------|
| | | 12 m | 9 m | 3 m | |
| 12 | 125 | | | 1 | G H H |
| | 140 | | | 5 | |
| | 150 | | | 8 | |
| 15 | 75 | | | 1 | G G G G H |
| | 80 | | | 3 | |
| | 90 | | | 7 | |
| | 100 | | | 12 | |
| | 110 | | | 17 | |
| 18 | 51 | | | 1 | F G G H |
| | 60 | | | 5 | |
| | 70 | | | 11 | |
| | 80 | | | 18 | |
| 21 | 35 | | | 1 | E E F G H |
| | 40 | | | 2 | |
| | 50 | | | 8 | |
| | 60 | | | 16 | |
| 24 | 25 | | | 1 | E E F F G H |
| | 30 | | | 2 | |
| | 35 | | | 4 | |
| | 40 | | | 8 | |
| | 50 | | | 17 | |
| 27 | 20 | | | 1 | E F F G G G H |
| | 30 | | | 5 | |
| | 35 | | | 10 | |
| | 40 | | | 13 | |
| 30 | 17 | | | 1 | D D E F F G G G H |
| | 20 | | | 2 | |
| | 25 | | | 5 | |
| | 30 | | | 7 | |
| | 35 | | | 14 | |
| 33 | 14 | | | 1 | D E F F G G G H |
| | 20 | | | 4 | |
| | 25 | | | 7 | |
| | 30 | | | 11 | |
| | 35 | | | 17 | |
| 36 | 12 | | | 1 | D D E F F G G H |
| | 15 | | | 3 | |
| | 20 | | | 5 | |
| | 25 | | | 9 | |
| | 30 | | | 15 | |

| Tiefe Prof. m | Zeit Durée min mn | Stufen Paliers | | | | RG GR | |
|---------------|-------------------|----------------|------|-----|-----|---------------------|-------------------|
| | | 15 m | 12 m | 9 m | 3 m | | |
| 39 | 10 | | | | 1 | D E F F G G G H | |
| | 15 | | | | 4 | | |
| | 20 | | | | 7 | | |
| | 25 | | | | 12 | | |
| | 30 | | | 2 | 18 | | |
| | 40 | | 2 | 6 | 29 | | |
| 42 | 9 | | | | 1 | D D E F F F G G G H | |
| | 12 | | | | 4 | | |
| | 15 | | | | 5 | | |
| | 18 | | | | 6 | | |
| | 21 | | | | 10 | | |
| | 24 | | | | 16 | | |
| | 27 | | | | 19 | | |
| 45 | 30 | | | | 25 | E E F F F G G G H | |
| | 33 | | | | 29 | | |
| | 36 | | | | 32 | | |
| | 9 | | | | 2 | | E E F F F G G G H |
| | 12 | | | | 5 | | |
| 15 | | | | 9 | | | |
| 18 | | | | 13 | | | |
| 21 | | | | 18 | | | |
| 48 | 24 | | | | 22 | E E F F F G G G H | |
| | 27 | | | | 26 | | |
| | 30 | | | | 30 | | |
| | 9 | | | | 3 | | E E F F F G G G H |
| | 12 | | | | 5 | | |
| 15 | | | | 6 | | | |
| 18 | | | | 10 | | | |
| 21 | | | | 16 | | | |
| 51 | 24 | | | | 22 | E E F F F G G G H | |
| | 27 | | | | 26 | | |
| | 30 | | | | 30 | | |
| | 9 | | | | 4 | | E E F F F G G G H |
| | 12 | | | | 6 | | |
| 15 | | | | 8 | | | |
| 18 | | | | 13 | | | |
| 21 | | | | 18 | | | |
| 54 | 24 | | | | 24 | E E F F F G G G H | |
| | 27 | | | | 32 | | |
| | 9 | | | | 5 | | E E F F F G G G H |
| | 12 | | | | 6 | | |
| | 15 | | | | 10 | | |
| 18 | | | | 17 | | | |
| 21 | | | | 21 | | | |
| 57 | 24 | | | | 27 | E E F F F G G G H | |
| | 27 | | | | 31 | | |
| | 9 | | | | 5 | | E E F F F G G G H |
| | 12 | | | | 8 | | |
| | 15 | | | | 11 | | |
| 18 | | | | 18 | | | |
| 21 | | | | 24 | | | |
| 60 | 24 | | | | 29 | E F F F G G | |
| | 9 | | | | 5 | | E F F F G G |
| | 12 | | | | 9 | | |
| | 15 | | | | 14 | | |
| | 18 | | | | 22 | | |

Palier de sécurité: 1 mn à 3 m
 Remontée: 10 m/mn
 Sécuritéshalt: 1 min bei 3 m
 Aufstieg: 10 m/min

© A. A. Bühlmann, Universität Zürich CH 1986



TABLE BÜHLMANN

Nullzeiten und Dekompressionszeiten **701-2500** müM
Courbe de sécurité et temps de décompression m s/mer

| Tiefe Prof. m | Zeit Durée min mn | Stufen Paliers | | | | RG GR | Tiefe Prof. m | Zeit Durée min mn | Stufen Paliers | | | | RG GR | | |
|---------------|-------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | | 9 m | 6 m | 4 m | 2 m | | | | 12 m | 9 m | 6 m | 4 m | | 2 m | |
| 9 | 238 | | | | 1 | G | | 9 | | | | | 1 | D | |
| 12 | 99 | | | | 1 | G | 39 | 12 | | | | | 3 | E | |
| | 110 | | | | 4 | G | | 15 | | | | | 4 | E | |
| | 120 | | | | 8 | G | | 18 | | | | 2 | 7 | E | |
| 15 | 62 | | | | 1 | F | 21 | | | | 3 | 4 | E | | |
| | 70 | | | | 4 | G | 24 | | 2 | | 3 | 6 | G | | |
| | 80 | | | | 10 | G | 27 | 1 | 4 | | 4 | 8 | G | | |
| | 90 | | | | 15 | G | 30 | 4 | 4 | | 6 | 21 | G | | |
| 18 | 44 | | | | 1 | F | 42 | 8 | | | | | 1 | D | |
| | 50 | | | | 4 | F | | 12 | | | | 1 | 4 | E | |
| | 60 | | | | 11 | F | | 15 | | | | 3 | 5 | E | |
| | 70 | | | | 19 | G | | 18 | | | 1 | 3 | 8 | E | |
| | 80 | | | 4 | 23 | H | | 21 | | 3 | 3 | 4 | 13 | E | |
| 90 | | | 8 | 25 | H | 24 | 1 | 4 | 4 | 7 | 18 | E | | | |
| 21 | 30 | | | | 1 | E | 45 | 9 | | | | | 3 | D | |
| | 35 | | | | 2 | F | | 12 | | | | 3 | 3 | E | |
| | 40 | | | | 5 | F | | 15 | | | | 3 | 6 | E | |
| | 45 | | | | 9 | G | | 18 | | | 3 | 4 | 11 | E | |
| | 50 | | | 1 | 13 | G | | 21 | 2 | 4 | 4 | 7 | 16 | E | |
| | 55 | | | 3 | 17 | G | | 24 | 4 | 5 | 5 | 21 | 21 | G | |
| | 60 | | | 5 | 20 | G | | 48 | 9 | | | | | 1 | E |
| 65 | | | 8 | 22 | G | 12 | | | | | 1 | 3 | 4 | E | |
| 70 | | | 11 | 23 | G | 15 | | | 2 | 2 | 3 | 4 | 9 | E | |
| 24 | 22 | | | | 1 | F | 18 | | 2 | 4 | 5 | 5 | 14 | E | |
| | 30 | | | | 3 | F | 21 | | 4 | 4 | 9 | 19 | 19 | E | |
| | 35 | | | | 7 | F | 51 | | 6 | | | | | 2 | E |
| | 40 | | | 2 | 11 | G | | | 9 | | | 1 | 3 | 3 | E |
| 45 | | | 4 | 16 | G | 12 | | | 1 | 2 | 3 | 5 | E | | |
| 50 | | | 7 | 19 | G | 15 | | | 3 | 3 | 4 | 11 | E | | |
| 55 | | 1 | 10 | 21 | G | 18 | 2 | 4 | 4 | 7 | 17 | E | | | |
| 27 | 18 | | | | 1 | D | 21 | 4 | 4 | 6 | 11 | 21 | E | | |
| | 20 | | | | 2 | E | 54 | 6 | | | | | 2 | D | |
| | 25 | | | | 4 | F | | 9 | | | | 3 | 3 | D | |
| | 30 | | | 2 | 7 | F | | 12 | | 2 | 1 | 3 | 7 | E | |
| | 35 | | | 4 | 11 | F | | 15 | 1 | 4 | 5 | 6 | 13 | E | |
| 40 | | 1 | 6 | 16 | G | 18 | | 3 | 4 | | 9 | 19 | E | | |
| 45 | | 2 | 9 | 20 | G | | | | | | | | G | | |
| 30 | 15 | | | | 1 | D | 30 | 15 | | | | | 1 | D | |
| | 20 | | | | 3 | E | | 20 | | | | 2 | 6 | E | |
| | 25 | | | 2 | 6 | F | | 25 | | 1 | 4 | 11 | 15 | E | |
| | 30 | | | 4 | 11 | F | | 30 | 1 | 2 | 7 | 20 | 20 | E | |
| | 35 | | 1 | 2 | 15 | G | | 35 | 2 | 5 | 10 | 20 | 23 | E | |
| 40 | | 2 | 6 | 23 | G | 45 | 6 | 12 | 12 | 23 | 23 | E | | | |
| 33 | 12 | | | | 1 | D | 33 | 12 | | | | | 1 | D | |
| | 15 | | | | 2 | E | | 15 | | | | 2 | 4 | E | |
| | 20 | | | | 4 | F | | 20 | | | 2 | 3 | 9 | E | |
| | 25 | | | 2 | 9 | F | | 25 | 1 | 3 | 3 | 14 | 20 | E | |
| | 30 | | 1 | 3 | 14 | G | | 30 | 2 | 4 | 6 | 20 | 23 | E | |
| 35 | | 2 | 4 | 20 | G | 35 | 3 | 6 | 12 | 23 | 23 | E | | | |
| 40 | | 3 | 6 | 23 | G | 40 | 3 | 6 | 23 | 23 | 23 | E | | | |
| 36 | 10 | | | | 1 | D | 36 | 10 | | | | | 1 | D | |
| | 15 | | | | 3 | E | | 15 | | | 1 | 3 | 6 | E | |
| | 20 | | | | 6 | F | | 20 | | 1 | 3 | 6 | 6 | E | |
| | 25 | | 1 | 1 | 12 | F | | 25 | 1 | 3 | 5 | 12 | 12 | E | |
| | 30 | | 3 | 3 | 19 | G | | 30 | 3 | 3 | 8 | 19 | 19 | E | |
| 35 | | 4 | 6 | 23 | G | 35 | 4 | 6 | 23 | 23 | 23 | E | | | |

Palier de sécurité: 1 mn à 2 m
 Remontée: 10 m/mn
 Sécuritéshalt: 1 min bei 2 m
 Aufstieg: 10 m/min

© A. A. Bühlmann, Université de CH-Zürich 1986

TABLE BÜHLMANN

Wiederholungstauchgänge 0-2500 müM
Plongées successives de 0-2500 m s/mer

0-2500 müM
m s/mer

| Oberflächenpause Intervalle de surface | | | | | | | | | | "0" | | ✈ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|-------|--|-------|-------|
| RG nach Ende des Tauchganges GR à la fin de la plongée | | | | | | | | | | A | 2 | 2 |
| | | | | | | | | | | B | 20 | 2 |
| | | | | | | | | | | C | 25 | 3 |
| | | | | | | | | | | D | 30 | 3 |
| | | | | | | | | | | E | 45 | 4 |
| | | | | | | | | | | F | 75 | 8 |
| | | | | | | | | | | G | 130 | 12 |
| | | | | | | | | | | H | 240 | 24 |
| | | | | | | | | | | A | 340 | 24 |
| | | | | | | | | | | Std/h | Std/h | Std/h |
| H | G | F | E | D | C | B | A | "0" | ✈ | Beispiel: Wiederholungsgruppe RG F nach Ende des Tauchganges - nach 45 Minuten ist RG C, nach 90 Minuten A erreicht (Zwischenwerte abrunden) - nach 8 Stunden kann ohne Zeitzuschlag getaucht werden - 4 Stunden Wartezeit bis Flug Exemple: Groupe répétitif GR F à la fin de la plongée - après 45 minutes F devient C, après 90 minutes F devient A (prendre pour les valeurs intermédiaires celle immédiatement inférieure) - après 8 heures on peut replonger sans ajouter de majoration - temps d'attente avant l'envol: 4 heures | | |
| H | G | F | E | D | C | B | A | Std/h | Std/h | | | |

| Zeitzuschläge für Wiederholungstauchgänge Majorations aux plongées successives | | | | | | | | | | | | | | | | | (Zwischenwerte abrunden) (prendre pour les valeurs intermédiaires celle immédiatement inférieure) | | |
|---|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|
| Vorgesehene Tauchtiefe in Meter Profondeur en mètres de la plongée envisagée | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RG GR | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 45 | 48 | 51 | 54 | 57 | | |
| A | 25 | 19 | 16 | 14 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | | |
| B | 37 | 25 | 20 | 17 | 15 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 | 5 | | |
| C | 55 | 37 | 29 | 25 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 7 | 6 | | |
| D | 81 | 57 | 41 | 33 | 28 | 24 | 21 | 19 | 17 | 15 | 14 | 13 | 11 | 10 | 9 | 9 | 8 | | |
| E | 105 | 82 | 59 | 44 | 37 | 30 | 26 | 23 | 21 | 19 | 17 | 16 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | | |
| F | 130 | 111 | 88 | 68 | 53 | 42 | 35 | 30 | 27 | 24 | 21 | 19 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | | |
| G | 154 | 137 | 115 | 91 | 72 | 57 | 47 | 40 | 35 | 31 | 27 | 25 | 23 | 21 | 20 | 19 | 18 | | |

Beispiel: RG C zu Beginn des Wiederholungstauchganges. Vorgesehene Tiefe 27 Meter = 18 Minuten
Zeitzuschlag zur Grundzeit des Tauchganges

Exemple: RG C au départ de la plongée successive. Profondeur envisagée 27 mètres = 18 minutes
de majoration à rajouter au temps de séjour au fond

| Passfahrten und Fliegen ohne Druckkabine Le passage d'un col et vol sans cabine pressurisée | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| (Zwischenwerte der Höhe aufrunden/prendre pour les valeurs intermédiaires d'altitude celle immédiatement supérieure) | | | | | |
| RG am ENDE des Tauchganges GR à la FIN de la plongée | | | | | |
| Höhe (m) altitude (m) | A-D | E | F | G | H |
| 2500 | 1:00 | 1:00 | 1:00 | 1:00 | 2:00 |
| 3000 | 1:00 | 1:00 | 1:00 | 1:30 | 3:30 |
| 3500 | 1:00 | 1:00 | 1:30 | 3:30 | 5:30 |
| 4000 | 1:00 | 1:30 | 3:00 | 5:00 | 7:00 |

Anmerkungen:

- Kein zusätzlicher Aufstieg innerhalb der ersten Stunde des Intervalls nach dem TG!
- Nach Ablauf dieser ersten Stunde: **gleichmäßiger** Aufstieg zur Zielhöhe.
- Zielhöhe darf **nicht vor** angegebener Wartezeit erreicht werden.

Remarques:

- Pas de remontée pendant la première heure de l'intervalle après la plongée!
- Après cette première heure: commencer une **montée régulière**.
- L'altitude envisagée **ne doit pas être atteinte avant** le temps d'attente indiqué.

Alle Wartezeiten in Std:Min/Tous les temps d'attente en hrs:min

© B. A. Müller/ZH 1988

TABLE BÜHLMANN 2'501-4'500 M.

| Prof. m. | Temps au fond | 12 | 9 | 6 | 4 | 2 | GR |
|----------|---------------|----|---|---|---|----|----|
| 9 | 204 | | | | | 1 | G |
| 12 | 88 | | | | | 1 | G |
| | 100 | | | | | 5 | G |
| | 120 | | | | | 13 | G |
| 15 | 50 | | | | | 1 | E |
| | 60 | | | | | 2 | F |
| | 90 | | | | | 20 | G |
| 21 | 22 | | | | | 1 | D |
| | 30 | | | | | 3 | E |
| | 35 | | | | | 6 | F |
| | 45 | | | | 3 | 10 | F |
| | 60 | | | | 8 | 18 | G |
| 24 | 16 | | | | | 1 | D |
| | 25 | | | | | 4 | E |
| | 30 | | | | 1 | 6 | F |
| | 40 | | | | 5 | 12 | F |
| 27 | 14 | | | | | 1 | D |
| | 20 | | | | | 4 | E |
| | 30 | | | | 5 | 7 | F |
| 30 | 11 | | | | | 1 | D |
| | 20 | | | | 2 | 5 | E |
| | 30 | | | 3 | 5 | 11 | F |
| 33 | 9 | | | | | 1 | D |
| | 15 | | | | 1 | 4 | E |
| | 21 | | | 1 | 4 | 6 | F |
| | 27 | | 1 | 3 | 6 | 11 | G |

| | | | | | | | |
|----|----|--|---|---|---|----|---|
| 36 | 8 | | | | | 1 | D |
| | 12 | | | | 1 | 3 | D |
| | 18 | | | 1 | 4 | 6 | F |
| | 21 | | | 3 | 5 | 7 | F |
| | | | | | | | |
| 39 | 7 | | | | | 1 | D |
| | 12 | | | | 2 | 4 | E |
| | 18 | | 1 | 2 | 5 | 6 | F |
| | 21 | | 2 | 3 | 6 | 10 | F |
| | | | | | | | |
| 42 | 7 | | | | | 1 | D |
| | 12 | | | 1 | 3 | 4 | E |
| | 18 | | 2 | 3 | 5 | 9 | F |
| | | | | | | | |
| 45 | 6 | | | | | 1 | C |
| | 12 | | | 2 | 3 | 5 | F |
| | 18 | | 3 | 4 | 6 | 11 | F |

ATTENTION : la table « 2'501-4'500 m. » nécessite une adaptation totale du corps c'est-à-dire un séjour préalable de **6-7 jours à l'altitude, avant la plongée.**

Pour le calcul des plongées successives, les valeurs de la table « Plongées successives de 0 à 2'500m. » peuvent être prises en compte.

En effet, la désaturation est calculée « au plus long » c'est-à-dire à la pression atmosphérique maximale, donc au niveau de la mer.

En altitude, la pression étant plus faible le corps désature plus vite...

Table tirée de l'ouvrage « Tauchmedizin » 5^{ème} édition, E. Völlm-P. Nussberger, Springer Verlag.



LA CONSOMMATION D'AIR EN ALTITUDE

Il existe plusieurs possibilités pour calculer la consommation d'air pour les plongées en lacs d'altitude. Nous te proposons ci-après une méthode de calcul basée sur le même principe que le calcul de consommation pour les plongées en mer, en nous basant sur les litres normalisés.

QUE SONT LES LITRES NORMALISÉS ?

Un litre d'eau est l'exemple type de quantité de liquide dont nous connaissons le volume et la densité. En ce qui concerne les **gaz**, contrairement aux liquides, on n'indique, à part le **volume**, la pression et non la densité. L'indication 1 litre d'air ne donne aucune information sur la quantité de matière, mais sur le nombre de molécules présentes.

Il est important de ramener ces indications de quantités d'air à une unité utilisable pour le calcul. Nous ramènerons donc ces quantités d'air à la pression d'un bar, c'est-à-dire au volume qu'aurait cette quantité d'air s'il était exposé à une pression d'un bar. Nous parlerons alors de **litres/surface ou LN (litres normalisés)**. La définition de ces litres normalisés est très simple, puisque nous les définissons au moyen de la formule découlant de la loi de BOYLE et MARIOTTE.

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

P_1 = pression ambiante V_1 = volume à pression ambiante
 P_2 = pression normale 1b V_2 = volume normal à 1b

$$V_2 = \frac{P_1 * V_1 * P_1 * V_1}{P_2} = \frac{V_2}{1b} = P_1 * V_1$$

$P_1 = 200$ bar. La pression interne du scaphandre est indépendante de la pression ambiante.

$V_1 = 10$ L/b Volume normal à 1 bar. Par bar, il se trouve 10 litres d'air dans ce scaphandre.

$V_2 = 200$ bar * 10 bar/litre = 2000 litres normalisés



Si l'air de ce scaphandre est détendu à la pression d'un bar, nous obtiendrons un volume de 2000 litres. Si nous devons détendre cette même quantité d'air en altitude (p.ex. à 2'000, mètres, où règne une P_{atm} de 0,8 bar) pour remplir un ballon, ce dernier aurait un volume de :

$$V_2 = \frac{200 \text{ bar} * 10 \text{ litres}}{0.8 \text{ bar}} = 2'500 \text{ litres}$$

Nous calculerons donc également les consommations d'air en altitude en nous référant aux LN, soit aux litres à 1 bar. Donc, à cette altitude, notre scaphandre contiendra toujours 2000 LN.

Un homme consomme en travail léger environ 20 litres par minute, indépendamment de la pression ambiante. Il respire partout au même rythme et avec la même amplitude. Sa consommation, c'est-à-dire la quantité d'air dont il aura besoin dépendra de la pression ambiante.

Niveau mer $V_2 = 20 \text{ L/bar} * \text{minute} * 1 \text{ bar} = 20 \text{ LN/min.}$

Mer -10 mètres $V_2 = 20 \text{ L/bar} * \text{minute} * 2 \text{ bar} = 40 \text{ LN/min.}$

Altitude 2000m $V_2 = 20 \text{ L/bar} * \text{minute} * 0,8 \text{ bar} = 16 \text{ LN/min.}$

Alt. 2000m à -10m $V_2 = 20 \text{ L/bar} * \text{minute} * 1,8 \text{ bar} = 36 \text{ LN/min.}$

Nous inspirons et expirons dans ce lac d'altitude le même volume d'air qu'au niveau de la mer, mais vu que la pression ambiante est moindre qu'au niveau de la mer, la quantité d'air consommé (indiquée en LN) sera plus faible qu'en l'indiquant à la pression ambiante de la surface. L'air contenu dans le scaphandre permettra donc une plongée plus longue en altitude.

Exercice: Altitude 2000 mètres, profondeur 1 mètre

$$V_2 = 20 \text{ L/bar} * \text{minute} * 0.9 \text{ bar} = 18 \text{ LN/min.}$$

Constatation: on consomme moins qu'en surface, en mer!

Solution Nous devons comparer les volumes minimaux de consommation qui ne correspondent pas aux mêmes pressions.

Surface = 20 L/min. sous pression atm. de 0,8 bar, soit 16 L/min.

-1 m = 20 L/min. sous pression atm. de 0,9 bar, soit 18 l/min.

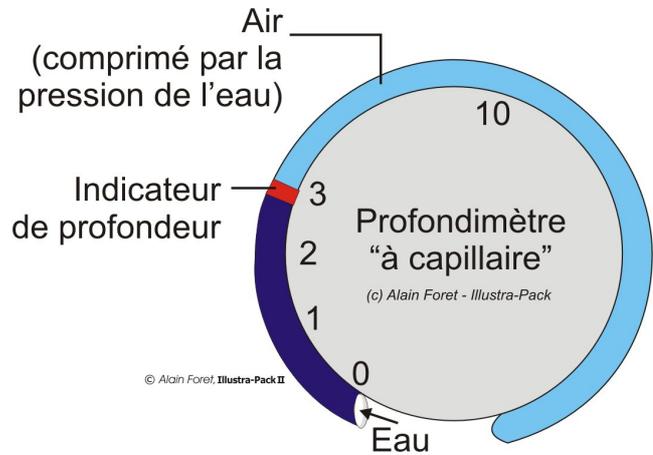
RÉSUMÉ

Nous ne devons prendre en considération pour les calculs que des quantités de gaz ramenés à une pression identique. Le plus simple étant de ramener ces volumes à la pression d'un bar.

MESURER LA PROFONDEUR

PROFONDIMÈTRE À TUBE CAPILLAIRE

C'est un tube bouché à l'une des extrémités. Lors de la descente, la pression augmente et l'eau entre dans le tube. Une échelle graduée indique alors la profondeur. Ce profondimètre utilise le principe de la loi de Mariotte. En partant de la surface (1b), quand la pression a doublé (2b), le tube est rempli à moitié, l'échelle indique 10 mètres.



Ce type de profondimètre est bon marché et précis dans les faibles profondeurs.

La lecture de l'échelle perd sa précision au fur et à mesure que la profondeur augmente (distance de marquage toujours plus petite).

LE PROFONDIMÈTRE CAPILLAIRE EN ALTITUDE

Selon la loi de Boyle et Mariotte, le rapport de compression d'une colonne d'air obturée à un bout, et **étalonné au niveau de la mer**, donnera automatiquement en altitude une erreur de mesure due à la diminution de la pression atmosphérique.

Exemple:

0m (mer)

(Pression atm. = 1,0 bar)

5'000m (lac de montagne)

(Pression atm. = 0,5 bar)

| Profondeur | Pression | Volume | Lecture | Profondeur | Pression | Volume | Lecture |
|------------|----------|--------|---------|------------|----------|--------|---------|
| 0m | 1 bar | 1 | 0 m | 0m | 0,5 bar | 1 | 0m |
| 10m | 2 bar | 1/2 | 10 m | 5m | 1,0 bar | 1/2 | 10m |
| 20m | 3 bar | 1/3 | 20 m | 10m | 1,5 bar | 1/3 | 20m |

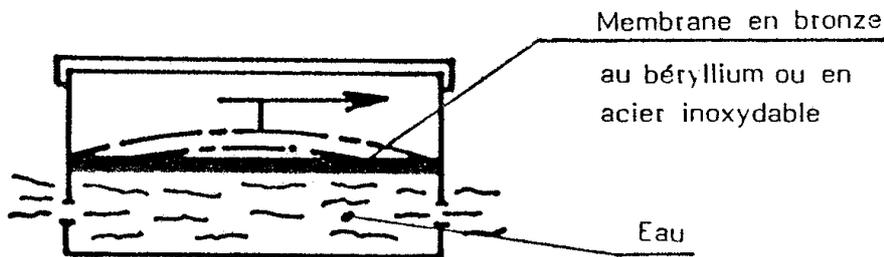
En altitude, la profondeur indiquée par un profondimètre à tube capillaire est toujours plus grande que la profondeur réelle. L'erreur n'est pas constante, elle croît avec l'augmentation de l'altitude et de la profondeur. La profondeur effective dans un lac de montagne peut se calculer de la façon suivante :

Profondeur effective = profondeur lue (en m) * $\frac{\text{pression atm. lac}}{\text{pression atm. mer}}$

EXEMPLE:

3'500m, 30m, $30 * \frac{0,65 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 19,5\text{m}$

PROFONDIMÈTRE À MEMBRANE



L'eau entre dans le boîtier et vient déformer une membrane en acier inox ou en bronze béryllium.

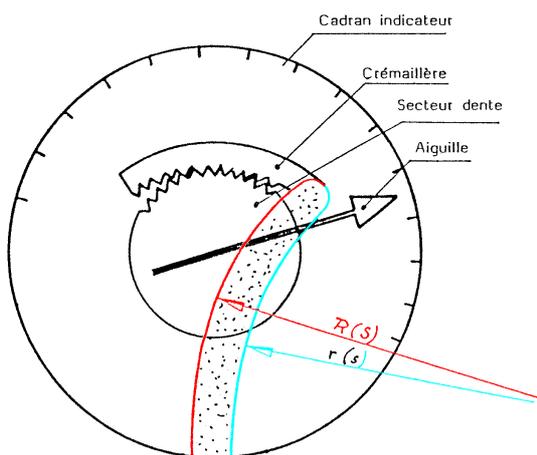
L'aiguille en contact avec la membrane se déplace au fur et à mesure que celle-ci se dé-

forme et vient indiquer la profondeur face à une échelle graduée. (niveau de la mer). Les profondimètres de ce type sont chers et de plus en plus rares. (Uwatec COMPACT ou SCUBAPRO)

PROFONDIMÈTRE À TUBE DE BOURDON

C'est sur ce principe que la majorité des profondimètres actuellement sur le marché sont construits.

PRINCIPE DU TUBE DE BOURDON



Sous l'effet de la pression, un tube courbé, en laiton, se déforme.

La pression c'est une force sur une surface :

- La force c'est l'eau
- La surface R est plus grande que
- La surface r

Donc la pression exercée sur R est plus grande que celle exercée sur r : le tube se redresse, entraînant avec lui le mécanisme denté qui fait bouger l'aiguille en face d'une échelle graduée.



PROFONDIMÈTRES À MEMBRANE ET TUBE DE BOURDON EN ALTITUDE

Dans ces appareils la profondeur affichée est le résultat de la différence entre la pression absolue et une pression de référence.

Pour les profondimètres qui ne sont pas ajustables, la pression de référence est en général la pression atmosphérique au niveau de la mer (1 bar). De ce fait, les profondeurs affichées dans un lac de montagne, sont trop faibles et l'écart avec la profondeur réelle correspond à la différence de pression atmosphérique exprimée en mètres d'eau.

L'erreur de mesure des profondimètres à membrane ou à tube de Bourdon non-ajustable ne dépend que de la pression atmosphérique de chaque lieu de plongée mais reste constante à toutes profondeurs.

La profondeur effective dans un lac de montagne peut se calculer de la façon suivante :

Profondeur effective = lecture (en m) + Différence de pression atm.
entre 0m et l'altitude, exprimée en mètres de CE (colonne d'eau)

Exemple:

| | | |
|-------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 0 m. (1,0 bar) | | 2'500m (lac) <u>0,75 bar</u> |
| ↓ | différence de pression: | -0,25 bar ← |
| | | = 2,5 m. |

Profondeur effective : 30 m
Pression absolue : 4 bar
Lecture : 30 m

Profondeur effective : 30,0 m
Pression absolue : 3,75 bar
Lecture : 27,5 m

PROFONDIMÈTRES ÉLECTRONIQUES ET CALCULATEUR

Tous les systèmes électroniques mesurent, à partir d'un capteur piézorésistif, la pression absolue. De ce fait et au plus tard à l'enclenchement de l'appareil en surface, la pression atmosphérique du lieu est mémorisée.

Ainsi, durant toute la plongée, la différence entre la pression absolue et la pression atmosphérique à la surface est calculée et convertie en un signal digital. La profondeur indiquée est toujours exacte sans nécessité de correction.



AUTRES PARTICULARITÉS

LE FROID

Dans l'eau, la perte de chaleur peut être jusqu'à 25 fois plus importante que dans l'air.
Même protégé par une bonne combinaison, le plongeur se refroidira.

En été, le plongeur retrouvera de l'eau à une température agréable et, si son séjour dans la « couche froide » n'était pas trop long, il ne souffrira pas du froid.

Lors d'une plongée sous glace le plongeur est tout de suite dans une eau qui a une température de quelques degrés et il se refroidira au maximum.
Dès que les symptômes suivant apparaîtront :

- FRISSONS.
- **MAINS ET PIEDS DOULOUREUX**
- Crampes musculaires aux jambes.
- Tremblements caractéristiques.

il faut sortir de l'eau sans tarder car si le corps continue à se refroidir, le plongeur ressent un engourdissement progressif des membres, de la difficulté à respirer. La consommation d'air augmente et le risque d'essoufflement est grand. De violents maux de tête consécutifs à un début d'hypercapnie (intoxication au CO₂) peuvent être ressentis.

Dans les cas graves, une syncope peut survenir.

POUR LUTTER CONTRE LE FROID

- Avoir une bonne combinaison.
- Sortir de l'eau aux premiers signes de froid.
- Plonger seulement si l'on est en pleine forme.

Prévoir un abri pour se changer et des boissons chaudes pour réchauffer les plongeurs.

LE VENT ET LE FROID

La sensation de froid augmente rapidement si le plongeur est exposé au vent. Les spécialistes de la montagne utilisent une formule, dite de Paul Siple, du nom de l'explorateur qui la mise en œuvre pour la première fois en 1939 lors d'explorations polaires.

La table ci-dessous indique la température ressentie, selon la température mesurée et le vent apparent.

TABELLE SELON LA FORMULE DE SIPLE

Tableau de calcul de l'indice de refroidissement éolien

| Vitesse du vent | | | Température de l'air ambiant (°C), mesurée sous abri du ve | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (km/h) | (m/s) | (MPH) | +10,0 | +5,0 | -0,0 | -5,0 | -10,0 | -15,0 | -20,0 | -25,0 |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | +10,0 | +5,0 | -0,0 | -5,0 | -10,0 | -15,0 | -20,0 | -25,0 |
| 5,0 | 1,4 | 3,1 | +9,8 | +4,1 | -1,6 | -7,3 | -12,9 | -18,6 | -24,3 | -30,0 |
| 10,0 | 2,8 | 6,2 | +8,6 | +2,7 | -3,3 | -9,3 | -15,3 | -21,2 | -27,2 | -33,2 |
| 15,0 | 4,2 | 9,3 | +7,9 | +1,7 | -4,4 | -10,6 | -16,7 | -22,9 | -29,1 | -35,2 |
| 20,0 | 5,6 | 12,4 | +7,4 | +1,1 | -5,2 | -11,6 | -17,9 | -24,2 | -30,5 | -36,8 |
| 25,0 | 6,9 | 15,5 | +6,9 | +0,5 | -5,9 | -12,3 | -18,8 | -25,2 | -31,6 | -38,0 |
| 30,0 | 8,3 | 18,6 | +6,6 | +0,1 | -6,5 | -13,0 | -19,5 | -26,0 | -32,6 | -39,1 |
| 35,0 | 9,7 | 21,7 | +6,3 | -0,4 | -7,0 | -13,6 | -20,2 | -26,8 | -33,4 | -40,0 |
| 40,0 | 11,1 | 24,9 | +6,0 | -0,7 | -7,4 | -14,1 | -20,8 | -27,4 | -34,1 | -40,8 |
| 45,0 | 12,5 | 28,0 | +5,7 | -1,0 | -7,8 | -14,5 | -21,3 | -28,0 | -34,8 | -41,5 |
| 50,0 | 13,9 | 31,1 | +5,5 | -1,3 | -8,1 | -15,0 | -21,8 | -28,6 | -35,4 | -42,2 |
| 55,0 | 15,3 | 34,2 | +5,3 | -1,6 | -8,5 | -15,3 | -22,2 | -29,1 | -36,0 | -42,8 |
| 60,0 | 16,7 | 37,3 | +5,1 | -1,8 | -8,8 | -15,7 | -22,6 | -29,5 | -36,5 | -43,4 |
| 65,0 | 18,1 | 40,4 | +4,9 | -2,1 | -9,1 | -16,0 | -23,0 | -30,0 | -36,9 | -43,9 |
| 70,0 | 19,4 | 43,5 | +4,7 | -2,3 | -9,3 | -16,3 | -23,4 | -30,4 | -37,4 | -44,4 |
| 75,0 | 20,8 | 46,6 | +4,6 | -2,5 | -9,6 | -16,6 | -23,7 | -30,8 | -37,8 | -44,9 |
| 80,0 | 22,2 | 49,7 | +4,4 | -2,7 | -9,8 | -16,9 | -24,0 | -31,1 | -38,2 | -45,3 |
| 90,0 | 25,0 | 55,9 | +4,1 | -3,1 | -10,2 | -17,4 | -24,6 | -31,8 | -39,0 | -46,1 |
| 100,0 | 27,8 | 62,1 | +3,9 | -3,4 | -10,6 | -17,9 | -25,1 | -32,4 | -39,6 | -46,9 |

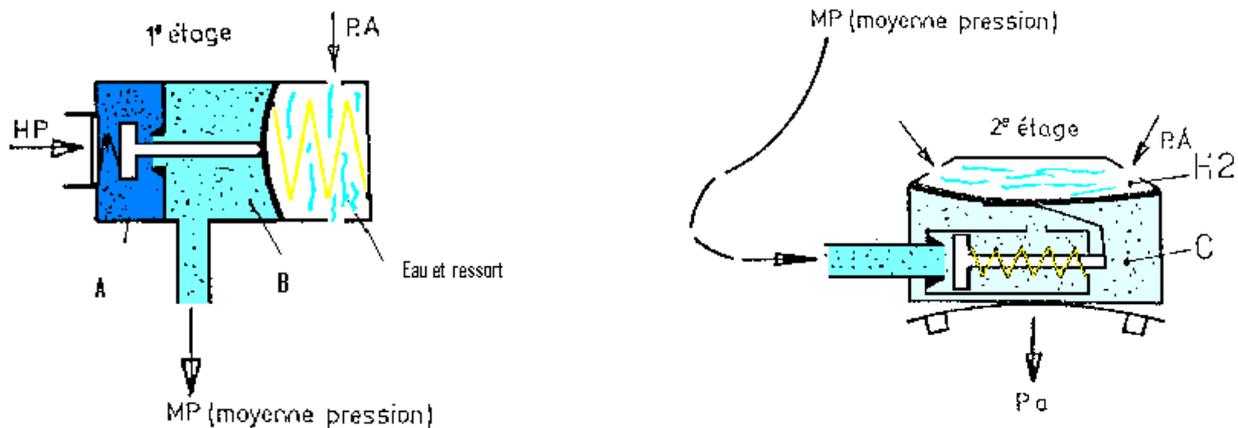
Source Wikipédia

LE GIVRAGE DU DÉTENDEUR.

En cas de givrage du détendeur, fermer si possible tout de suite le robinet correspondant car la bouteille se vide extrêmement rapidement.

Il est illusoire de vouloir respirer sur un détendeur fusant, l'air qui en sort à gros débit, surtout depuis les détendeurs modernes, est tellement froid qu'il peut même occasionner des « brûlures » légères.

Dans tous les cas la plongée doit être interrompue car le givrage signifie que le plongeur n'est peut-être pas en meilleure forme et le détendeur, qui vient d'être mis lourdement à contribution, doit éventuellement être révisé.



SIGNE « MON DÉTENDEUR EST EN DÉBIT CONTINU »



Signification

Le détendeur du plongeur est en débit continu, « fuse »

Réponse

S'approcher du plongeur et établir un contact physique.

S'assurer qu'il respire sur son second détendeur. Si ce n'est pas le cas, lui donner **son (le sien)** second détendeur.

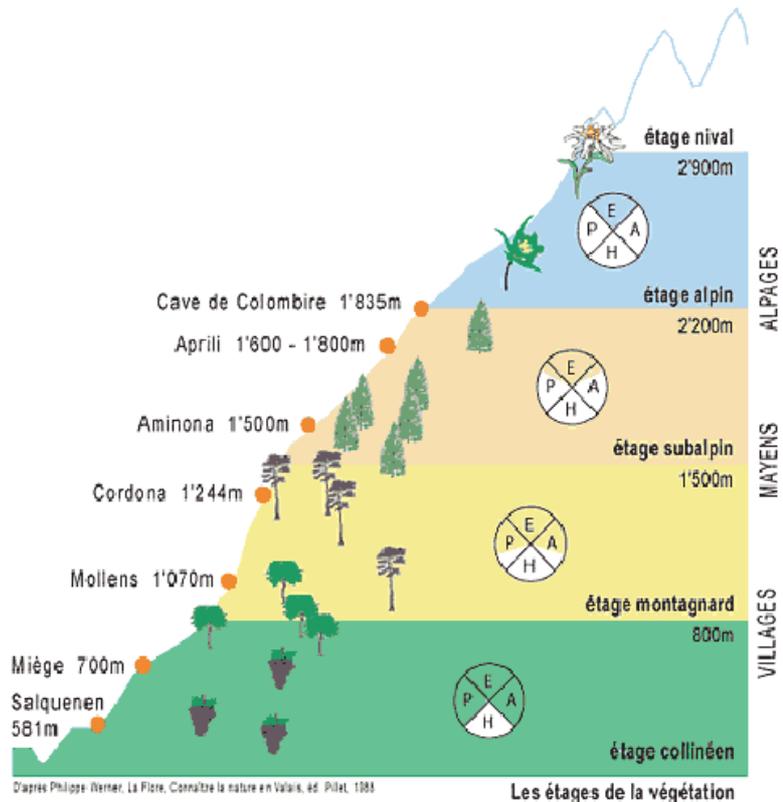
Prendre dans la main le tuyau du détendeur qui fuse et le suivre jusqu'à la robinetterie. **FERMER LE ROBINET DU DÉTENDEUR QUI FUSE.**

Revenir rapidement en face du plongeur pour s'assurer qu'il respire normalement sur l'autre détendeur.

Le détendeur arrête de « fuser » mais ATTENTION, le plongeur ne peut plus disposer de l'inflateur éventuellement branché sur ce détendeur et l'indication du mano n'est plus valable. Par le signe « OK » les plongeurs confirment que l'incident est maîtrisé. Il est nécessaire d'interrompre la plongée et remonter, éventuellement le long du bord. (Généralement la quantité d'air est tellement diminuée qu'il faut remonter). Il est possible d'essayer d'ouvrir à nouveau le robinet du détendeur incriminé.

LE MILIEU

La montagne est un milieu fragile. Tous les événements se passent lentement, au rythme des saisons. Les saisons dépendent de l'altitude et les indications suivantes sont données en regard de nos pays européens. A ce propos il faut se souvenir que les conditions de montagnes ne sont pas les mêmes sur d'autres continents. Ainsi, chez nous, une altitude de 2'240 est presque la limite ou nous allons plonger (lac de Vaux) alors que c'est aussi l'altitude de Mexico City, capitale du Mexique ou vivent normalement plus de 20 millions de personnes...



L'ÉTAGE NIVAL

Ainsi, dès 2'900m., le début de l'étage nival l'hiver dure entre la moitié et les trois-quarts de l'année. Il n'y a pas de printemps et pas d'automne, l'été dure quelques semaines. La végétation est rare, composée de mousse et de lichens, le paysage est fait de pierriers et de blocs de rochers. Peu de lacs sont accessibles dans cet étage nival qui est difficilement d'atteindre.

L'ÉTAGE ALPIN

Entre 2'200m. et 2'900m. il n'y a plus d'arbres. Les pelouses alpines impressionnent par leur floraison, leur parfum et leur diversité. C'est le dernier étage pâturé par le bétail, qui est regroupé en troupeaux pour la saison d'été, (dès mi-juin et jusqu'à fin septembre). C'est la limite raisonnable pour plonger. Les lacs de sont pas légion et souvent, il faut des moyens spéciaux pour accéder à ces lacs, 4x4 en tous cas, hélicoptère souvent... Attention, il faudra repartir comme l'on est arrivé...



L'ETAGE SUB ALPIN

Entre 1'500m. et 2'200m.

C'est l'étage des derniers arbres et il se termine habituellement par des landes constituées d'arbrisseaux comme le rhododendron ou le genévrier nain. C'est le domaine des forêts d'épicéas et de mélèzes.

C'est dans cette tranche d'altitude que seront effectués la plupart des plongées « en altitude », dans nos régions.



Lac Lioson, 1877 m. sur mer.



Lac Sambroc, 2065 m. sur mer.

L'ETAGE MONTAGNARD

Entre 800 et 1'500m.



Lac de Cama, 1265 m. sur mer

En suisse on trouve toute une série de lacs de moyenne montagne comme celui-ci.



FAUNE ET FLORE SOUS-MARINE EN ALTITUDE.

FRAGILITÉ DU MILIEU

Les cycles d'un lac d'altitude sont différents de ceux d'un lac de plaine.

En altitude seul deux cycles seront observés : le plus long, en hiver, celui où la température est égale, froide, de la surface au fond du lac.

Dès le printemps, qui arrive plus tard en altitude, l'eau se réchauffe un peu et la couche chaude augmente son épaisseur pendant l'été, permettant au plancton de se développer.

Si les affluents du lac d'altitude, dans la majorité des cas, ne sont pas soumis à la pollution des hommes, le lac d'altitude est sensible aux pluies acides qui résultent de la pollution de l'air.

De plus, souvent de petites dimensions, le lac d'altitude n'est que très rarement agité au point de permettre un brassage des couches d'eau ; le lac est ainsi privé d'oxygène dans ses fonds (le lac est dit eutrophe) et sa capacité à se régénérer sera fortement réduite.

La sédimentation est minimale, l'eau est d'une grande clarté et la lumière pénètre profondément ; un tel lac a toutes les chances de voir plusieurs formes de vie, végétale et animale s'y développer. Ou alors le lac est complètement troublé par les particules en suspension, la lumière ne pénètre pas et la vie y est réduite au minimum

Mais en général, les formes de vie que l'on peut observer dans un lac de montagne sont encore plus restreintes que dans un lac de plaine.

RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Ici cette notion prend tout son sens car le milieu est très fragile et aura beaucoup de peine à se reconstituer seul.

Attention aussi aux alentours des plans d'eau, lors de l'accès ou de la mise à l'eau.

LES POISSONS ET L'ALTITUDE

(Tiré de l'Atlas de distribution des poissons et cyclostomes de suisse, J.-C. Pedroli et B. Zaugg)

Si le taux d'oxygène, la température et la turbidité de l'eau correspondent, les diverses espèces peuvent être présente à n'importe quelle altitude. Cependant chaque espèce a une altitude limite au delà de laquelle les conditions ne lui permettent plus de vivre c'est-à-dire de se nourrir et de se reproduire.

DE 1'500 JUSQU'À 3'000 MÈTRES

Des salmonidés, dont la truite fario, la truite de rivière, des vairons et des chabots, la loche franche. Ces poissons se reproduisent en hiver ou au printemps et se nourrissent de petits animaux ou de poissons.

Certains poissons qui normalement vivent plus bas peuvent aussi se rencontrer dans les lacs ou les retenues ou ils ont été introduits à des fins de pêche sportive.

DE 1'000 JUSQU'À 1'500 MÈTRES

Des cyprinidés robustes, tel le goujon, le gardon, l'ablette ; le brochet, la perche, l'ombre, la lotte et la truite de lac sont présent. A part celle-ci qui se reproduit en hiver tous les autres se reproduisent au printemps. Certains de ces poissons se nourrissent aussi d'herbes et de détritrus.

DE 500 JUSQU'À 1'000 MÈTRES

Tous les poissons ci-dessus et la plupart des cyprinidés, carpes, brème, barbeaux, sandre et les corégones, la lamproie, l'anguille.

JUSQU'À 500 MÈTRES

L'épinoche, la bouvière, le silure, la loche de rivière.

Bien entendu la plupart des autres poissons sont présent aussi.

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA FAUNE ET LA FLORE D'EAU DOUCE.

Voici l'ouvrage ultime en matière de biologie des eaux douces.

Ce livre est le résultat d'un collectifs de photographes et de biologistes qui ont fondé [DORIS](#) au sein de la fédération française de plongée, la [FFESSM](#).

Un livre fait par des plongeurs, pour des plongeurs.

La vie en eaux douces, les carnets du plongeur.
Ouvrage de référence de Doris et de la FFESSM
ISBN 978-2-7466-4299-7 EAN 9782 74664 2997





LA PRÉPARATION D'UN SÉJOUR EN ALTITUDE

Même si le séjour ne dure que quelques heures et si l'on souhaite qu'il soit réalisé avec un minimum de sécurité **il est nécessaire d'avoir un minimum d'équipement et de s'organiser un peu**. En montagne l'on est soumis aux impondérables et aux caprices des éléments naturels.

La nourriture et la boisson sont des éléments importants qu'il ne faut pas négliger. Il est prudent d'emporter toujours quelques barres chocolatées, des fruits secs. Ces éléments sont énergétiques et permettent de palier rapidement et efficacement à un petit coup de fatigue qui peut engendrer un retard ou une immobilisation temporaire.

L'eau est indispensable. Il faut boire souvent et peu à la fois. Quelques gorgées suffisent à maintenir son organisme suffisamment hydraté. Un litre par personne et par jour est un bon rapport.

Des vêtements de pluie et chaud et les bonnes chaussures sont utiles. Un orage peut se déclencher à tout moment et surtout très rapidement sans l'avoir vu venir et sans pouvoir se mettre à l'abri. En cas de vent et lors d'un arrêt l'on sera également protégé contre le froid et le refroidissement de votre organisme. Un pull ou une petite veste ne sont pas non plus à négliger, dans le même ordre d'idée.

Les chaussures doivent être adaptées à la nature du sol. De simples "baskets" ne sont pas une bonne solution car leurs semelles sont inadaptées aux chemins caillouteux, surtout sur sol humide ou mouillé. Les chevilles ne sont absolument pas maintenues. Ne pas hésiter à acheter une paire de chaussures de montagne montante, même des modèles dits "souples", qui protégeront beaucoup mieux.

Les lunettes de soleil, la crème solaire et une casquette sont indispensables. En montagne le rayonnement solaire est bien plus important et plus fort qu'à basse altitude. A titre de comparaison le rayonnement du soleil à 1300m d'altitude correspond à celui qui se trouve en bord de mer.

Une carte et une boussole sont indispensables. De plus en cas de brouillard important, peut réduire la visibilité à moins de 30 mètres.

En période hivernale, la pratique de la montagne est plus dangereuse ne serait-ce tout d'abord, qu'à cause des conditions climatiques :

Sans connaissance de la nivologie il est prudent de ne pas s'aventurer seul, dans des endroits trop isolés, sur des pentes trop raides (à partir de 30° principalement) et pour lesquelles on ne connaît pas la nature du sol, à cause des avalanches.

Même par une belle journée ensoleillée, dès que le soleil commence à disparaître, les températures baissent considérablement et en cas de problème pouvant retarder le retour il est particulièrement utile de posséder un minimum de matériel supplémentaire dans le sac, par rapport à l'été.



Les vêtements chauds et imperméables, un bandeau ou bonnet, une paire de gants sont particulièrement utiles pour se protéger du froid, du vent, des intempéries. En cas d'immobilisation forcée vous ne regretterez pas de les avoir emportés, quitte à avoir chargé un petit plus votre sac. Utilisez des chaussures parfaitement imperméables et suffisamment chaudes.

Le petit matériel toujours utile, tel une lampe frontale ou petite lampe de poche, la couverture de survie, un réchaud, ne sont pas à négliger.

La lampe en cas de retard imprévu, la couverture de survie en cas de blessure ou d'immobilisation forcée pour se protéger du froid, le réchaud en cas de problème toujours afin de permettre de préparer une boisson chaude.

Le téléphone portable qui, bien que sa couverture soit assez réduite voire nulle en montagne, vous permettra de gagner du temps pour demander du secours, sans avoir à descendre trop bas en vallée jusqu'à un village pour trouver un téléphone.

Arrivée en hélicoptère sur le lac Toméo, Tessin.





L'ORGANISATION D'UNE PLONGÉE EN ALTITUDE

Collecter le plus de renseignements possibles sur la géographie des lieux, l'altitude correcte, les possibilités d'acheminement au lieu de plongée, les dangers possibles et les interdictions éventuelles (dans le Jura français, plusieurs lacs sont privés ou alors des associations ont obtenu des interdictions préfectorales de pratiquer la plongée subaquatique).

Pour les lacs de barrage, prendre contact avec la société d'exploitation pour connaître les possibilités, la disposition des prises d'eau, la forme du barrage, les heures d'ouverture des vannes et/ou du déversoir etc.

LA PRÉPARATION DE LA PLONGÉE.

MATÉRIEL DIVERS

Utiliser un profondimètre à réglage de zéro ou à tube capillaire (attention aux corrections pour entrer dans les tables), utiliser un ordinateur tenant compte de la variation d'altitude. Disposer des tables de décompression correctes pour l'altitude programmée. Ne pas oublier une lampe de plongée.

DÉTENDEUR

Scaphandre : deux sorties portant chacune un détendeur résistant au givrage, manomètre, de l'air le plus sec possible.

FROID

Les lacs d'altitude signifient généralement eau froide donc prévoir une bonne combinaison avec d'épais gants et chaussons, éventuellement une combinaison étanche. Prévoir des habits chauds et des boissons reconstituantes.

AVANT DE PARTIR

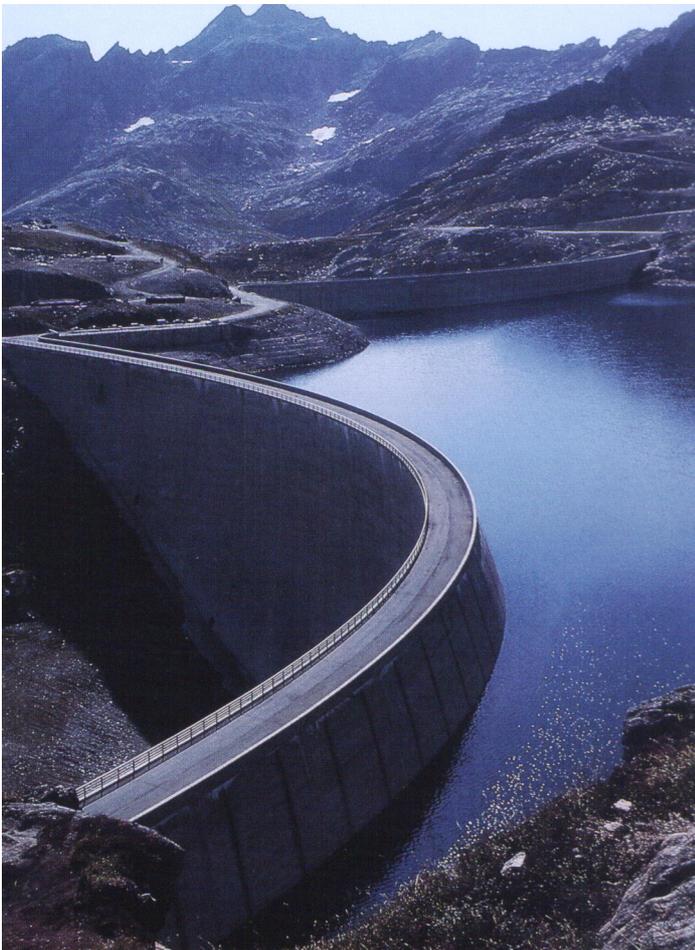
- Connaître les prévisions météo (le temps change rapidement en montagne et le brouillard ou des nuages bas interdisent l'approche de l'hélicoptère).
- S'assurer d'un moyen de liaison fiable (téléphone à disposition, MOBIL fonctionnant sur le lieu de plongée, radio).
- Prévoir un lieu pour permettre l'atterrissage de l'hélicoptère.
- Autres mesures habituelles (se souvenir que si l'accès au lieu de plongée est difficile il en sera de même pour acheminer les secours).

LA PLONGÉE

- Eviter de plonger sous des pierriers ou des falaises instables.
- En bordure des glaciers, la visibilité est changeante, l'eau se trouble rapidement. Les lacs de barrage des vallées glaciaires sont très troubles (beaucoup de sable en suspension) et leurs flancs escarpés et friables.
- La décompression augmente avec l'altitude, surveiller la durée des paliers.



APRÈS LA PLONGEE ATTENTION AUX RISQUES D'ACCIDENTS DE DÉCOMPRESSION SI VOUS DEVEZ PASSER UN COL SUR LE CHEMIN DU RETOUR.



La plongée dans un lac de barrage demande aussi une bonne organisation. S'assurer qu'il n'y aura pas de soutirage d'eau pendant la plongée près d'un barrage.



CHECK LISTE

POUR SÉJOURNER EN MONTAGNE, PERSONNELLEMENT OU POUR LE GROUPE.

- Eau
- Barres chocolatées,
- Fruits secs

- Lunettes de soleil
- Crème solaire
- Casquette

- Carte
- Boussole

- Vêtements chauds et imperméables
- Bonnet
- Une paire de gants
- Chaussures imperméables et suffisamment chaudes.

- Lampe
- Couverture de survie
- Réchaud (boisson chaude)

- Téléphone portable
- GPS

POUR LA PLONGÉE EN ALTITUDE

ORGANISER

- Renseignements
- Géographie des lieux
- Altitude correcte
- Accès au lieu de plongée
- Possibilités d'acheminement au lieu de plongée
- Dangers possibles
- Interdictions éventuelles de pratiquer la plongée subaquatique

- Barrage
- Prendre contact avec la société d'exploitation
- Prises d'eau
- Heures d'ouverture des vannes et/ou du déversoir

- Prévisions météo
- Moyen de liaison fiable
- Atterrissage éventuel de l'hélicoptère



MATERIEL DE PLONGEE

- Profondimètre à réglage de zéro ou à tube capillaire
- Tables de décompression correctes pour l'altitude
- Ordinateur tenant compte de la variation d'altitude.
- Lampe de plongée.
- Décompression plus grande
- Planifier la plongée (profondeur)

LA PLONGEE

- Scaphandre à deux sorties
- Détendeur résistant au givrage
- Manomètre
- Air le plus sec possible
- Bonne combinaison
- Gants et chaussons
- Eventuellement combinaison étanche.
- Pierriers
- Falaises instables
- Glaciers
- Visibilité

APRES

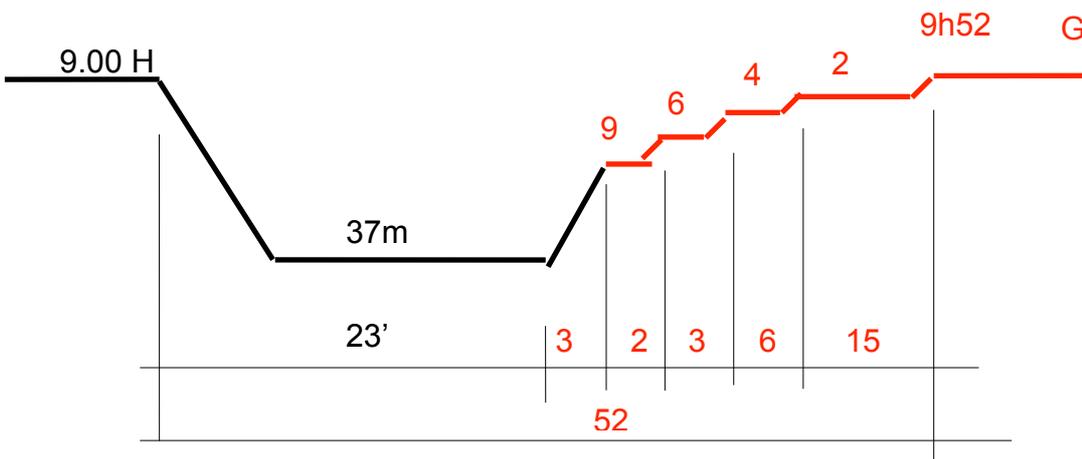
- Habits chauds
- Boissons chaudes
- Lieu abrité pour se changer
- Passage de col pour redescendre

PLONGEE SIMPLE EN ALTITUDE

Solutions de la page 13

Calculer les paliers et l'heure de sortie de la plongée suivante.

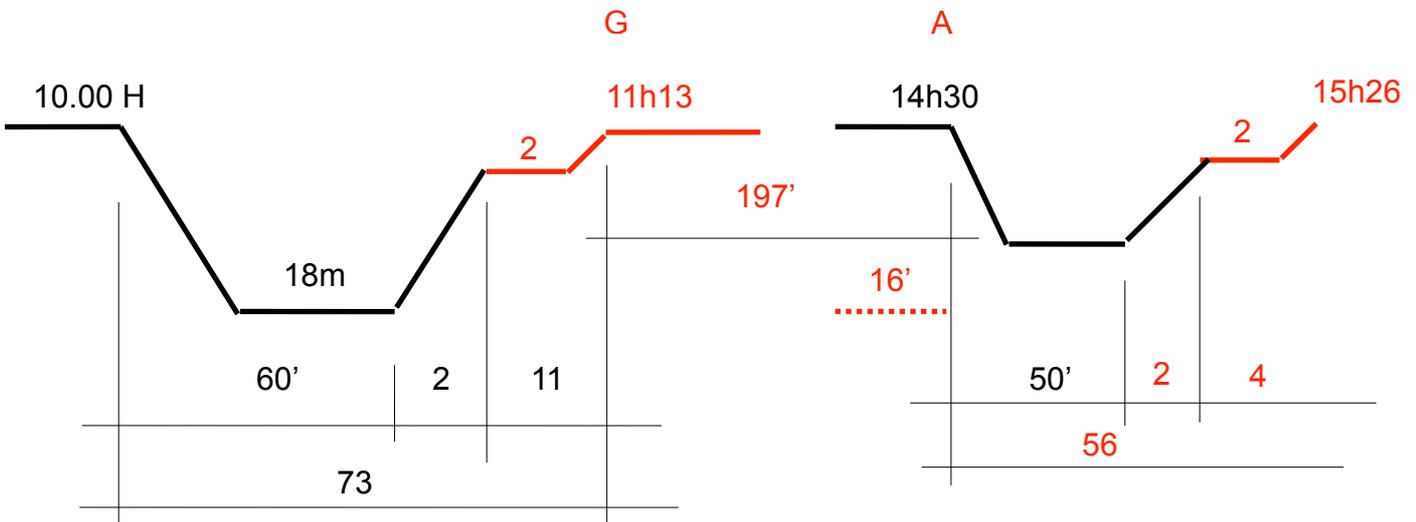
ALT. 1'800m s/m



PLONGÉE SUCCESSIVE EN ALTITUDE

Calculer les paliers, et les heures de sortie, des plongées suivantes.

ALT. 2'473m S/M



PASSAGE D'UN COL APRÈS LA PLONGÉE

Après avoir effectué la plongée précédente combien de temps fait-il attendre avant de franchir un col à 3'500m d'altitude ?

Sortie seconde plongée en G donc $1h + 3h30 = 4h30$ avant d'arriver à 3'500m

IMPACT DU PLONGEUR SUR L'ENVIRONNEMENT

CHARTRE INTERNATIONALE DU PLONGEUR RESPONSABLE

CETTE CHARTE EST UN GUIDE

Ses propositions doivent être envisagées au cas par cas, tant les sites de plongée, les situations diffèrent d'un lieu à l'autre. Son objet est de pousser chacun à s'interroger, et à mettre en place les conditions de plongée optimales pour une préservation et un partage équitable des richesses de la mer.

1 PREPAREZ VOTRE VOYAGE

Les centres de plongée n'offrent pas tous les mêmes prestations. Certains s'efforcent de protéger l'environnement et de partager plus équitablement les ressources naturelles avec les habitants du pays d'accueil. Cela leur coûte cher, vous coûte plus cher, mais, ensemble, vous contribuerez à la protection du milieu que vous aimez.

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.

Renseignez-vous sur les écosystèmes marins que vous allez découvrir, sur les habitants du pays qui vous accueille.

2 AVANT LA PLONGÉE

- Remettez-vous en forme, entraînez-vous à gérer votre flottabilité : poumon-ballast, stab, lestage optimal.
- Informez-vous sur le site de plongée que vous allez découvrir, cela rendra votre plongée bien plus riche.
- 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 pour la protection du milieu.

4 EN PLONGEE

- Dès la mise à l'eau, pensez à vérifiez votre lestage.
- Pensez à palmer doucement.
- Ne prélevez rien, sauf des images
- Ne harcelez pas les animaux.
- Ne nourrissez pas les poissons.

3 SUR LE BATEAU

- Ne jetez rien par dessus bord.
- Refusez les assiettes et gobelets en plastique jetable.
- Demandez l'installations de poubelles sur le pont.
- Veillez à bien fixer détendeurs de secours et manomètres pour qu'ils ne s'accrochent pas.
- Choisissez des palmes courtes, peu agressives.

5 APRES LA PLONGEE

- Economisez l'eau douce. C'est le bien le plus précieux.
- Demandez des installations qui évitent le gaspillage d'eau douce.

6 AGISSEZ EN CITOYEN RESPONSABLE

- N'achetez pas de souvenirs arrachés à la mer : dent de requin, carapace de tortue, coquillages...
- Boycottez les restaurants qui servent de la soupe d'ailerons de requin, des tortues, des cétacés ou des poissons capturés à la dynamite ou au cyanure.
- Demandez aux restaurateurs comment sont pêchés les produits de la mer.





LES AGENCES DE CERTIFICATION

L'école MZPLONGEE délivre des certifications CMAS swiss diving ou SDI, TDI. Ces certifications sont reconnues dans le monde entier et le plongeur breveté par MZPLONGEE ne rencontrera aucune difficulté pour se faire reconnaître.

CMAS



La CMAS c'est la Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques. Elle a été fondée en 1959 et a actuellement son siège à Rome. Elle regroupe plus de 140 fédérations nationales et est ainsi présente partout dans le monde. La CMAS édite des standards de formation que les fédérations de chaque pays doivent adopter s'ils veulent délivrer des brevets ayant l'équivalence CMAS.

CMAS  est le représentant de la CMAS en suisse.
swiss diving

SDI



C'est une agence américaine. Elle a été développée par Bret Gilliam et Mitch Skaggs, les fondateurs de TDI. Elle est certifiée RSTC.

TDI



TDI signifie Technical Diving International. C'est une organisation de formation américaine, fondée par Bret Gilliam en 1992. TDI n'édicte que des standards de formations pour le Technical Diving.



Mauro Zürcher



Né le 09.10.1954,
plonge depuis 1976.

SDI - TDI - FRTI Instructor Trainer

ERDI - PFI Instructor

CMAS M****

Plongeur professionnel, certification française CAH,
classe 2b EQ/INPP-137/12-IIB

PADI MSDT

RAB.eV Instructor Trainer

ETDS Instructor Trainer

NAUI Instructor

Anime une école de plongée en eau douce, à la Neuveville, en Suisse, école active pour la formation de plongeurs et d'instructeurs SDI-TDI et pour la formation de plongeurs professionnels.

Formateur au sein du CREASSM, **Centre Romand d'Etudes en Archéologie Subaquatique et Sous-Marine** à Neuchâtel.

En tant que spécialiste de la plongée profonde, aux mélanges ou avec un recycleur, a plongé avec son équipe lors de records mondiaux pour assurer la sécurité des apnéistes profonds comme Roland Specker ou Umberto Pelizzari, Frédéric Buyle, Heimo Hanke etc...

A participé à plusieurs tournages de films, notamment au Mexique, dans les Cénotes du Yucatan, avec les requins marteaux de l'île Coco (Costa Rica) ou sur des épaves antiques de Méditerranée, en compagnie de Henri Delauze, le célèbre PDG de la Comex.

Contact :



MZ PLONGEE

Mauro Zürcher
Diving Instructor Trainer

2520 La Neuveville

Suisse

Mobil +41 79 230 56 77

E-Mail mauro@mzplongee.ch
www.mzplongee.ch



ÉVALUATION DU COURS

COURS CMAS Plonger en altitude swiss diving

DATE _____

Donné par: _____

1) Quelle est votre impression générale ?

MAUVAISE MOYENNE BONNE

2) L'objectif du cours a-t-il été atteint ? NON PARTIELLEMENT OUI

POURQUOI ?

3) Qu'est-ce qui vous a particulièrement

plu ou déplu

| | |
|--|--|
| | |
| | |

4) Que peut-on améliorer ?

REMARQUES/SUGGESTIONS (éventuellement nom et prénom)

