



INTEGRATED

Smart MICROBUBBLE MANAGEMENT

UNE DECOMPRESSION ADAPTATIVE

Cela fait longtemps que les ordinateurs de plongée UWATEC utilisent le modèle mathématique ZH-L8 ADT de Bühlmann et s'adaptent au comportement du plongeur et aux conditions de plongée. Le nom de ce modèle vient de Zurich pour ZH, du nombre de compartiments utilisés pour L8 et du mot "adaptation" pour ADT.

Avec un tel algorithme adaptatif, si le plongeur dépasse la vitesse de remontée préconisée, fait trop d'efforts, ou plonge en eau vraiment froide, son ordinateur de plongée peut lui demander de faire en compensation un palier de décompression. Cet algorithme offre également l'avantage de permettre une prévision plus précise des besoins en gaz respiré notamment pour les plongées profondes, ainsi que la surveillance étroite de la charge en oxygène pour les plongées au Nitrox.

UWATEC a maintenant la preuve que les plongeurs qui font des plongées successives, même dans la courbe de sécurité (plongées sans palier) produisent des microbulles. Elles ne génèrent habituellement pas de symptômes perceptibles par le plongeur, mais peuvent causer des dommages permanents. Ces microbulles peuvent également être un préalable à la formation de bulles plus grosses pouvant provoquer un accident de décompression. Les plongeurs présentant un foramen ovale (communication entre les deux ventricules cardiaques) sont particulièrement exposés à ce risque.

L'algorithme adaptatif de Bühlmann s'appelle maintenant ZH-L8 ADT MB. MB pour microbulles, puisque les Smart d'Uwatec peuvent être programmés pour gérer la plongée de façon à diminuer la formation de microbulles.



Smart PRO

Console
Smart PRO

Smart COM

Smart COM affiche la pression dans la bouteille, calcule et affiche l'autonomie restante (RBT), et prévient quand elle est inférieure à 3 minutes.



LA CONSOMMATION DE GAZ

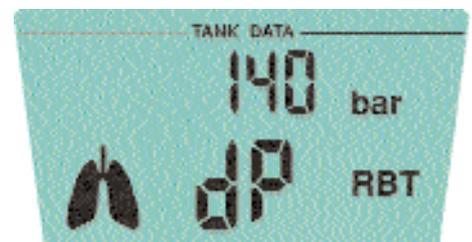
Lors des plongées profondes, il faut avoir dans la bouteille suffisamment de gaz pour la remontée et les éventuels paliers de décompression.

Le Smart COM affiche l'autonomie restante (RBT) à la profondeur actuelle, calculée jusqu'au moment où il faudrait commencer la remontée. Il a déjà prévu et soustrait le gaz nécessaire pour remonter à la vitesse préconisée et faire les paliers de décompression éventuels. La base de calcul pour cette autonomie restante est la "valeur de réserve" réglable via Smart TRAK de 5 en 5 bars, de 20 à 120 bars. Un RBT de 0 signifie donc que si la remontée commence immédiatement, se fait à la vitesse préconisée, et que tous les paliers sont respectés, le plongeur fera surface avec dans sa bouteille, la pression de réserve prévue.

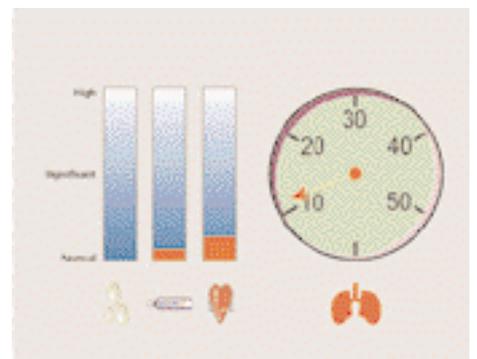
Le calcul est basé sur la consommation actuelle du plongeur, la température et la pression actuelle dans la bouteille. Il commence 1.5 mn après le début de la plongée, et est actualisé toutes les 4 secondes. L'ordinateur modifie le RBT (autonomie restante) selon les variations du rythme respiratoire du plongeur : s'il est en train de faire des efforts, le RBT diminue, et s'il se détend, le RBT augmente.

La précision de ce calcul est due à la sensibilité du capteur de pression qui est capable de détecter une simple inspiration. Le calcul tient compte également de la température ambiante qui affecte la pression dans la bouteille, ce qui est particulièrement utile lorsque le plongeur traverse des thermoclines.

- Affichage de la pression en bar
- Autonomie restante à la profondeur en cours (RBT)
- Valeur de réserve réglable par l'utilisateur
- Alarme de réserve
- Pression d'air consommée
- Alarme d'autonomie < 3 mn
- Alarme d'autonomie < 0 mn



À la fin de la plongée, Smart COM affiche la différence de pression correspondant à la pression de gaz consommée pendant la plongée. S'affichent également les alarmes déclenchées, ici l'autonomie (RBT) et l'effort.



Après la plongée, les données stockées dans Smart peuvent être transférées à un PC avec Smart TRAK. Ce logiciel est livré avec le Smart. Pour Smart COM le rythme respiratoire est affiché en I/min, comme le niveau d'effort fourni. S'affichent également le niveau de microbulles et la température.

Smart COM prend en compte les conséquences sur la décompression des efforts fournis pendant la plongée. Lorsque le symbole "poumons" apparaît, il faut ralentir la respiration.



L'EFFORT EN PLONGÉE

Certains ordinateurs de plongée utilisent un modèle de calcul qui tient compte d'une estimation de l'effort moyen fourni pendant la plongée.

Cependant, un plongeur peu en forme qui fournit un effort soutenu consommera plus d'air qu'un autre. Même les plongeurs en bonne condition physique peuvent être amenés à faire des efforts, en nageant contre le courant, ou en décrochant l'ancre prise sous un rocher par exemple.

Dans de tels cas, le plongeur peut absorber plus d'azote, notamment dans les tissus musculaires. Cet apport supplémentaire en azote l'expose à un risque accru de formation de microbulles et d'accident de décompression.

Les plongeurs ont tous différents niveaux de forme physique et fournissent différents efforts lors de leurs différentes plongées! Le Smart COM peut réellement influencer un plongeur en train de forcer, et l'amener à réduire son activité en se relaxant et en respirant plus lentement.

Il y parvient en surveillant très précisément la consommation d'air et ses changements.

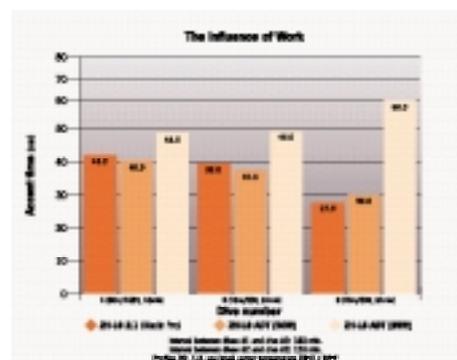
Si le plongeur continue à forcer, Smart COM pourra lui demander de faire un palier supplémentaire.

La sensibilité de l'alarme de rythme respiratoire peut se régler avec Smart TRAK pour tenir compte du niveau de forme du plongeur.

- Alarme de rythme respiratoire élevé (forte consommation d'air)
- Modèle de décompression adaptatif Bühlmann ZH-L8 ADT MB
- Compteur oxygène CNS mis à jour en fonction de l'oxygène consommé selon l'effort fourni
- Alarme d'effort réglable par l'utilisateur
- Effort fourni affiché par Smart TRAK



La sensibilité à l'effort est réglable par l'utilisateur avec Smart TRAK pour l'adapter à son niveau de forme.



Les modèles mathématiques précédents intègrent un effort de 50 W. Avec le ZH-L8 ADT MB, même à L0, l'effort est estimé à 85 W et la durée de remontée est allongée.

Smart PRO et Smart COM tiennent compte de la température pour calculer la décompression, et affichent la température ambiante.



LA TEMPÉRATURE

La température centrale du corps humain est de 37°C et celui-ci met en oeuvre des stratégies telles que le frissonnement (activité musculaire involontaire) pour aider au maintien de cette température lorsqu'il fait froid. Plonger en eau froide provoque une vasoconstriction avec réduction de la circulation sanguine au niveau des membres au profit des organes centraux, pour aider à conserver la température corporelle. La peau est le tissu le plus affecté par cette vasoconstriction. Ce phénomène ne se met pas en place dès le début de la plongée puisque le plongeur se met à l'eau avec une température corporelle homogène. L'absorption d'azote au niveau de la peau est donc normale au début. Cependant, lorsqu'il remonte et commence à désaturer, la vasoconstriction qui s'est produite ensuite limite le processus d'élimination de l'azote.

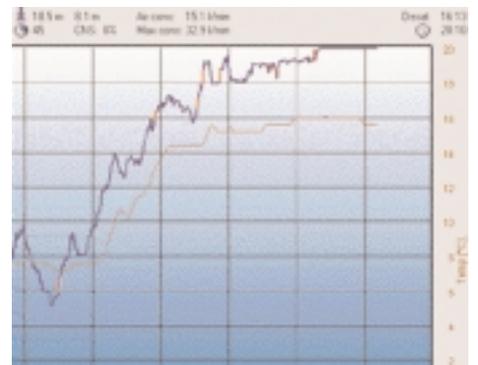
Plonger en eau froide rend donc le plongeur plus susceptible de voir se former des microbulles dans les tissus cutanés, avec le risque d'accidents de décompression à ce niveau.

Les ordinateurs Smart mesurent et affichent en permanence la température ambiante, et la prennent en compte lors du calcul de la décompression, avec pour objectif de minimiser les accidents cutanés.

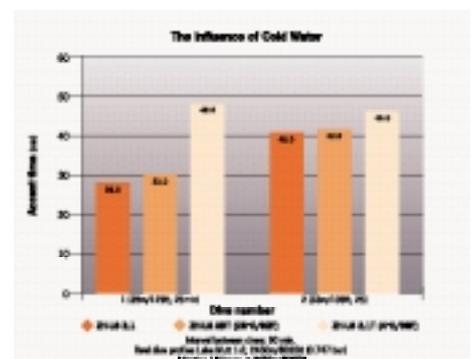
Lors d'une plongée normale par exemple, la moëlle épinière est considérée comme étant le premier tissu concerné par la décompression. Lors d'une plongée en eau froide, le Smart considère que c'est la peau le tissu le plus important.

Par conséquent, pour une plongée en eau froide, le Smart peut proposer une plongée sans palier plus courte, ou dans le cas d'une plongée à palier, de faire des paliers plus longs.

- Affichage de la température ambiante en surface
- Mesure et affichage de la température d'eau
- Intégration de la température dans le modèle de décompression
- Enregistrement de la température par l'ordinateur de plongée
- Courbe de température avec Smart TRAK



Avec Smart TRAK et un PC, on peut voir la courbe de température tout au long de la plongée.

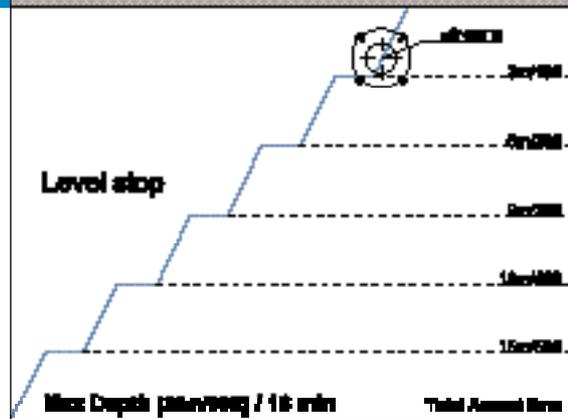


Pour une plongée en eau froide, là où un algorithme fixe propose une remontée de 28 mn, le ZH-L8 ADT MB conseille 48 mn. En début de plongée 2, les tissus cutanés qui étaient directs en fin de plongée 1 sont déjà relativement froids. Notez les différences entre les durées de remontée.

Smart peut conseiller au plongeur de faire un palier microbulles pour diminuer la formation de microbulles.



6 microbubble levels



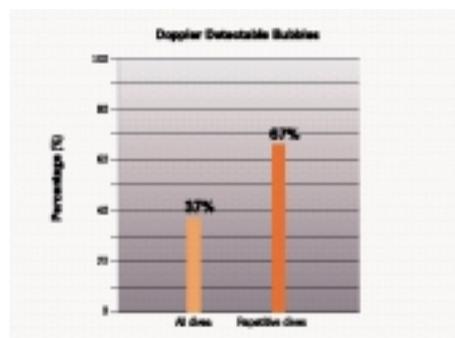
Le tableau ci-dessus montre les différents paliers microbulles qui se font à la surface: 1 h 49 mn - Deuxième plongée: 30 mètres / 16 minutes. Pour évaluer le risque de formation de microbulles, nous avons inclus dans ce tableau, mais dans ce tableau, nous l'avons inclus par commodité.

SMART DIMINUE LES MICROBULLES

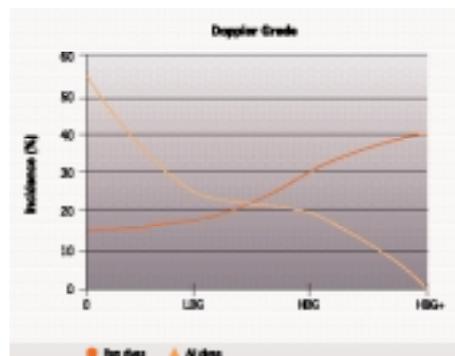
Les plongeurs qui sont exposés longtemps aux microbulles risquent de voir leur tissu mou endommagés. Par exemple, le tissu cérébral, la moëlle épinière et la rétine. Les plongeurs à risque sont notamment les moniteurs et les encadrants qui font beaucoup de plongées successives. Les plongeurs de loisir en vacances-plongée qui font de nombreuses plongées successives courent également le risque de formation excessive de microbulles.

Les microbulles ne génèrent pas de symptômes visibles et ne peuvent être mesurées qu'avec un appareil Doppler. Ce détecteur tenu à la main émet un signal ultra-sonique qui produit un son distinct lorsqu'il rencontre une microbulle dans le corps du plongeur. L'examen est enregistré, et les enregistrement analysés. Plus on entend de sons dans un enregistrement, plus grand est le nombre de microbulles dans le corps du plongeur.

Lors d'une vaste étude, DAN Europe a "passé au Doppler" un échantillonnage substantiel de plongeurs soit 1058 plongées. Ces examens ont été pratiqués dans les 30 minutes suivant la fin de la plongée. Les plongeurs testés étaient des plongeurs standard, effectuant des plongées en milieu naturel standard, à toutes profondeurs et de toutes durées. DAN Europe a découvert que lors de plongées successives, 67% de tous les plongeurs présentaient un niveau élevé de microbulles. Ce qui est cohérent avec les statistiques de DAN des 15 dernières années qui montrent une fréquence relativement plus élevée d'accidents de décompression après les plongées successives.



Analyse au Doppler de 1058 plongées: microbulles détectées dans 37% de toutes les plongées, et dans 67% des plongées successives.



Plus souvent des microbulles dans les plongées successives, mais également en quantité plus importante (niveau 2 et plus sur l'échelle de Spencer).

L0	Time minutes	L1	Time minutes	L2	Time minutes	L3	Time minutes	L4	Time minutes	L5	Time minutes
1st	8.00	2nd	7.00	3rd	6.00	3rd	6.00	3rd	40.00	4th	13.00
		1st	3.00	2nd	5.00	2nd	6.00	2nd	7.00	2nd	10.00
				1st	1.00	1st	2.00	1st	5.00	2nd	7.00
										1st	6.00
	8.00		16.00		17.00		19.00		26.00		39.00

peuvent être recommandés après une plongée successive. Première plongée: 30 mètres / 16 minutes - Intervalle de 16 minutes. Pour établir ce tableau, les ingénieurs d'Uwatec ont "fait plonger" 6 Smart avec des niveaux de micro-bulles allant de L0 à L5. Chaque niveau de 6 mètres est un palier de décompression obligatoire. En pratique, il est affiché séparément des paliers microbulles sur le tableau de bord dans le total des paliers.

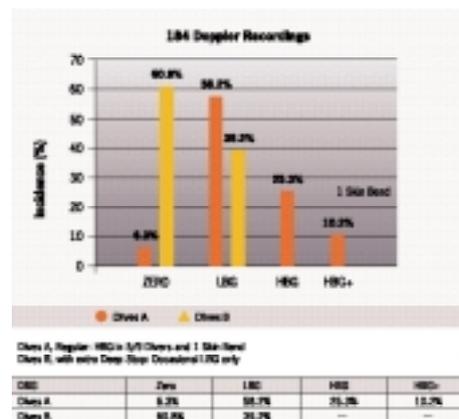
Des expériences consistant à faire des paliers plus profonds à la fin des plongées successives ont prouvé que les microbulles étaient ainsi diminuées jusqu'à 61% et dans certains cas complètement éliminées. Si par exemple, un plongeur a fait trois plongées dans une journée et a effectué à chaque plongée une série de paliers profonds, ses microbulles étaient substantiellement réduites.

Les ordinateurs de plongée Smart peuvent être programmés pour diminuer fortement la formation de microbulles, en tenant compte des conditions réelles de réalisation de la plongée. Le plongeur choisit le niveau de microbulles qu'il accepte pour une plongée donnée. Le Smart évalue ensuite la quantité probable de microbulles dues aux plongées précédentes, et recommande de faire un palier microbulle profond en fin de plongée.

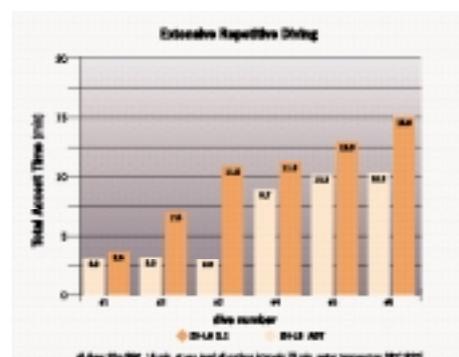
On peut choisir avant la plongée 6 niveaux de microbulles, du niveau L0 (diminution des microbulles minimale) au niveau L5 (diminution des microbulles maximale).

Contrairement aux paliers de décompression qui sont obligatoires, les paliers microbulles sont seulement conseillés. Ceci parce que les conséquences des microbulles se font sentir à long terme, alors que l'accident de décompression provoque des symptômes à traiter immédiatement. Si le plongeur ne tient pas compte des paliers microbulles conseillés (s'il se tient à plus d'1.5 mètre de différence de profondeur), le Smart redescend au niveau de microbulles supérieur en refaisant les calculs "en cascade".

- 6 niveaux de tolérance de microbulles
- Niveau de microbulles choisi par l'utilisateur
- Paliers de décompression et paliers microbulles
- La durée de remontée inclut les paliers microbulles
- Avertissement en cas de palier microbulles omis
- Calculs de niveaux microbulles refaits en "cascade"
- Avertissement en surface en cas d'augmentation du niveau de microbulles L
- Avertissement en cas de niveau de microbulles élevé

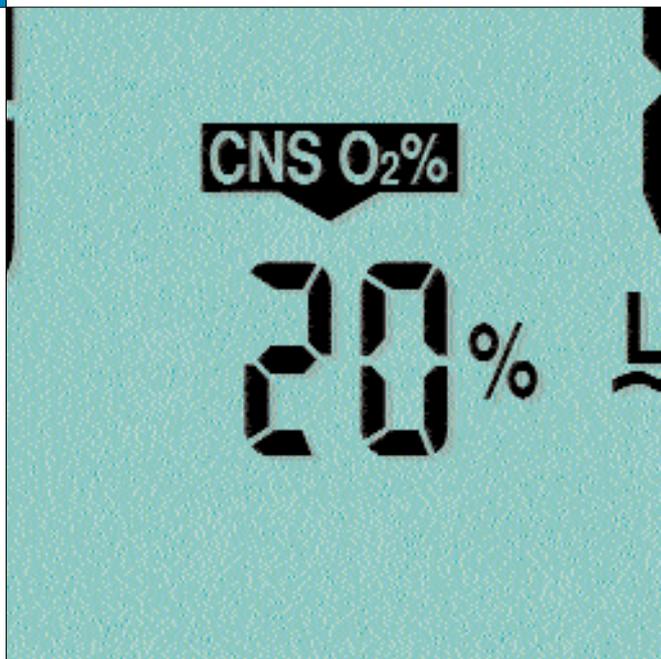


UWATEC a fait faire deux séries de plongées à 1 semaine d'intervalle à 9 volontaires: 3 plongées successives de 16 mn à 30 m, y compris 2 mn 40 s de descente, avec 75 mn d'intervalle de surface. La deuxième série se terminait à la 3^e plongée par les paliers suivants: 12 m / 2 mn; 9 m / 3 mn; 3 m / 6 mn. Il n'y a eu aucun niveau de bulles très élevé ni élevé, et très peu de faible niveau de bulles.



En comparant les modèles fixes précédents et le ZH-L8 ADT MB, on voit que même au niveau L0 les durées de remontée sont presque identiques pour la 1^{re} plongée, alors que pour les suivantes la durée de remontée peut être multipliée par 4.

Smart surveille et affiche en permanence le CNS O_2 , en plongée à l'air comme au Nitrox jusqu'à 100% O_2 .



LE NITROX

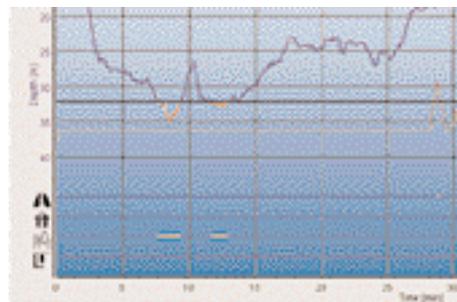
Plonger au Nitrox permet d'augmenter la durée de plongée, et de diminuer le risque d'accident de décompression. Ceci parce qu'il y a moins d'azote dans le Nitrox que dans l'air. Cependant, le Nitrox comportant plus d'oxygène que l'air, il présente d'autres risques. La molécule d'oxygène est une molécule très active capable de "brûler" les tissus du système nerveux central (CNS) : cerveau, moëlle épinière et autres tissus nerveux. Les problèmes dus à la toxicité de l'oxygène surviennent sans avertissement, ont un effet immédiat et peuvent causer la mort.

Les ordinateurs de plongée Smart surveillent l'évolution de la toxicité de l'oxygène et avertissent quand on s'approche des limites à la fois du "compteur oxygène" (CNS clock) et de la pression partielle d'oxygène maximale admissible.

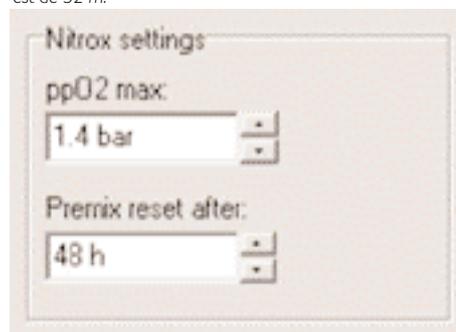
Les résultats sont affichés en permanence et lorsque le plongeur atteint 75% de la toxicité CNS, un signal sonore se fait entendre et l'affichage du % CNS clignote. Si cette valeur atteint 100%, il faut immédiatement remonter. Le Smart avertit également lorsque la limite maximale de pression partielle d'oxygène tolérable est atteinte.

Le Smart permet aux plongeurs de programmer le pourcentage d'oxygène de 21% (air) à 100% (oxygène pur) par pas de 1%. Ce pourcentage peut être modifié directement sur le Smart pour permettre de plonger avec différents mélanges dans la même journée. Il est également possible de simuler une plongée Nitrox avec le planificateur du Smart.

- Planification d'une plongée Nitrox
- Alarme de PpO_2 maximale
- Alarme de Compteur Oxygène CNS à 75%
- Alarme de Compteur Oxygène CNS à 100%
- % d'oxygène facile à changer de 21% à 100%
- Affichage du pourcentage d'oxygène du mélange
- PpO_2 maximale réglable
- Compteur oxygène CNS mis à jour selon l'absorption d'oxygène et l'effort fourni
- Logiciel Smart TRAK indiquant le % d'oxygène à tout moment pendant la plongée

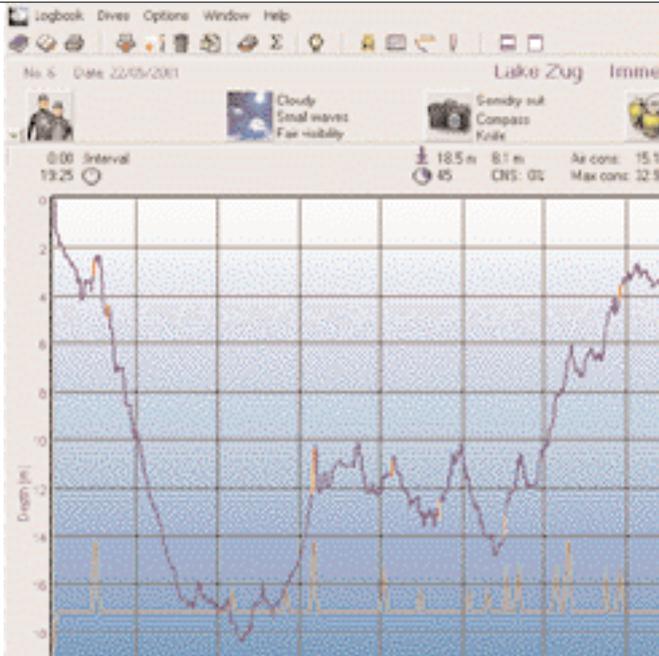


Smart TRAK affiche la limite de PpO_2 sous forme d'une ligne noire située à la profondeur correspondante. Ici, pour un mélange à 33% et une limite PpO_2 de 1,4 bar, la profondeur est de 32 m.



Avec Smart TRAK, le plongeur Nitrox peut modifier la pression partielle d'oxygène maxi sur son Smart. S'il prévoit plusieurs plongées avec le même Nitrox, il peut avec Smart TRAK garder son mélange en mémoire et ne revenir automatiquement au mélange par défaut (air, 21% O_2) que plus tard, jusqu'à 48 h après la plongée.

Smart TRAK permet de stocker toutes les plongées dans un PC pour les analyser tranquillement à la maison.



SMART TRAK

Le Smart COM garde environ 50 heures de plongée en mémoire dans son carnet de plongée, et le Smart PRO environ 100 heures. Les paramètres principaux de ces plongées peuvent être récupérés et affichés sur l'écran de l'ordinateur de plongée.

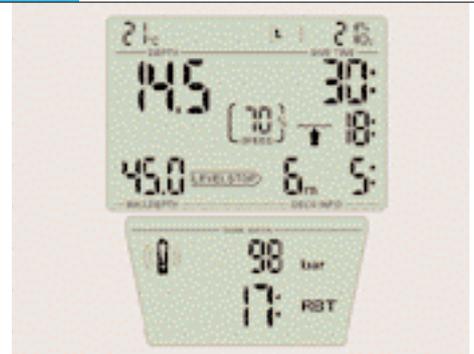
Pour avoir plus de détails sur les plongées et les analyser, Smart TRAK, livré gratuitement avec Smart, permet de stocker autant de données que le disque dur du PC le permet. Grâce à la prise de mesures réalisée toutes les 4 secondes par les ordinateurs de plongée Smart, il est possible d'analyser les plongées avec un luxe de détails étonnant. Smart TRAK est un outil inestimable pour analyser les comportements en plongée, et améliorer la technique de tous les plongeurs.

Le profil complet de la plongée s'affiche, ainsi que tous les messages d'attention et les alarmes. Le logiciel indique le niveau de saturation en azote des 8 compartiments surveillés par le Smart.

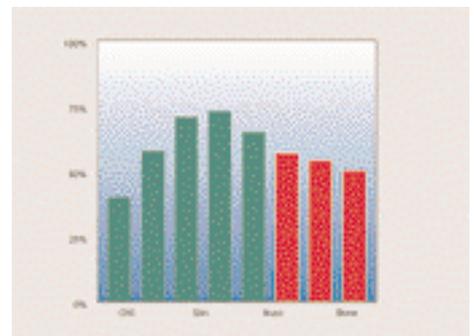
Si Smart a estimé que des microbulles se sont formées, Smart TRAK l'affiche également.

Avec Smart TRAK, l'écran du Smart apparaît dans la fenêtre du PC, tel qu'il était pendant la plongée. Pour le Smart COM, s'affiche également l'écran des données bouteilles.

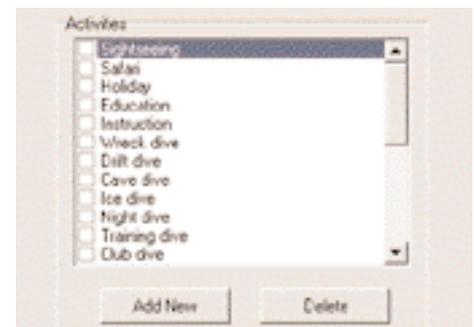
Smart TRAK est un logiciel puissant qui permet de stocker et de récupérer toutes sortes d'informations utiles, telles que des détails sur le site de plongée, les conditions de la plongée, la météo, les partenaires de plongée.



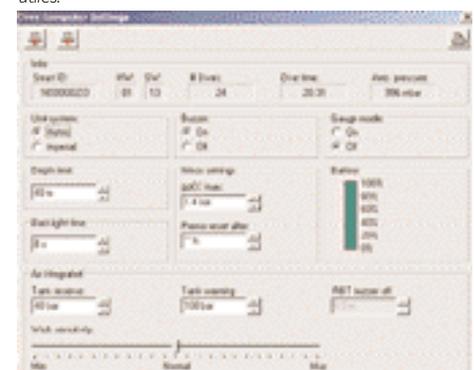
Smart TRAK affiche l'écran de Smart COM et Smart PRO tel qu'il se présentait, avec mise à jour toutes les 4 s.



Smart TRAK affiche l'état de saturation des compartiments pendant la plongée. Ceux qui seaturent sont en vert, ceux qui désaturent en rouge.



Smart TRAK est un logiciel de traitement de données puissant qui permet de stocker beaucoup d'informations utiles.



Avec Smart TRAK on peut changer beaucoup de paramètres-clés sur Smart PRO et Smart COM.

FONCTIONS DES SMART



Console
Smart PRO



Smart COM

SMART COM
SMART PRO
SMART PRO CONSOLS

	PROTECTEUR D'ECRAN
	ECRAN RETRO-ECLAIRE
	MISE EN MARCHE AUTOMATIQUE
	ECRAN LISIBLE SOUS TOUS LES ANGLES
	AFFICHAGE DE LA PRESSION DE LA BOUTEILLE EN BAR ou PSI
	REGLAGE DE LA PRESSION DE RESERVE POUR LE CALCUL D'AUTONOMIE
	CHOIX DU NIVEAU DE MICROBULLES TOLEREES
	COMPENSATION AUTMATIQUE DE L'ALTITUDE DE 0 A 4,000 M (13,000 FT)
	TEMPS D'ADAPTATION A L'ALTITUDE
	AFFICHAGE DU SECTEUR D'ALTITUDE
	AFFICHAGE DE L'ALTITUDE INTERDITE
	PLANIFICATEUR DE PLONGEE AU NITROX
	PROFONDEUR DE PLONGEE DE 0 A 120 M (0-395 FT)
	AFFICHAGE DE LA TEMPERATURE AIR ET EAU
	DUREE DE PLONGEE
	PROFONDEUR MAXIMALE ATTEINTE
	DUREE DE PLONGEE SANS PALIER
	MODELE DE DECOMPRESSION ADAPTATIF BÜHLMANN ZH-L8 ADT MB
	PROFONDEUR DU PALIER LE PLUS PROFOND
	DUREE DU PALIER LE PLUS PROFOND
	PALIER OBLIGATOIRES ET PALIER MICROBULLES INTEGRES
	AUTONOMIE RESTANTE A LA PROFONDEUR ACTUELLE
	ALARME DE RESERVE REGLABLE PAR L'UTILISATEUR
	DUREE TOTALE DE REMONTEE INCLUANT PALIER OBLIGATOIRES ET MICROBULLES
	VITESSE DE REMONTEE VARIABLE DE 7 A 20 M/MIN (23-67 FT/MIN)
	ALARME DE DUREE SANS PALIER < 1 MN
	ALARME D'AUTONOMIE < 3 MN
	ALARME D'AUTONOMIE < 1 MN
	ALARME DE RYTHME RESPIRATOIRE ELEVE (CONSOMMATION IMPORTANTE)
	ALARME DE PALIER OMIS
	AVERTISSEMENT EN CAS DE PALIER MICROBULLES OMIS
	NIVEAUX DE MICROBULLES RECALCULES EN CASCADE
	ALARME DE REMONTEE RAPIDE, PLUS DE 110% DE LA VITESSE PRECONISEE
	ALARME DE REMONTEE RAPIDE, PLUS DE 140% DE LA VITESSE PRECONISEE
	ALARME DE REMONTEE RAPIDE, PLUS DE 160% DE LA VITESSE PRECONISEE
	ALARME DE REMONTEE RAPIDE, PLUS DE 180% DE LA VITESSE PRECONISEE
	ALARME DE PP O2 MAXI ATTEINTE
	ALARME DE CNSO2 A 75%
	ALARME DE CNSO2 A 100%
	INSTRUCTIONS EN CAS DE PALIER OMIS
	AFFICHAGE EN SURFACE DU NIVEAU DE MICROBULLE
	DUREE DE DESATURATION
	SYMBOLE ET DUREE D'INTERDICTION DE VOL
	INTERVALLE DE SURFACE
	50 HEURES DE PLONGEE MEMORISEES DANS LE CARNET DE PLONGEE
	100 HEURES DE PLONGEE MEMORISEES DANS LE CARNET DE PLONGEE
	QUANTITE D'AIR CONSOMMEE
	MESURE ET AFFICHAGE DE LA TEMPERATURE D'EAU
	AVERTISSEMENT CAS DE NIVEAU DE MICROBULLES ELEVE
	PILE LONGUE DUREE
	POURCENTAGE DE PILE DISPONIBLE
	CHOIX DES UNITES DE MESURE PAR L'UTILISATEUR
	ALARME D'EFFORT REGLABLE PAR L'UTILISATEUR
	POURCENTAGE D'OXYGENE DE 21% A 100% FACILE A MODIFIER
	AFFICHAGE DU POURCENTAGE D'OXYGENE
	PPO2 MAXI REGLABLE VIA SMARTTRAK
	COMPTEUR OXYGENE (CNS) ACTUALISE SELON L'OXYGENE CONSOMME EN FONCTION DE L'EFFORT FOURNI
	SMART TRAK INDIQUE LE POURCENTAGE D'OXYGENE
	DUREE DU RETRO-ECLAIRAGE REGLABLE
	ALARME DE PROFONDEUR REGLABLE PAR SMART TRAK
	MELANGE REGLABLE PAR SMART TRAK
	MODE PROFONDIMETRE
	SUPPRESSION DES ALARMES SONORES PAR SMART TRAK
	CD SMART TRAK POUR PC INCLUS
	COMMUNICATION INFRA-ROUGE (IRDA) AVEC UN PC ET SMART TRAK

Smart PRO

