

Le trimix

Principes généraux
Planification
Décompression
Matériel

Quelques exemples
Accidents
Conclusion

Principes généraux

La plongée profonde (rappels)

L'hélium

Le trimix

La plongée profonde (rappels)

- Apparition de la Narcose
- Hyperoxie possible
- Décompression très importante
- Essoufflement critique
- Planification et what-if
- Consommation très importante
- Considérations matérielles

N_2

O_2

CO_2

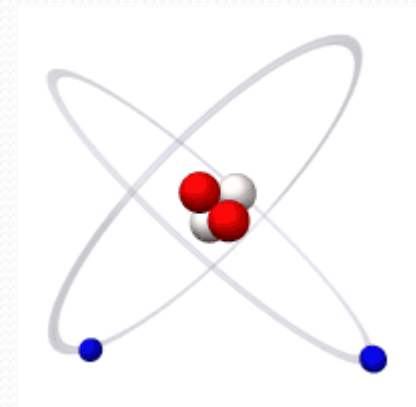
L'hélium

	M [g/mol]	ρ [kg/m ³]	C _p [kJ/(kg.K)]	C _v [kJ/(kg.K)]	λ [W/(m.K)]
H ₂	2,016	0,09	14,235	10,096	0,186
He	4,003	0,18 -	5,234	3,153	0,151 +
N ₂	28,013	1,25	1,043	0,745	0,025
O ₂	31,998	1,43	0,913	0,652	0,026
Ar	39,948	1,78	0,523	0,313	0,018
CO ₂	44,010	1,96	0,825	0,630	0,016
Air	Mélange	1,29	1,009	0,721	0,025

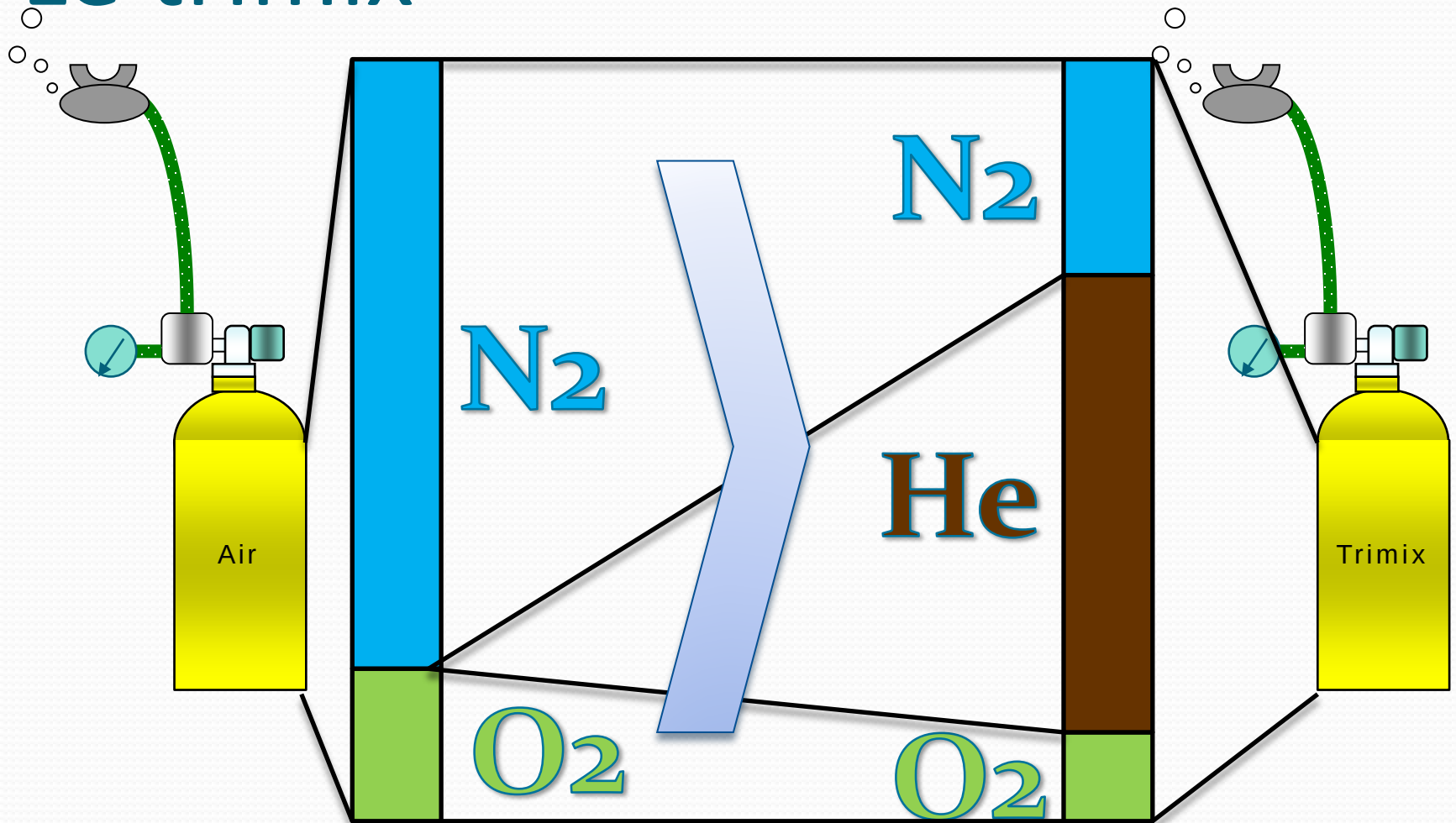
- M : masse molaire
- P : Masse volumique
- C_p & C_v : Chaleur spécifique
- λ : Conductivité thermique à 20°C

L'hélium

- Généralités :
 - 2^{ème} molécule la plus petite après l'Hydrogène
 - Très abondant dans l'univers... sauf sur terre
- Principes physiologiques:
 - Très grande conductivité thermique
 - Très diffusif (2.65×plus vite que N₂)
 - Peu soluble :
 - 4×moins que N₂ dans les graisses
 - 1.5×moins que N₂ dans le sang
 - Voix de canard ($v=960\text{m/s}$ au lieu de 340m/s)



Le trimix



Plusieurs familles

Air = 79% N₂ + 21% O₂

Nitrox = N₂ + O₂

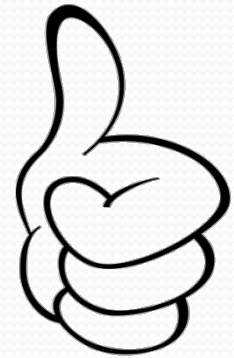
Trimix = N₂ + O₂ + He

Héliair = Air + He

Héliox = O₂ + He

Avantages du trimix

- Moins d'azote → Narcose réduite
- Gaz moins dense → Ventilation plus facile
- Meilleure ventilation → Risque d'essoufflement réduit



Inconvénients

- Plus grande conductivité thermique → Froid accru
- Plus grande diffusivité → Décompression plus tôt
- Utilisation de multiples bouteilles → Risque d'erreur
- Élément rare et très demandé → Gaz cher



Planification

Plan the dive & Dive the plan

Choix du mélange

Plan de secours

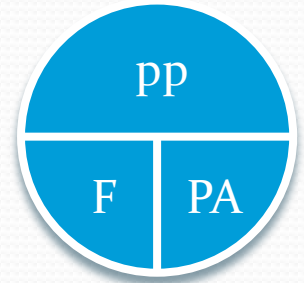
Durée de plongée

Run-time

Décompression

What-if

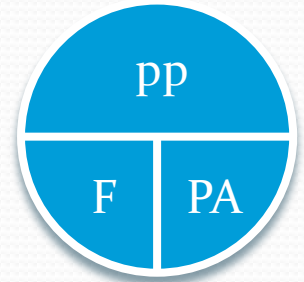
Mélange - 1 : Fixer l'O₂



- ppO₂ limitée par le code du sport à 1.6 bar
- En pratique : limite à 1.4 en mélange fond, 1.6 en déco
- Exemple :
 - Profondeur max = 65m
 - Limite à 1.4 bar
 - **FO₂ = 1.4 / (65/10+1) = 18%**
- MOD = Maximum Operating Depth
- PMU = Profondeur Maximale d'Utilisation

$$MOD = \frac{ppO_2}{P_{abs\max}}$$

Mélange - 2 : Fixer le N₂



- ppN₂ limitée par le code du sport à 5.6 bar
- En pratique : limite à 3.5 !
- Exemple :

- Profondeur max = 65m
- Limite à 3.5 bar
- $FN_2 = 3.5 / (65/10+1) = 47\%$

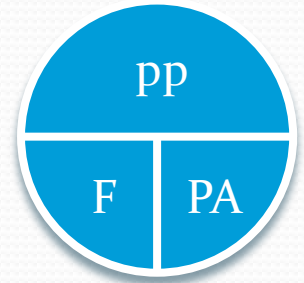
1-FHe ?
L'oxygène est narcotique?

$$END = (z + 10) \times (1 - FH_e) - 10$$

$$EADD = 10 \times \left[\frac{\left((1.429 \times FO_2 + 0.1785 \times FHe + 1.25 \times FN_2) \times \left(\frac{z}{10} + 1 \right) \right)}{1.287411} - 1 \right]$$

- END = Equivalent Narcotic Depth
- EADD = Equivalent Air Density Depth

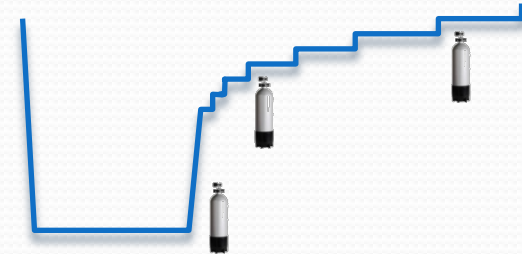
Mélange - 3 : Trouver l'He



- Dans notre exemple :
 - FO_2 à 18% min
 - FN_2 à 47% max
 - FHe à $100 - 47 - 18 = 35\%$ min
 - Le mélange idéal est un 18/35 (O_2/He)
- La méthode de gonflage donnera le vrai mélange.
- Méthode à appliquer pour le gaz de fond et pour les relais.

Choix des autres mélanges

- Garder une proportion de N₂ sensiblement constante.
- Etager ses bouteilles relais:
 - Mélange optimum le long de la remontée
 - Compromis avec nombre de bouteilles
- Stratégie de bouteilles à adapter d'après le plan de secours



Calculs de consommation

- Cas critique : Perte du gaz fond ➔ retour surface
- Etre réaliste dans ses consommations :
 - Gaz fond : 80l/min ?
 - Retour: 20l/min ou +
- Etre réaliste dans ses vitesses de progression :
 - Léger : 20m/min
 - Lourd : 15m/min

Type	Ventilation [l/min]
Repos	6
Déco	15
Progression	20
Configuration lourde	30
Exercice modéré	40-60
Essoufflement	80
Essoufflement critique	120

Pour étalonner sa consommation, noter régulièrement sur une plaquette temps / profondeur / volume restant.

Plan de secours & run-time

- Plan de secours - 3 scénarios :
 - Dépassement du temps
 - Dépassement de la profondeur
 - Perte d'une bouteille relais

MV-Plan 1.5.2
Configuration : GF=30-80 multi-niveaux=true ZHL16C

m	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	SP	Gaz
70	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,0	10/50
70	17	20	12	15	21	24	23	26	25	28	0,0	10/50
42							0	29	0	31	0,0	20/40
39		24			1	28	1	30	2	33	0,0	20/40
36	1	25			1	29	2	32	1	34	0,0	20/40
33	1	26	0	19	2	31	2	34	2	36	0,0	20/40
30	1	27	1	20	2	33	2	36	2	38	0,0	20/40
27	2	29	2	22	2	35	2	38	4	42	0,0	20/40
24	3	32	1	23	4	39	4	42	4	46	0,0	20/40
21	2	34	2	25	2	41	3	45	3	49	0,0	50
18	2	36	1	26	4	45	3	48	4	53	0,0	50
15	4	40	2	28	3	48	5	53	5	58	0,0	50
12	4	44	3	31	7	55	7	60	7	65	0,0	50
9	8	52	5	36	10	65	11	71	12	77	0,0	50
6	10	62	7	43	11	76	13	84	14	91	0,0	100
3	16	78	11	54	22	98	24	108	27	118	0,0	100

- Run-time :
 - « je pars à... »
 - Rigueur...

What-if ?

- Plus l'engagement augmente, plus le risque augmente.

Problème	Solution
Perte d'une bouteille	Avoir des volumes suffisant pour retour surface
Perte du fil	Retrouver le fil
Panne d'ordinateur	Redondance avec run-time
Communication	Gestion communication binôme
Courant trop important	Minimiser la distance
Courant aval	Arrêt de la plongée
Etanche percée	?

Une petite vérification avant plongée !

La décompression

Approches

Bühlmann

VPM

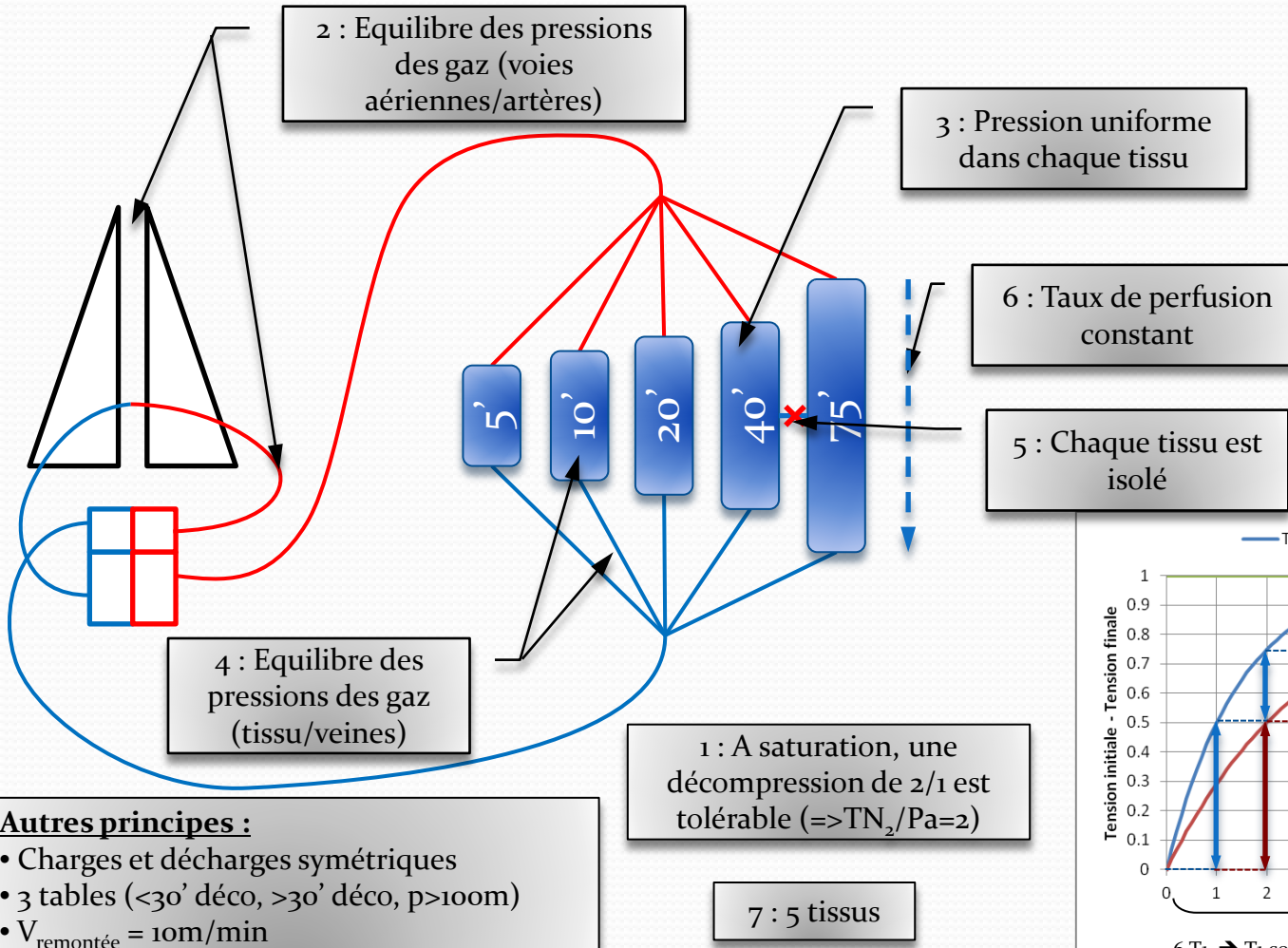
Fenêtre oxygène

MV-Plan

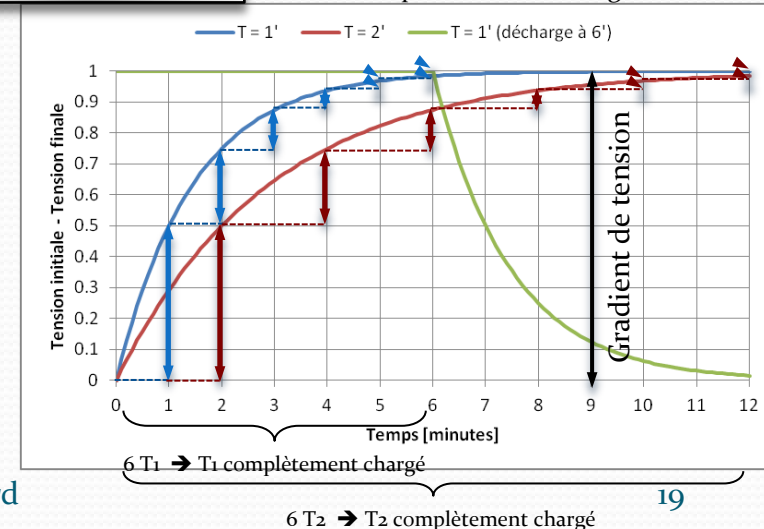
Quelques comparatifs

Haldane et les bases

RAPPEL



- Le corps est composé de tissus différents modélisés en compartiments.
- Chaque compartiment se charge et se décharge à sa vitesse propre.
- Tension $\Leftrightarrow$ Pression d'un gaz dans un liquide
- Au bout d'un temps T, le tissu est chargé de la moitié de ce qui lui reste à charger.



Généralités

- Les tissus directeurs ont des périodes plus courtes:
 - Vitesse de remontée lente (10m/min max)
 - Les paliers commencent plus profond
- En dessous de 30%, le N₂ reste directeur
- Une bulle a plus de chance de grossir dans un milieu de N₂ que de He (solubilité différente)
- 2 approches différentes :
 - Gradient factors : compartiments (principe = MN₉₀)
 - VPM : taille de bulle et son évolution

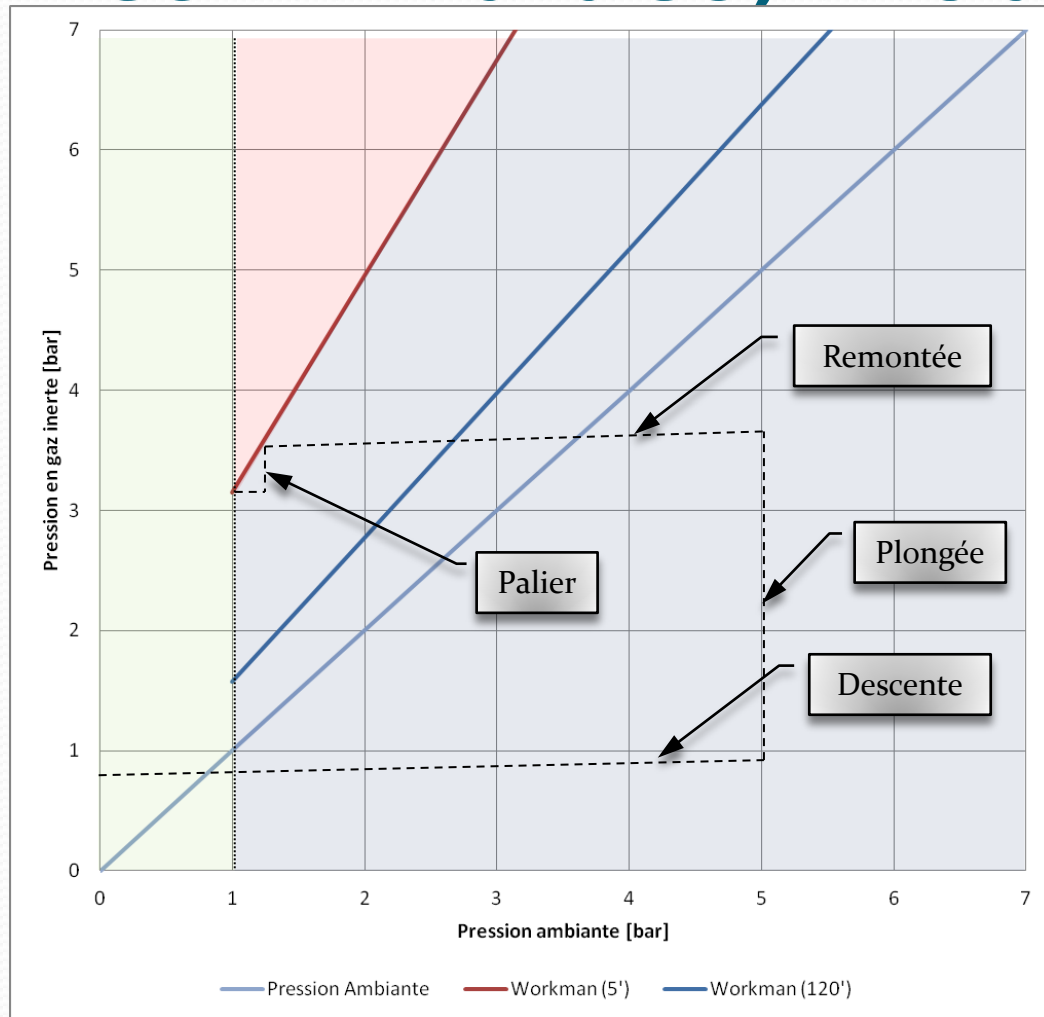
Bühlmann ZH-L16A/C

C	N ₂ (ZH-L16C)			He (ZH-L16A)		
	T	a	b	T	a	b
1	4	1.2599	0.5050	Plus grande diffusivité de l'Hélium		
1b	5	1.1696	0.5578	1.00	1.0189	0.4770
2	8	1.0000	0.6514	3.02	1.3830	0.5747
3	12.5	0.8618	0.7222	4.72	1.1919	0.6527
4	18.5	0.7562	0.7785	6.99	1.0458	0.7223
5	27	0.6200	0.8126	10.21	0.9220	0.7582
6	38.3	0.5043	0.8434	14.48	0.8205	0.7957
7	54.3	0.4410	0.8693	20.53	0.7305	0.8279
8	77	0.4000	0.8910	29.11	0.6502	0.8553
9	109	0.3750	0.9092	41.20	0.5950	0.8757
10	146	0.3500	0.9222	55.19	0.5545	0.8903
11	187	0.3295	0.9319	70.69	0.5333	0.8997
12	239	0.3065	0.9403	90.34	0.5189	0.9073
13	305	0.2835	Plus faible solubilité de l'Hélium			0.5181
14	390	0.2610	0.9544	117.42	0.5176	0.9171
15	498	0.2480	0.9602	188.24	0.5172	0.9217
16	635	0.2327	0.9653	240.03	0.5119	0.9267

- Prise en compte de l'air alvéolaire
- Approche par les gradient factors sur des M-Values

$$P_{\text{amb tol}} = (P_{\text{comp}} - a) \times b$$

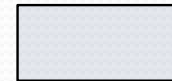
Les M-Values, mode d'emploi



Exemple pour le compartiment 5' :



Surface

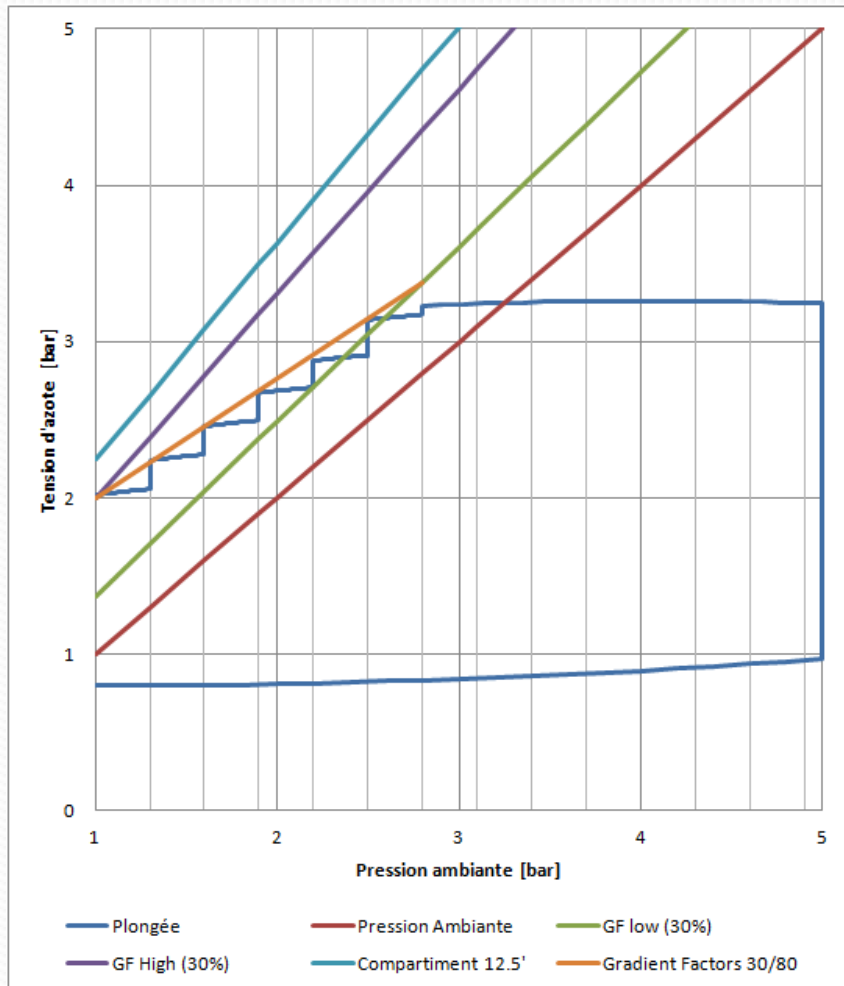


Pas de palier



Palier

Et les Gradient factors?



- GF bas donne le début des paliers
- GF haut donne la fin des paliers
- Exemple sur une plongée de 25' à 40m à l'air.

Choix des GF

- Plongées Air et Nitrox :

Conservatisme	GF Bas	GF Haut
1	90	95
2	75	95
3	90	90
4	75	90
5	75	85

(recommandations AP Diving)

- Plongées Trimix :

Profondeur	Diluant	Temps fond	GF Bas	GF Haut
0 - 40	Air	-	90	95
40 - 85	Trimix	20	50	90
40 - 85	Trimix	20 - 60	15	85
85 - 100	Trimix	20	30	85
85 - 100	Trimix	20 - 45	5	85

(recommandations AP Diving)

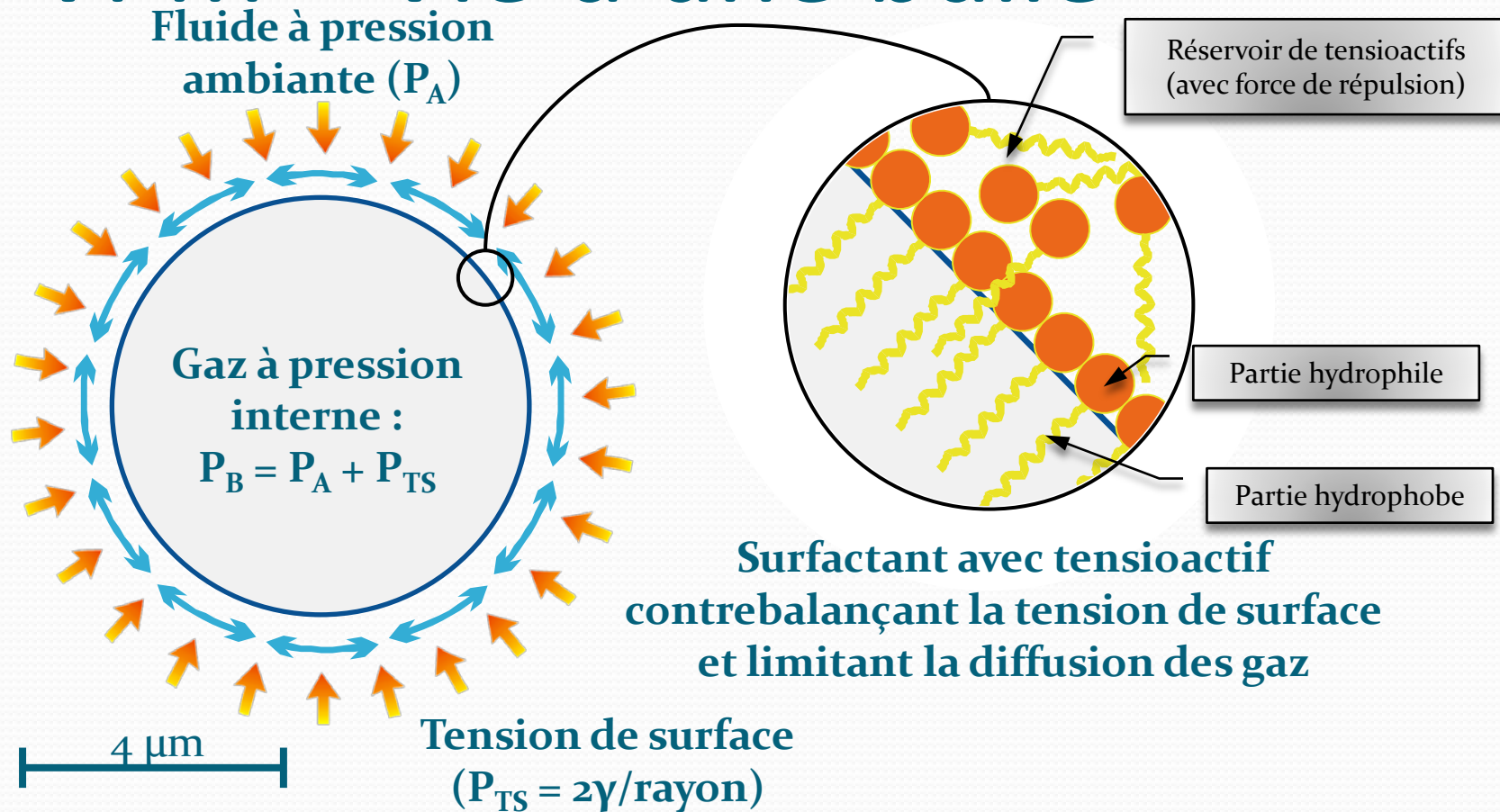
VPM – Hypothèses

- Paramètres initiaux :
 - Nombre de noyaux gazeux fixe
 - Taille de la bulle
- Propriétés des bulles :
 - Perméables jusqu'à un certain point (imperméabilité atteinte à 9bar)
 - Avec une membrane (interface fluide / liquide)
 - Elastique et avec mémoire (retour à l'état initial)
- Ne tient pas compte de la dissolution des gaz

VPM

- Evolution de la bulle suivant :
 - Mariotte
 - Tension superficielle
 - Surfactant (limite la réduction des bulles)
 - Principe de charge Haldanienne
- Nombre de bulles maxi tolérable
 - N_1 supportable indéfiniment
 - $N_2 > N_1$ supportable temporairement

VPM – Vie d'une bulle



Equilibre des forces

$$P_{\text{bulle}} + \underbrace{2\gamma_c/\text{rayon}}_{\text{Répulsion du surfactant}} - B = P_{\text{amb}} + \underbrace{2\gamma/\text{rayon}}_{\text{Attractions chimiques et électriques}}$$

Tension de surface

- $P(\text{bulle}) = P(\text{gaz dissout})$
- $B = \text{cte}$
- Réduction d'une bulle :

$$r_{\text{réduit}} = \frac{1}{\frac{P_{\text{réduit}}}{2(\gamma_c - \gamma)} + \frac{1}{r_0}}$$

Evolution des bulles

- Grossissement :

- Bulle comprimée => écrasement du surfactant jusqu'à une certaine limite où les molécules de surfactant quittent la bulle
- Stabilisation de la bulle à un rayon inférieur

- Ecrasement :

- Uniquement lorsque $P_{\text{dissous}} - P_{\text{bulle}} > 2\gamma/\text{rayon}$
- Plus la bulle est petite, plus elle est difficile à faire grossir

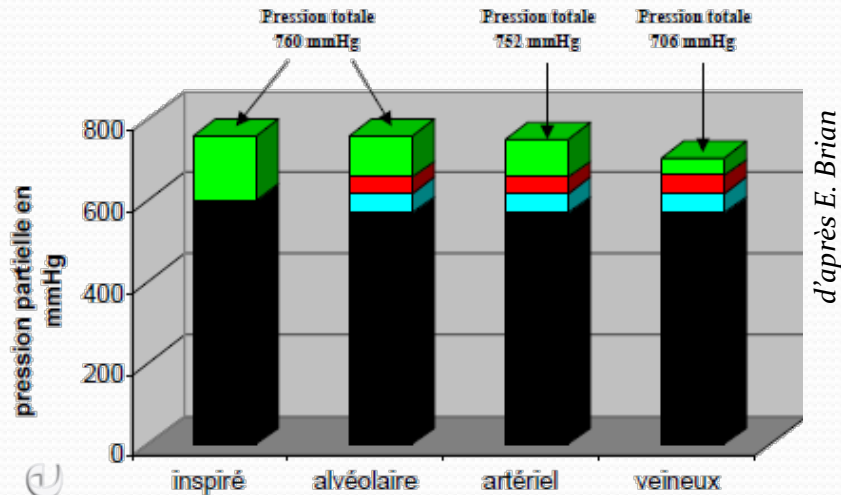
VPM – Éléments notables

- Donne des paliers profonds (avec ou sans hélium)
- Raccourcissement des paliers proches de la surface
- Importance de la planification (O_2)
- Influence de la vitesse de compression
- Efforts créent des noyaux gazeux (non pris en compte)

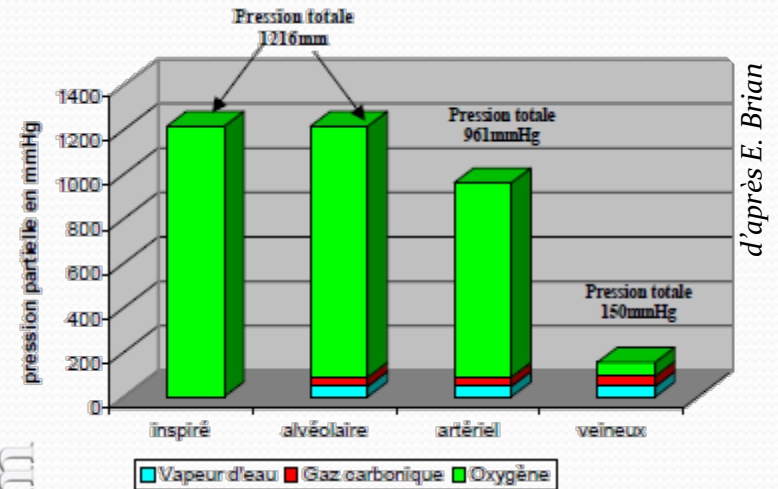
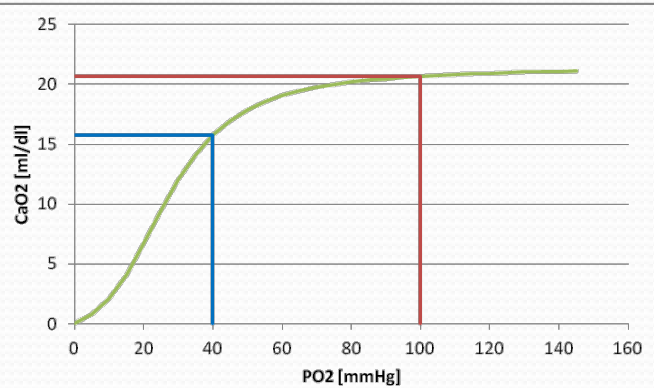
Genèse des micro noyaux

- Inexistant dans milieux purs
- Formés de CO_2
- Création par :
 - Cavitation (augmentation de la vitesse)
 - Tribonucléation (chute de pression locale, séparation de 2 « plaques »)
 - Bulles de CO_2 capillaires (limité par le NO qui lisse les parois des vaisseaux)

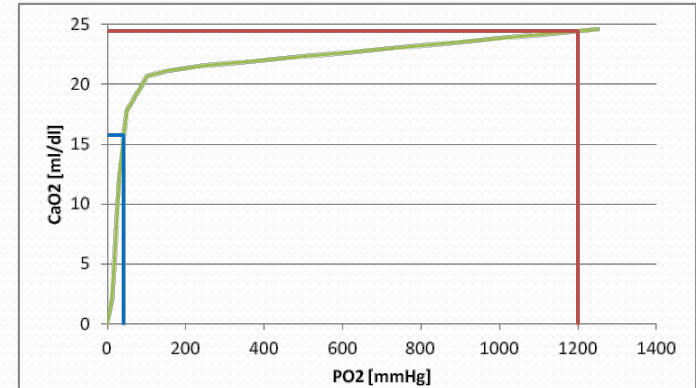
Fenêtre oxygène



■ Azote ■ Vapeur d'eau ■ Gaz carbonique ■ Oxygène



Oxygène à 6m



Mv - Plan

Mettre o si C.O.

Choix des GF primordial

Cocher si C.O.

Cocher si multi-niveaux

Préférences

Facteurs de gradient
Bas : 30
Haut : 80

Consommation
Plongée : 20.0
Déco : 15.0

Unités
☒ Métriques
☐ Impériales

Options Déco
☒ Début Surface
☐ Affichage Détaillé
☒ Mode Multi-Niveaux

OK Annuler

Déroutement de la Plongée

MV-Plan 1.5.2
Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

m	Durée Total	Gaz	SP
v 060	03:00	003 20/40	1,3
- 060	17:00	020 20/40	1,3
^ 027	03:17	023 20/40	1,3
~ 027	00:41	024 20/40	1,3
~ 024	01:00	025 20/40	1,3
~ 021	02:00	027 20/40	1,3
~ 018	01:00	028 20/40	1,3
~ 015	02:00	030 20/40	1,3
~ 012	03:00	033 20/40	1,3
~ 009	05:00	038 20/40	1,3
~ 006	06:00	044 20/40	1,3
~ 003	11:00	055 20/40	1,3

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min
Toxicité oxygène - OTUs : 80 SNC : 30%

ATTENTION : Ce logiciel est expérimental et ne doit pas servir pour une plongée réelle.
Il contient probablement des erreurs pouvant entraîner des accidents de décompression.

Liste des Gaz

Nom	POM	Autorisé
Air	66	☐
Trimix 10/50	150	☐
Trimix 20/40	70	☐
Nitrox 80	10	☒
Oxygène	6	☐
Nitrox 50	18	☐
Nitrox 32	34	☐
Héliox 20/80	70	☒

CO/Bailout

Exemple : 20' @ 60m

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=95-95 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	21	0,0
-	060	20:00	023	21	0,0
^	015	04:30	028	21	0,0
~	015	01:29	029	21	0,0
~	012	04:00	033	21	0,0
~	009	07:00	040	21	0,0
~	006	13:00	053	21	0,0
~	003	28:00	081	21	0,0

Influence des GF

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	21	0,0
-	060	20:00	023	21	0,0
^	030	03:00	026	21	0,0
~	030	00:59	027	21	0,0
~	027	01:00	028	21	0,0
~	024	01:00	029	21	0,0
~	021	02:00	031	21	0,0
~	018	03:00	034	21	0,0
~	015	05:00	039	21	0,0
~	012	06:00	045	21	0,0
~	009	11:00	056	21	0,0
~	006	20:00	076	21	0,0
~	003	41:00	117	21	0,0

Rajout d'une déco oxy

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	21	0,0
-	060	20:00	023	21	0,0
^	030	03:00	026	21	0,0
~	030	00:59	027	21	0,0
~	027	01:00	028	21	0,0
~	024	01:00	029	21	0,0
~	021	02:00	031	21	0,0
~	018	03:00	034	21	0,0
~	015	05:00	039	21	0,0
~	012	06:00	045	21	0,0
~	009	05:00	050	80	0,0
~	006	09:00	059	80	0,0
~	003	15:00	074	80	0,0

Exemple : 20' @ 60m

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	21	0,0
-	060	20:00	023	21	0,0
^	030	03:00	026	21	0,0
~	030	00:59	027	21	0,0
~	027	01:00	028	21	0,0
~	024	01:00	029	21	0,0
~	021	02:00	031	21	0,0
~	018	03:00	034	21	0,0
~	015	05:00	039	21	0,0
~	012	06:00	045	21	0,0
~	009	05:00	050	80	0,0
~	006	09:00	059	80	0,0
~	003	15:00	074	80	0,0

Utilisation de trimix

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	20/40	0,0
-	060	20:00	023	20/40	0,0
^	030	03:00	026	20/40	0,0
~	030	00:59	027	20/40	0,0
~	027	01:00	028	20/40	0,0
~	024	02:00	030	20/40	0,0
~	021	02:00	032	20/40	0,0
~	018	03:00	035	20/40	0,0
~	015	05:00	040	20/40	0,0
~	012	08:00	048	20/40	0,0
~	009	06:00	054	80	0,0
~	006	08:00	062	80	0,0
~	003	17:00	079	80	0,0

ppO2 non optimale

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	12/40	0,0
-	060	20:00	023	12/40	0,0
^	033	02:42	026	12/40	0,0
~	033	01:17	027	12/40	0,0
~	030	01:00	028	12/40	0,0
~	027	02:00	030	12/40	0,0
~	024	03:00	033	12/40	0,0
~	021	04:00	037	12/40	0,0
~	018	05:00	042	12/40	0,0
~	015	08:00	050	12/40	0,0
~	012	12:00	062	12/40	0,0
~	009	07:00	069	80	0,0
~	006	12:00	081	80	0,0
~	003	23:00	104	80	0,0

Exemple : 20' @ 60m

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	20/40	0,0
-	060	20:00	023	20/40	0,0
^	030	03:00	026	20/40	0,0
~	030	00:59	027	20/40	0,0
~	027	01:00	028	20/40	0,0
~	024	02:00	030	20/40	0,0
~	021	02:00	032	20/40	0,0
~	018	03:00	035	20/40	0,0
~	015	05:00	040	20/40	0,0
~	012	08:00	048	20/40	0,0
~	009	06:00	054	80	0,0
~	006	08:00	062	80	0,0
~	003	17:00	079	80	0,0

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min

Trimix 20/40 : 4258.0L

Nitrox 80 : 694.5L

Toxicité oxygène - OTUs : 78 SNC : 31%

Déco oxy ou Nitrox très riche ?

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	20/40	0,0
-	060	20:00	023	20/40	0,0
^	030	03:00	026	20/40	0,0
~	030	00:59	027	20/40	0,0
~	027	01:00	028	20/40	0,0
~	024	02:00	030	20/40	0,0
~	021	02:00	032	20/40	0,0
~	018	03:00	035	20/40	0,0
~	015	05:00	040	20/40	0,0
~	012	08:00	048	20/40	0,0
~	009	13:00	061	20/40	0,0
~	006	09:00	070	100	0,0
~	003	16:00	086	100	0,0

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min

Trimix 20/40 : 4628.5L

Oxygène : 528.0L

Toxicité oxygène - OTUs : 79 SNC : 45%

Et l'Héliox ?

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	20/40	0,0
-	060	20:00	023	20/40	0,0
^	030	03:00	026	20/40	0,0
~	030	00:59	027	20/40	0,0
~	027	01:00	028	20/40	0,0
~	024	02:00	030	20/40	0,0
~	021	02:00	032	20/40	0,0
~	018	03:00	035	20/40	0,0
~	015	05:00	040	20/40	0,0
~	012	08:00	048	20/40	0,0
~	009	06:00	054	80	0,0
~	006	08:00	062	80	0,0
~	003	17:00	079	80	0,0

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min

Trimix 20/40 : 4258.0L

Nitrox 80 : 694.5L

Toxicité oxygène - OTUs : 78 SNC : 31%

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	20/80	0,0
-	060	17:00	020	20/80	0,0
^	033	02:42	023	20/80	0,0
~	033	01:17	024	20/80	0,0
~	030	01:00	025	20/80	0,0
~	027	02:00	027	20/80	0,0
~	024	03:00	030	20/80	0,0
~	021	03:00	033	20/80	0,0
~	018	06:00	039	20/80	0,0
~	015	08:00	047	20/80	0,0
~	012	14:00	061	20/80	0,0
~	009	07:00	068	80	0,0
~	006	12:00	080	80	0,0
~	003	24:00	104	80	0,0

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min

Nitrox 80 : 955.5L

Héliox 20/80 : 4486.4L

Toxicité oxygène - OTUs : 90 SNC : 36%

Et en recycleur ?

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	20/40	1,3
-	060	17:00	020	20/40	1,3
^	027	03:17	023	20/40	1,3
~	027	00:41	024	20/40	1,3
~	024	01:00	025	20/40	1,3
~	021	02:00	027	20/40	1,3
~	018	01:00	028	20/40	1,3
~	015	02:00	030	20/40	1,3
~	012	03:00	033	20/40	1,3
~	009	05:00	038	20/40	1,3
~	006	06:00	044	20/40	1,3
~	003	11:00	055	20/40	1,3

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min

Toxicité oxygène - OTUs : 80 SNC : 30%

55' au lieu de 79' pour une CNS identique

MV-Plan 1.5.2

Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

	m	Durée	Total	Gaz	SP
v	060	03:00	003	20/80	1,3
-	060	17:00	020	20/80	1,3
^	033	02:42	023	20/80	1,3
~	033	01:17	024	20/80	1,3
~	030	01:00	025	20/80	1,3
~	027	01:00	026	20/80	1,3
~	024	02:00	028	20/80	1,3
~	021	02:00	030	20/80	1,3
~	018	03:00	033	20/80	1,3
~	015	03:00	036	20/80	1,3
~	012	05:00	041	20/80	1,3
~	009	07:00	048	20/80	1,3
~	006	09:00	057	20/80	1,3
~	003	16:00	073	20/80	1,3

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min

Toxicité oxygène - OTUs : 106 SNC : 40%

73' au lieu de 104' pour une CNS équivalente

Conclusion : déco mal étagée

Comparatifs sur 20' @ 60m

	Temps total [min]	CNS [%]	OTU [-]
Air (GF 95/95)	81	19	40
Air (GF 30/80)	117	21	43
Air + EAN80 (GF 30/80)	74	35	79
20/40 + EAN80 (GF 30/80)	79	31	78
12/40 + EAN80 (GF 30/80)	104	12	40
20/40 + Oxy. (GF 30/80)	86	45	80
20/80 + EAN80 (GF 30/80)	104	36	90
20/40 (ppO₂ = 1.3)	55	30	80
20/80(ppO ₂ = 1.3)	73	40	106

Les ordinateurs



Heinrichs Weikamp
OSTC 2N



VR Technology
VR3

Choix varié suivant ses besoins

- Trimix et multi-gaz
- ppO₂ constante
- Profondeur maximale
- Facilité d'utilisations



Liquidvision
X1



Shearwater
Predator

Quelques points

- Paliers à 3m à O₂ au lieu de 6m ➔ inutile pour la déco
- L'héliox à une déco plus longue
- Bien étager ses blocs le long du profil = déco optimisée
- Respect des profondeurs (min et max) sinon :
 - Accident
 - Déco plus longue

Le matériel

Généralité pour le gonflage

Gonflage par stick double 1

Gonflage par pression partielles

Gonflage par stick double 2

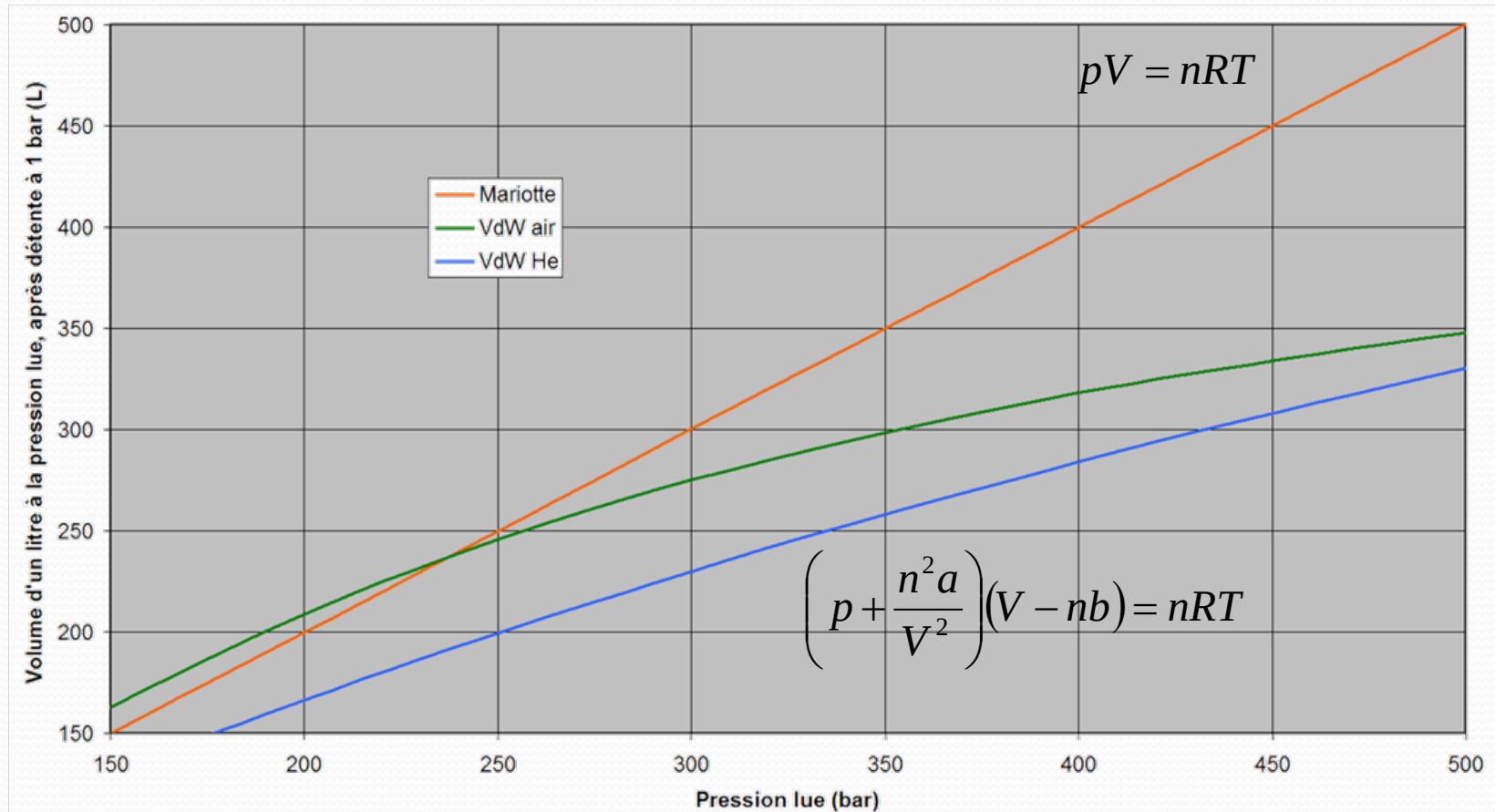
Héliair

Vérifications

Gonflage par stick simple

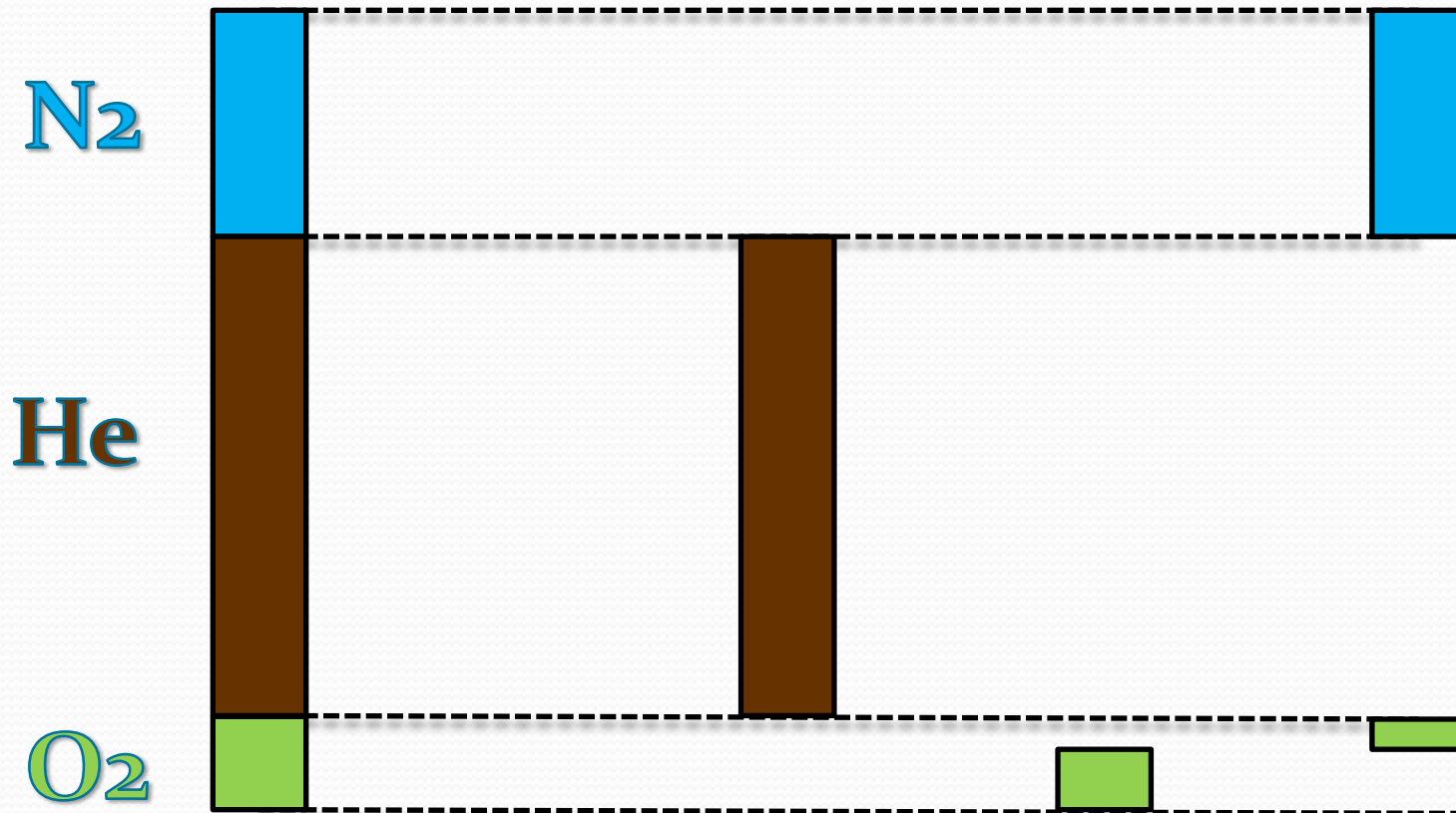
Le matériel embarqué

Compressibilité des gaz



Principe généraux

Trimix = He + O₂ + Air



Par pression partielle

- Temps d'homogénéisation de 12h
- Besoin d'une chaîne oxyclean
- Besoin de pression élevée (ou booster pour O₂)
- Exemple : 230 bar de 15/50 à partir de 80 bar de 10/70

	O ₂	He	N ₂	Total	Mano.
Etat initial	8	56	16	80	80
Etat final	34	115	81	230	230
Besoin	26	59	65	150	-
Etape 1 : He	-	59	-	59	139
Etape 2 : Air	16	-	65	81	220
Etape 3 : O ₂	10	-	-	10	230

Héliair

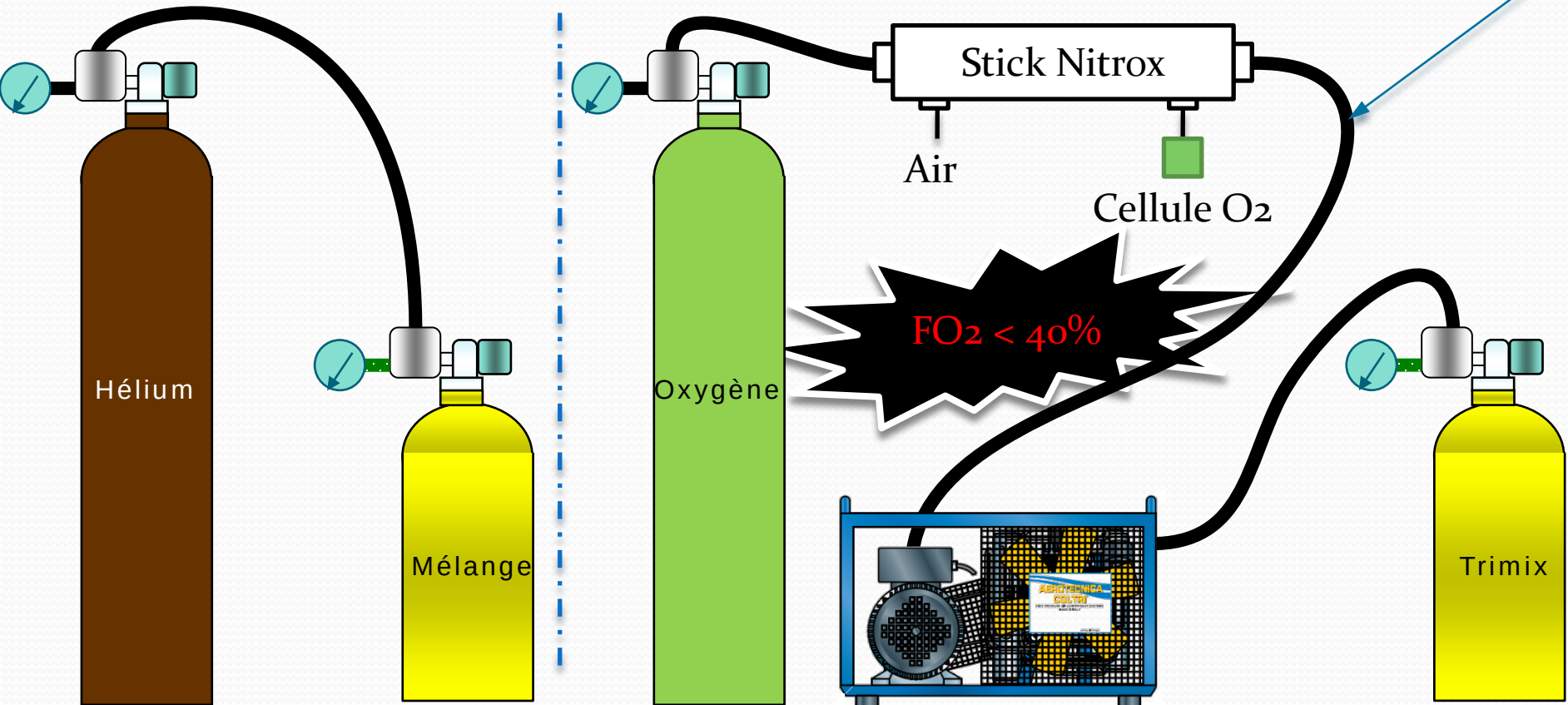
- Méthode :
 - Hélium par pression partielle
 - Gonflage air
- Avantages :
 - Facile à faire
 - Pas besoin de chaîne oxyclean
- Inconvénients :
 - Mélanges limités
 - Mélanges peu optimums

O ₂	He	N ₂	MOD (1.6)	MOD (1.4)
20	0	80	70	60
19	5	76	74	64
18	10	72	79	68
17	15	68	84	72
16	20	64	90	78
15	25	60	97	83
14	30	56	104	90
13	35	52	113	98
12	40	48	123	107
11	45	44	135	117
10	50	40	150	130
9	55	36	168	146
8	60	32	190	165
7	65	28	219	190
6	70	24	257	223
5	75	20	310	270
4	80	16	390	340
3	85	12	523	457
2	90	8	790	690
1	95	4	1590	1390

Au stick (1/3)

- He (par pp) + stick nitrox :

$$\text{Calcul de la FO}_2 = 26 / (81 + 10) = 29\%$$

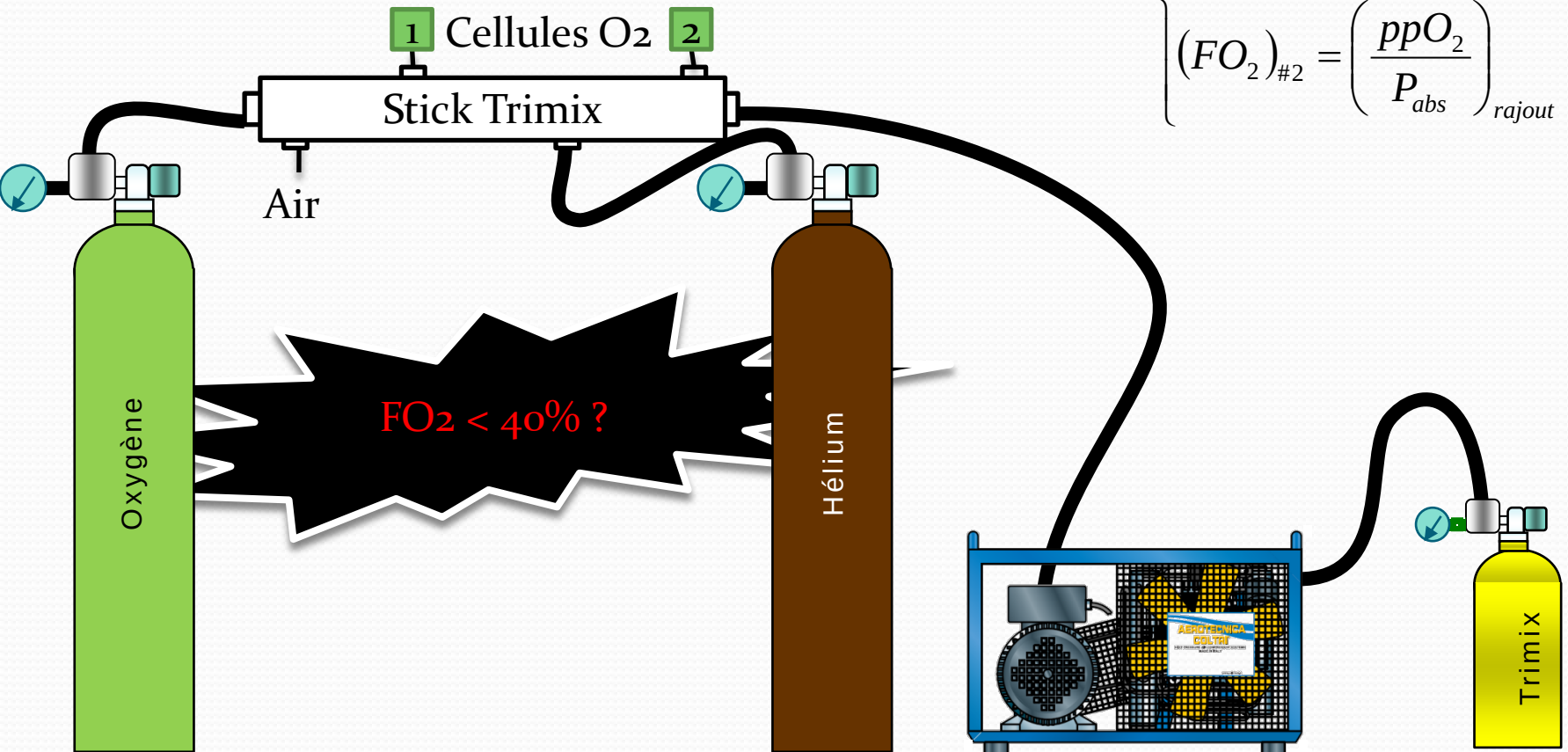


Au stick (1/3) - Méthode

1. Calcul du bilan des gaz
2. Vider éventuellement le bloc
3. Démarrer le compresseur purge ouverte
4. Ouvrir l'O₂ et caler sur la FO₂
5. Fermer la purge du compresseur
6. Ouvrir la bouteille puis la fermée à pression voulue
7. Ouvrir la purge
8. Fermer O₂ puis compresseur

Au stick (2/3)

- Nitrox puis He :



$$\begin{cases} (FO_2)_{\#1} = \frac{(FO_2)_{\#2}}{1 - FH_e} \\ (FO_2)_{\#2} = \left(\frac{ppO_2}{P_{abs}} \right)_{rajout} \end{cases}$$

Au stick (2/3) - Méthode

1. Idem (1/3) jusqu'à 4.
2. Ouvrir l'He et caler sur la FO₂ #2 du stick trimix
3. Fermer la purge du compresseur
4. Ouvrir la bouteille puis la fermée à pression voulue
5. Ouvrir la purge
6. Fermer O₂ puis He puis compresseur

Au stick (2/3)

- Fraction d'He rajoutée : $59/150 = 39\%$

- Lecture cellule #2: $26/150 = 18\%$

$$(FO_2)_{rajout} = \left(\frac{ppO_2}{P_{abs}} \right)_{rajout}$$

- Lecture cellule #1 : $18\% / (1 - 39\%) = 29\%$ $(FO_2)_{equiv} = \frac{(FO_2)_{rajout}}{1 - FHe_e}$

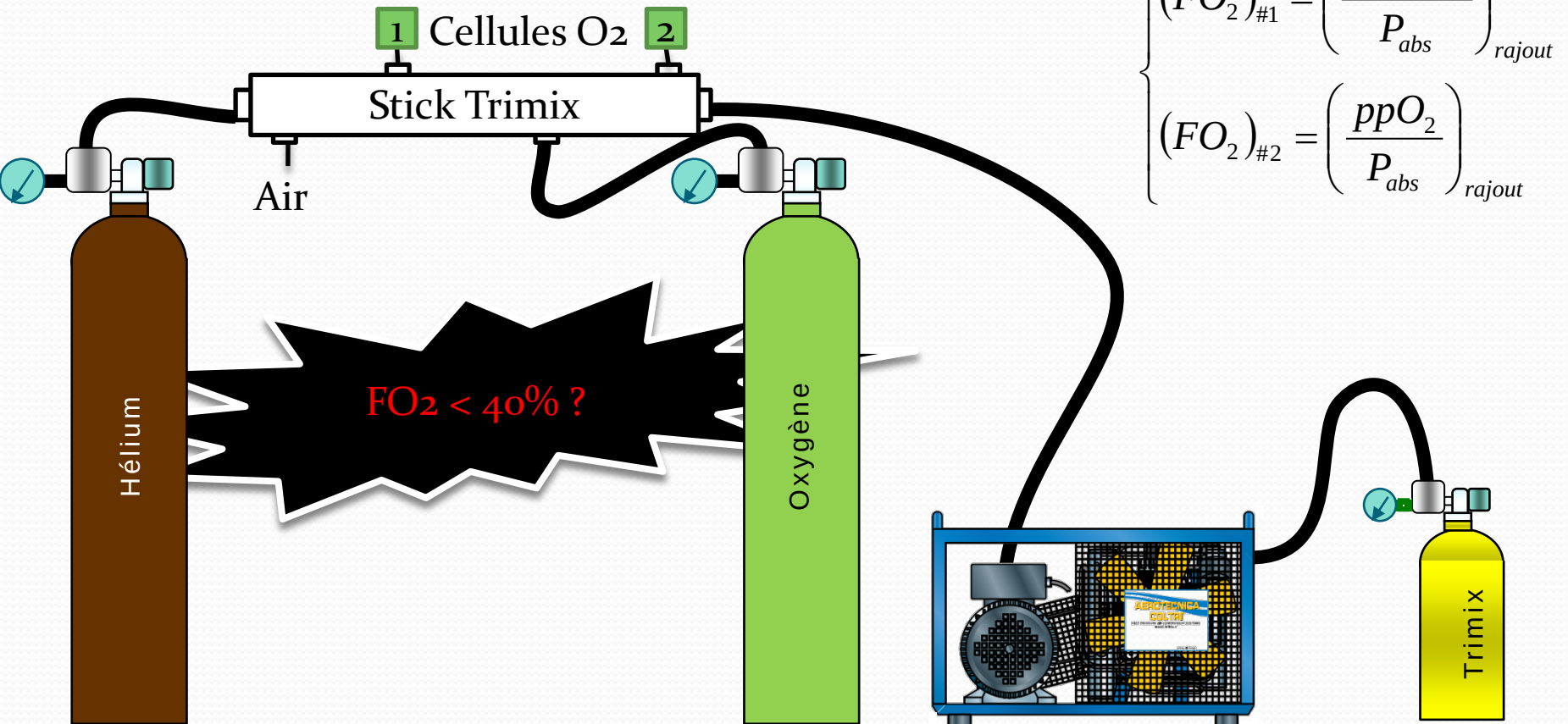
- Avant ouverture He, on lit sur la cellule :

- $39\% \times 0.21 + (1 - 39\%) \times 0.29 = 26\%$

(Nitrox équivalent) $FO_{21} = FHe \times 0.21 + (1 - FHe) \times (FO_2)_{equiv}$

Au stick (3/3)

- Héliair puis O₂ :



Au stick (3/3)

- Fraction d'He rajoutée : $59/150 = 39\%$
- Lecture cellule #1: $16/(81+59) = 12\%$
- Lecture cellule #2 : $26/150 = 18\%$ $(FO_2)_{rajout} = \left(\frac{ppO_2}{P_{abs}} \right)_{rajout}$
- Méthode de gonflage idem (2/3) en inversant He et O₂

Points importants

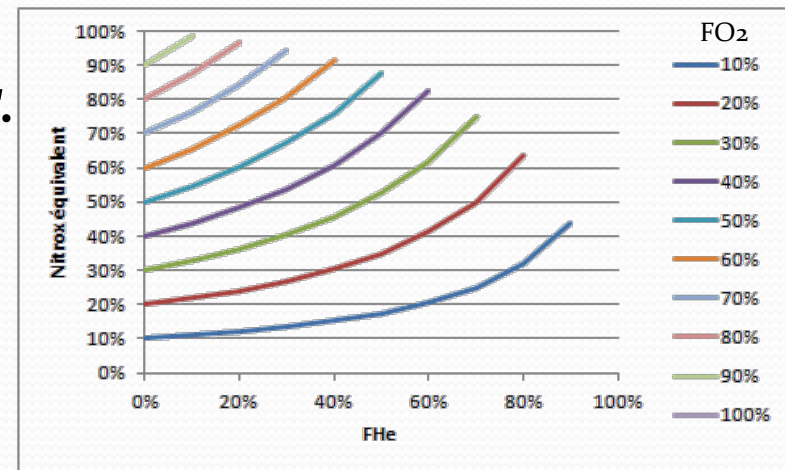
- O₂ dans le compresseur → FO₂ < 40%

- He + compressible que N₂ $\xrightarrow{\text{Nitrox équivalent}} \text{Nitrox équivalent} = \frac{(FO_2)_{\text{trimix}}}{(FHe)_{\text{trimix}} \times \left(\frac{MvHe}{MvN_2} - 1 \right) + 1}$

- Toujours fermer l'O₂ en premier.

- Toujours vérifier ses mélanges.

- Marquage + registre après gonflage.



$$\begin{cases} MvHe = 0.1785 \text{ kg/m}^3 \\ MvN_2 = 1.2498 \text{ kg/m}^3 \end{cases}$$

Le matériel embarqué

- Je sais ce que je respire :
 - Gaz correctement analysé
 - Vérification avec le registre de gonflage
 - Identification claire sur la bouteille & le 2^{ème} étage
- Je sais trouver mon matériel:
 - Mélanges riches à droite, pauvres à gauche
 - Entretenir son matériel

Vérifier ses mélanges

- Calibration des analyseurs nécessaire
- O₂ : Durée de vie limitée
- He : durée dépendant de la méthode d'analyse
- Marquage :
 - Sur bloc
 - Sur 2^{ème} étage (autocollant orange)

Mélange :		MOD :	
Pression :		Date :	
Nom :			



Quelques exemples

Ressel

St Sauveur

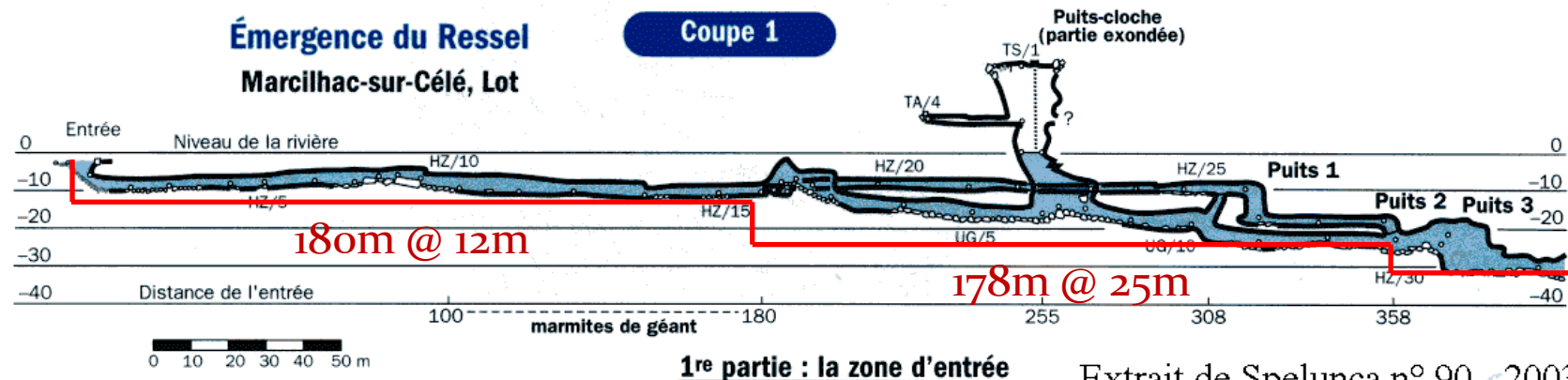
La Touvre

Rappels

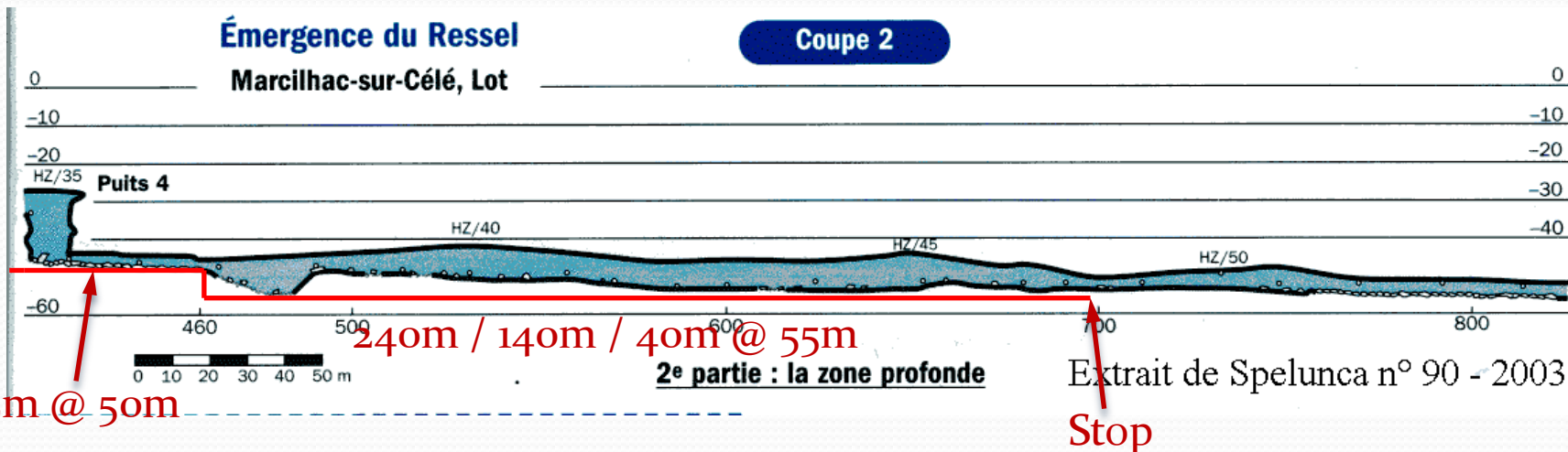
1. Déterminer le profil
2. Calcul des temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérification des volumes consommés, CNS & OTU

Le Ressel (coupe 1/3)

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications



Extrait de Spelunca n° 90 - 2003



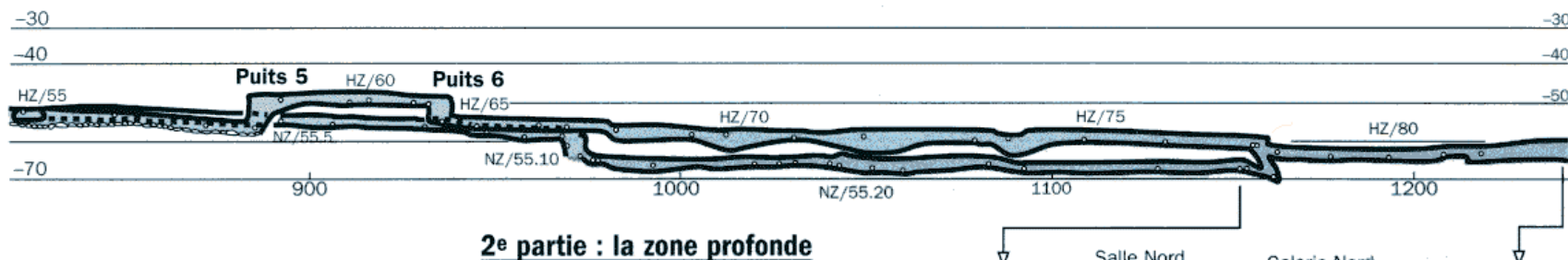
Extrait de Spelunca n° 90 - 2003

Le Ressel (coupe 2/3)

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

Émergence du Ressel
Marcilhac-sur-Célé, Lot

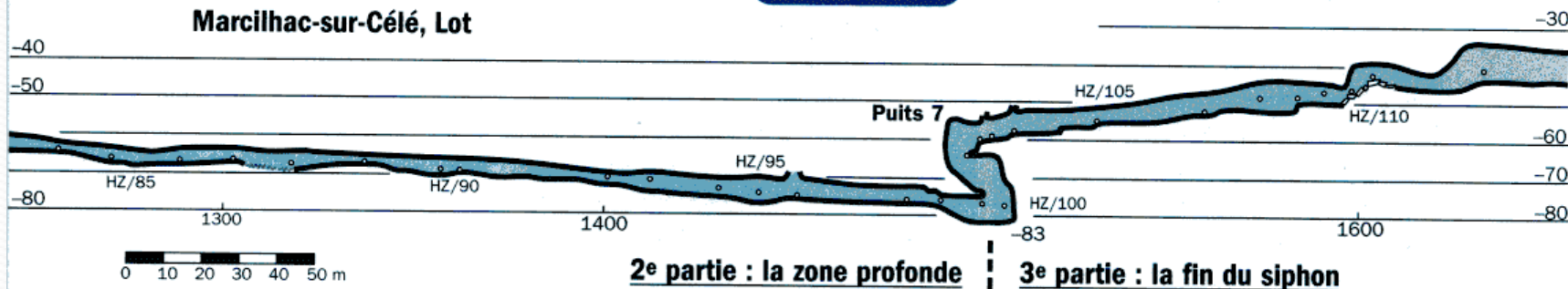
Coupe 3



Extrait de Spelunca n° 90 - 2003

Émergence du Ressel
Marcilhac-sur-Célé, Lot

Coupe 4

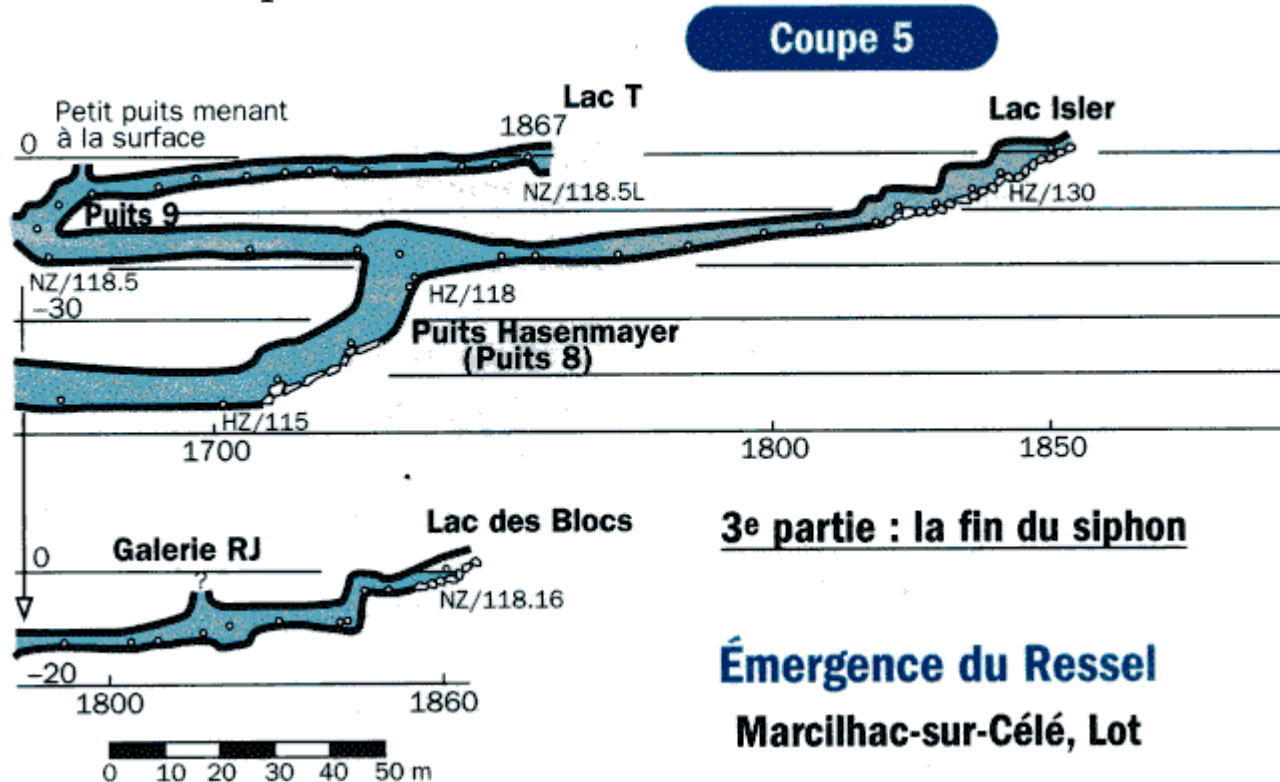


Extrait de Spelunca n° 90 - 2003

Le Ressel (coupe 3/3)

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

Extrait de Spelunca n° 90 - 2003



Ressel – Objectif à 700m

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

Mélange	Nom	FO2	FHe	N2	ppO2 max	MOD	EADD @ MOD	Volume	Cylinder	Press.
A	Relais 1	32%	0%	68%	0.9	18	19	2736	15	182
B	Gaz fond	20%	40%	40%	1.4	60	37	7531	40	188
C	Relais 2	32%	0%	68%	0.9	18	19	1220	10	122
D	Déco 1	80%	0%	20%	1.6	10	12	1592	10	159
E	Déco 2	100%	0%	0%	1.6	6	8	0		
F		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		
G		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		
H		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		
I		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		
J		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		

p0	1
ppO2 max	1.6
ppN2 max	3.5
Sécurité volumes	0%

Segment	Prof	Temps	Temps +	Distance	Run-time		Vitesse	Conso.	Pabs	Mélange		Volume	ppO2	ppN2
[-]	[m]	[min]	[min]	[m]	[min]	[m]	[m/min]	[l/min]	[bar]	[-]		[l]	[bar]	[bar]
Aller	12	12		180	12	180	15	20	2.2	A	32/0	528	0.70	1.50
	25	12		178	24	358	15	20	3.5	A	32/0	840	1.12	2.38
	50	7		102	31	460	15	20	6.0	B	20/40	840	1.20	2.40
	55	16		240	47	700	15	20	6.5	B	20/40	2080	1.30	2.60
		0			47	700	15	20	1.0			0		
Stop	55	2	2	0	49	700	15	80	6.5	B	20/40	1040	1.30	2.60
Retour	0	0		0	49	700	15	20	1.0			0		
	55	16		240	65	940	15	20	6.5	B	20/40	2080	1.30	2.60
	50	7		102	72	1042	15	20	6.0	B	20/40	840	1.20	2.40
	25	12		178	84	1220	15	20	3.5	A	32/0	840	1.12	2.38
	12	12		180	96	1400	15	20	2.2	A	32/0	528	0.70	1.50

Ressel – Objectif à 700m

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

Prof.	Pabs	ppO ₂ max	ppN ₂ max	FO ₂	FHe	FN ₂	Choix
25	3.47	1.3	3.5	38%	0%	62%	EAN 32
55	6.41	1.3	3.5	20%	25%	55%	20/40
25	3.47	1.3	3.0	38%	0%	62%	EAN 32
10	1.99	1.6	3.0	80%	0%	20%	EAN 80

Plongée de 100'
hors déco

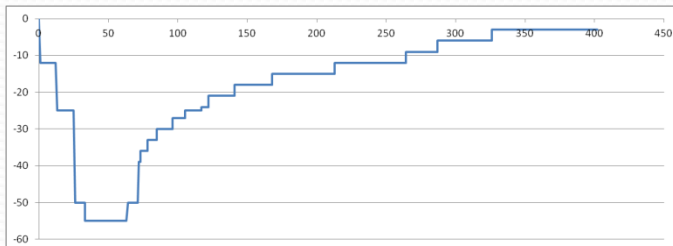
Ressel – Objectif à 700m

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

•  volumes !!!

• Décompression
conséquente

• Choix des gaz ?



MV-Plan 1.5.2

Calculer Table Effacer Imprimer Préférences Charger Sauvegarder A propos de... Quitter

Intervalle Surface (min): 0

Profil de Plongée

Prof	Durée	Gaz	SP	Valide
12	12	Nitrox 32	0	☒
25	12	Nitrox 32	0	☒
50	7	Trimix 20/40	0	☒
55	16	Trimix 20/40	0	☒
55	2	Trimix 20/40	0	☒
55	16	Trimix 20/40	0	☒
50	7	Trimix 20/40	0	☒
25	12	Nitrox 32	0	☒
12	12	Nitrox 32	0	☒

Liste des Gaz

Nom	POM	Autorisé
Air	66	☐
Trimix 10/50	150	☐
Trimix 20/40	70	☐
Nitrox 80	10	☒
Oxygène	6	☐
Nitrox 50	22	☐
Nitrox 32	40	☒

Déroulement de la Plongée

MV-Plan 1.5.2
Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

m	Durée	Total	Gaz	SP
v 012	00:36	001	32	0,0
- 012	12:00	013	32	0,0
v 025	00:39	013	32	0,0
- 025	12:00	025	32	0,0
v 050	01:15	027	32	0,0
- 050	07:00	034	20/40	0,0
v 055	00:15	034	20/40	0,0
- 055	16:00	050	20/40	0,0
- 055	02:00	052	20/40	0,0
- 055	16:00	068	20/40	0,0
^ 050	00:30	068	20/40	0,0
- 050	07:00	075	20/40	0,0
^ 033	01:42	077	20/40	0,0
~ 033	01:03	078	20/40	0,0
~ 030	05:00	083	20/40	0,0
~ 027	04:00	087	20/40	0,0
- 025	12:00	099	32	0,0
^ 018	00:42	100	32	0,0
~ 018	07:18	107	32	0,0
~ 015	13:00	120	32	0,0
- 012	12:00	132	32	0,0
~ 012	01:00	133	32	0,0
~ 009	13:00	146	80	0,0
~ 006	20:00	166	80	0,0
~ 003	38:00	204	80	0,0

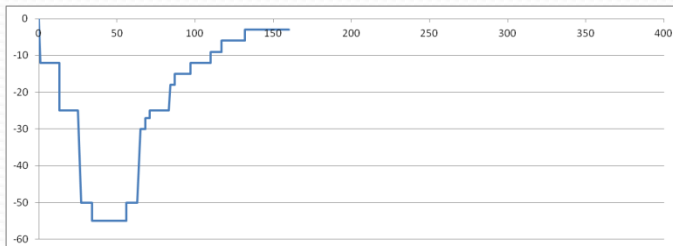
Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min
 Trimix 20/40 : 6958.6L
 Nitrox 80 : 1591.5L
 Nitrox 32 : 3782.2L
 Toxicité oxygène - OTUs : 220 SNC : 84%

ATTENTION : Ce logiciel est expérimental et ne doit pas servir pour une plongée réelle.
 Il contient probablement des erreurs pouvant entraîner des accidents de décompression.

Ressel – Objectif à 600m

- Volumes ok mais limite pas de sécu

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications



MV-Plan 1.5.2

Calculer Table Effacer Imprimer Préférences Charger Sauvegarder A propos de... Quitter

Intervalle Surface (min): 0

Profil de Plongée

Prof	Durée	Gaz	SP	Valide
12	12	Nitrox 32	0	☒
25	12	Nitrox 32	0	☒
50	7	Trimix 20/40	0	☒
55	10	Trimix 20/40	0	☒
55	2	Trimix 20/40	0	☒
55	10	Trimix 20/40	0	☒
50	7	Trimix 20/40	0	☒
25	12	Nitrox 32	0	☒
12	12	Nitrox 32	0	☒

Liste des Gaz

Nom	POM	Autorisé
Air	66	☐
Trimix 10/50	150	☐
Trimix 20/40	70	☐
Nitrox 80	10	☒
Oxygène	6	☐
Nitrox 50	22	☐
Nitrox 32	40	☒

☒ CO/Bailout

Déroulement de la Plongée

MV-Plan 1.5.2
Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

m	Durée	Total	Gaz	SP
v 012	00:36	001	32	0,0
- 012	12:00	013	32	0,0
v 025	00:39	013	32	0,0
- 025	12:00	025	32	0,0
v 050	01:15	027	32	0,0
- 050	07:00	034	20/40	0,0
v 055	00:15	034	20/40	0,0
- 055	10:00	044	20/40	0,0
- 055	02:00	046	20/40	0,0
- 055	10:00	056	20/40	0,0
^ 050	00:30	056	20/40	0,0
- 050	07:00	063	20/40	0,0
^ 030	02:00	065	20/40	0,0
~ 030	02:45	068	20/40	0,0
~ 027	03:00	071	20/40	0,0
- 025	12:00	083	32	0,0
^ 018	00:42	084	32	0,0
~ 018	03:18	087	32	0,0
~ 015	10:00	097	32	0,0
- 012	12:00	109	32	0,0
~ 012	01:00	110	32	0,0
~ 009	07:00	117	80	0,0
~ 006	15:00	132	80	0,0
~ 003	28:00	160	80	0,0

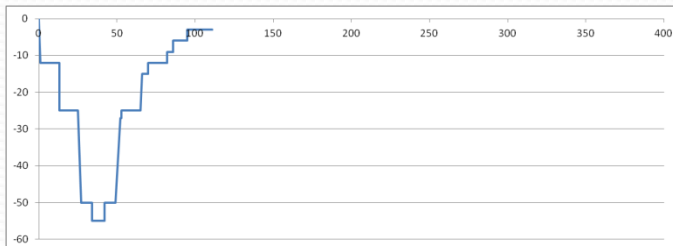
Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min
Trimix 20/40 : 5165.3L
Nitrox 80 : 1105.5L
Nitrox 32 : 3501.7L
Toxicité oxygène - OTUs : 167 SNC : 63%

ATTENTION : Ce logiciel est expérimental et ne doit pas servir pour une plongée réelle. Il contient probablement des erreurs pouvant entraîner des accidents de décompression.

Ressel – Objectif à 500m

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

- Volumes ok
- La déco suit le profil (pas de saturation supplémentaire)



MV-Plan 1.5.2

Calculer Table Effacer Imprimer Préférences Charger Sauvegarder A propos de... Quitter

Intervalle Surface (min): 0

Profil de Plongée

Prof	Durée	Gaz	SP	Valide
12	12	Nitrox 32	0	☒
25	12	Nitrox 32	0	☒
50	7	Trimix 20/40	0	☒
55	3	Trimix 20/40	0	☒
55	2	Trimix 20/40	0	☒
55	3	Trimix 20/40	0	☒
50	7	Trimix 20/40	0	☒
25	12	Nitrox 32	0	☒
12	12	Nitrox 32	0	☒

Liste des Gaz

Nom	POM	Autorisé
Air	66	☐
Trimix 10/50	150	☐
Trimix 20/40	70	☐
Nitrox 80	10	☒
Oxygène	6	☐
Nitrox 50	22	☐
Nitrox 32	40	☒

Déroulement de la Plongée

MV-Plan 1.5.2
Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

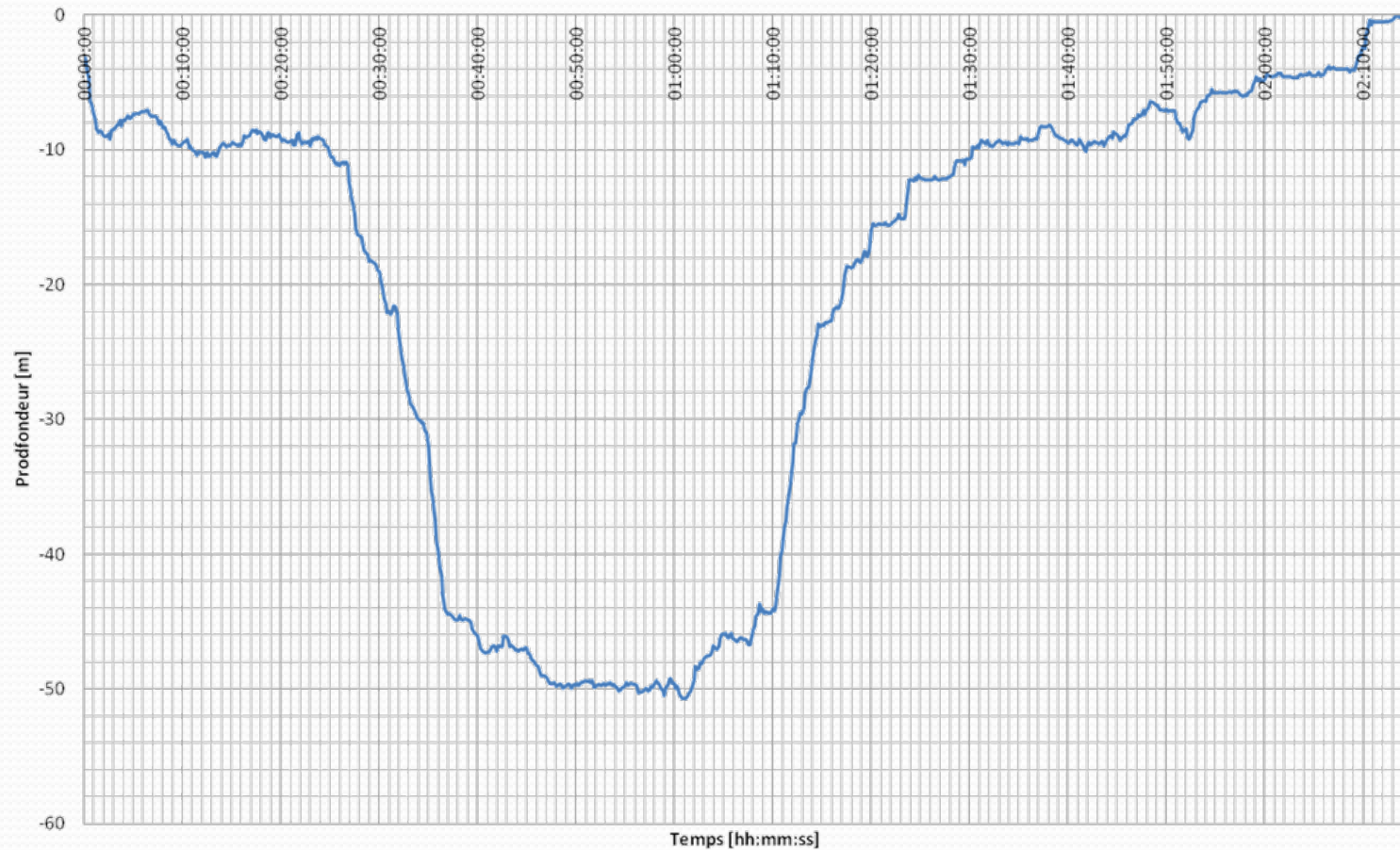
m	Durée	Total	Gaz	SP
v 012	00:36	001	32	0,0
- 012	12:00	013	32	0,0
v 025	00:39	013	32	0,0
- 025	12:00	025	32	0,0
v 050	01:15	027	32	0,0
- 050	07:00	034	20/40	0,0
v 055	00:15	034	20/40	0,0
- 055	03:00	037	20/40	0,0
- 055	02:00	039	40	0,0
- 055	03:00	042	20/40	0,0
^ 050	00:30	042	20/40	0,0
- 050	07:00	049	20/40	0,0
^ 027	02:17	052	20/40	0,0
~ 027	01:27	053	20/40	0,0
- 025	12:00	065	32	0,0
^ 015	01:00	066	32	0,0
~ 015	04:00	070	32	0,0
- 012	12:00	082	32	0,0
^ 009	00:18	082	32	0,0
~ 009	03:42	086	80	0,0
~ 006	09:00	095	80	0,0
~ 003	16:00	111	80	0,0

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min
Trimix 20/40 : 3117.3L
Nitrox 80 : 633.5L
Nitrox 32 : 3133.3L
Toxicité oxygène - OTUs : 112 SNC : 42%

ATTENTION : Ce logiciel est expérimental et ne doit pas servir pour une plongée réelle. Il contient probablement des erreurs pouvant entraîner des accidents de décompression.

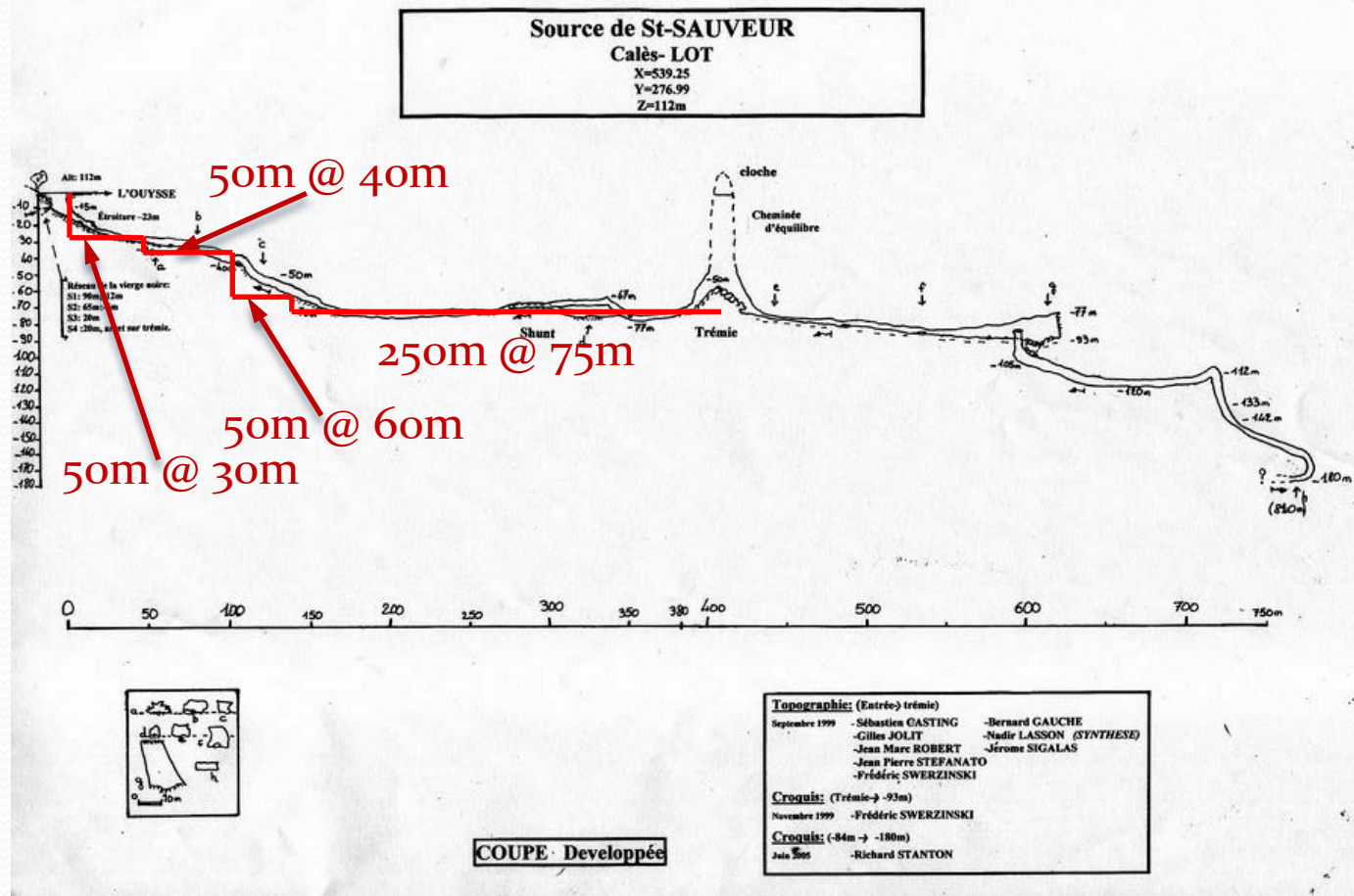
Run-time

Ressel en recycleur ?



St Sauveur (coupe)

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications



St Sauveur – 400m

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

Mélange	Nom	FO2	FHe	N2	ppO2 max	MOD	EADD @ MOD	Volume	Cylinder	Press.
A	Relais 1	32%	0%	68%	1.4	34	34	1440	15	96
B	Relais 2	13%	35%	52%	1.4	98	65	1771	40	44
C	Gaz fond	10%	50%	40%	1.4	130	70	8360	10	836
D	Déco 1	50%	0%	50%	1.6	22	23	1592	10	159
E	Déco 2	100%	0%	0%	1.6	6	8	0		
F		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		
G		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		
H		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		
I		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		
J		21%	0%	79%	1.6	66	66	0		

p0	1
ppO2 max	1.6
ppN2 max	3.5
Sécurité volumes	0%

Segment	Prof	Temps	Temps +	Distance	Run-time		Vitesse	Conso.	Pabs	Mélange		Volume	ppO2	ppN2
[-]	[m]	[min]	[min]	[m]	[min]	[m]	[m/min]	[l/min]	[bar]	[-]		[l]	[bar]	[bar]
Aller	1	30	4		50	4	50	15	20	4.0	A 32/0	320	1.28	2.72
	2	40	4		50	8	100	15	20	5.0	A 32/0	400	1.60	3.40
	3	60	4		50	12	150	15	20	7.0	B 13/35	560	0.91	3.64
	4	75	17		250	29	400	15	20	8.5	C 10/50	2890	0.85	3.40
	5		0			29	400	15	20	1.0		0		
Stop	75	2	2	0	31	400	15	80	8.5	C 10/50		1360	0.85	3.40
Retour	1	0	0	0	31	400	15	20	1.0			0		
	2	75	17		250	48	650	15	20	8.5	C 10/50	2890	0.85	3.40
	3	60	4		50	52	700	15	20	7.0	B 13/35	560	0.91	3.64
	4	40	4		50	56	750	15	20	5.0	A 32/0	400	1.60	3.40
	5	30	4		50	60	800	15	20	4.0	A 32/0	320	1.28	2.72

St Sauveur – 400m

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

Prof.	Pabs	ppO ₂ max	ppN ₂ max	FO ₂	FHe	FN ₂	Choix
30	3.96	1.3	3.5	33%	0%	67%	EAN 32
60	6.90	1.0	3.5	14%	35%	51%	13/35
75	8.37	1.0	3.0	12%	52%	36%	10/50
18	2.78	1.4	3.0	50%	0%	50%	EAN 50
3	1.31	1.4	3.0	100%	0%	0%	Oxy.

Très grosse déco

St Sauveur – 400m

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

MV-Plan 1.5.2

Calculer Table Effacer Imprimer Préférences Charger Sauvegarder A propos de... Quitter

Intervalle Surface (min): 0

Profil de Plongée

Prof	Durée	Gaz	SP	Valide
30	4	Nitrox 32	0	☒
40	4	Trimix 13/35	0	☒
60	4	Trimix 13/35	0	☒
75	17	Trimix 10/50	0	☒
75	2	Trimix 10/50	0	☒
75	17	Trimix 10/50	0	☒
60	4	Trimix 13/35	0	☒
40	4	Trimix 13/35	0	☒
30	4	Nitrox 32	0	☒

Liste des Gaz

Nom	POM	Autorisé
Air	66	☐
Trimix 10/50	150	☐
Trimix 20/40	70	☐
Nitrox 80	7	☐
Oxygène	6	☐
Nitrox 50	18	☒
Nitrox 32	34	☒
Trimix 13/35	98	☐
Oxygène	4	☒

CO/Bailout

Déroulement de la Plongée

MV-Plan 1.5.2
Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

m	Durée	Total	Gaz	SP
v 030	01:30	002	32	0,0
- 030	04:00	006	32	0,0
v 040	00:30	006	32	0,0
- 040	04:00	010	13/35	0,0
v 060	01:00	011	13/35	0,0
- 060	04:00	015	13/35	0,0
v 075	00:45	016	13/35	0,0
- 075	17:00	033	10/50	0,0
- 075	02:00	035	10/50	0,0
- 075	17:00	052	10/50	0,0
^ 060	01:30	053	10/50	0,0
- 060	04:00	057	13/35	0,0
^ 048	01:11	058	13/35	0,0
~ 048	01:33	060	13/35	0,0
~ 045	03:00	063	13/35	0,0
~ 042	03:00	066	13/35	0,0
^ 040	04:00	070	13/35	0,0
~ 039	00:06	070	13/35	0,0
~ 039	01:54	072	13/35	0,0
~ 036	07:00	079	13/35	0,0
~ 033	09:00	088	13/35	0,0
- 030	04:00	092	32	0,0
~ 030	01:00	093	32	0,0
~ 027	04:00	097	32	0,0
~ 024	05:00	102	32	0,0
~ 021	09:00	111	32	0,0
~ 018	09:00	120	50	0,0
~ 015	13:00	133	50	0,0
~ 012	19:00	152	50	0,0
~ 009	28:00	180	50	0,0
~ 006	49:00	229	50	0,0
~ 003	65:00	294	100	0,0

Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min

Trimix 10/50 : 6352.5L

Nitrox 50 : 3466.5L

Nitrox 32 : 1715.5L

Trimix 13/35 : 4139.3L

Oxygène : 1267.5L

Toxicité oxygène - OTUs : 275 SNC : 109%

- CNS limite
- Volume très importants

St Sauveur – 400m

1. Profil de plongée
2. Temps de parcours
3. Choix des mélanges
4. Calcul de la déco
5. Vérifications

MV-Plan 1.5.2

Calculer Table Effacer Imprimer Préférences Charger Sauvegarder A propos de... Quitter

Intervalle Surface (min): 0

Profil de Plongée

Prof	Durée	Gaz	SP	Valide
30	4	Nitrox 32	0	☒
40	4	Trimix 20/40	0	☒
60	4	Trimix 20/40	0	☒
75	17	Trimix 15/50	0	☒
75	2	Trimix 15/50	0	☒
75	17	Trimix 15/50	0	☒
60	4	Trimix 20/40	0	☒
40	4	Trimix 20/40	0	☒
30	4	Nitrox 32	0	☒

Liste des Gaz

Nom	POM	Autorisé
Air	66	☐
Trimix 10/50	150	☐
Trimix 20/40	70	☐
Nitrox 80	10	☒
Oxygène	6	☐
Nitrox 50	22	☒
Nitrox 32	40	☒
Trimix 15/50	97	☐

CO/Bailout

Déroulement de la Plongée

MV-Plan 1.5.2
Configuration : GF=30-80 multi-niveaux ZHL16C

m	Durée	Total	Gaz	SP
v 030	01:30	002	32	0,0
- 030	04:00	006	32	0,0
v 040	00:30	006	32	0,0
- 040	04:00	010	20/40	0,0
v 060	01:00	011	20/40	0,0
- 060	04:00	015	20/40	0,0
v 075	00:45	016	20/40	0,0
- 075	17:00	033	15/50	0,0
- 075	02:00	035	15/50	0,0
- 075	17:00	052	15/50	0,0
^ 060	01:30	053	15/50	0,0
- 060	04:00	057	20/40	0,0
^ 045	01:30	059	20/40	0,0
~ 045	01:15	060	20/40	0,0
~ 042	02:00	062	20/40	0,0
- 040	04:00	066	20/40	0,0
^ 039	00:06	066	20/40	0,0
~ 039	00:54	067	20/40	0,0
~ 036	05:00	072	20/40	0,0
~ 033	07:00	079	20/40	0,0
- 030	04:00	083	32	0,0
^ 027	00:18	083	32	0,0
~ 027	03:42	087	32	0,0
~ 024	05:00	092	32	0,0
~ 021	06:00	098	50	0,0
~ 018	08:00	106	50	0,0
~ 015	11:00	117	50	0,0
~ 012	15:00	132	50	0,0
~ 009	19:00	151	80	0,0
~ 006	31:00	182	80	0,0
~ 003	58:00	240	80	0,0

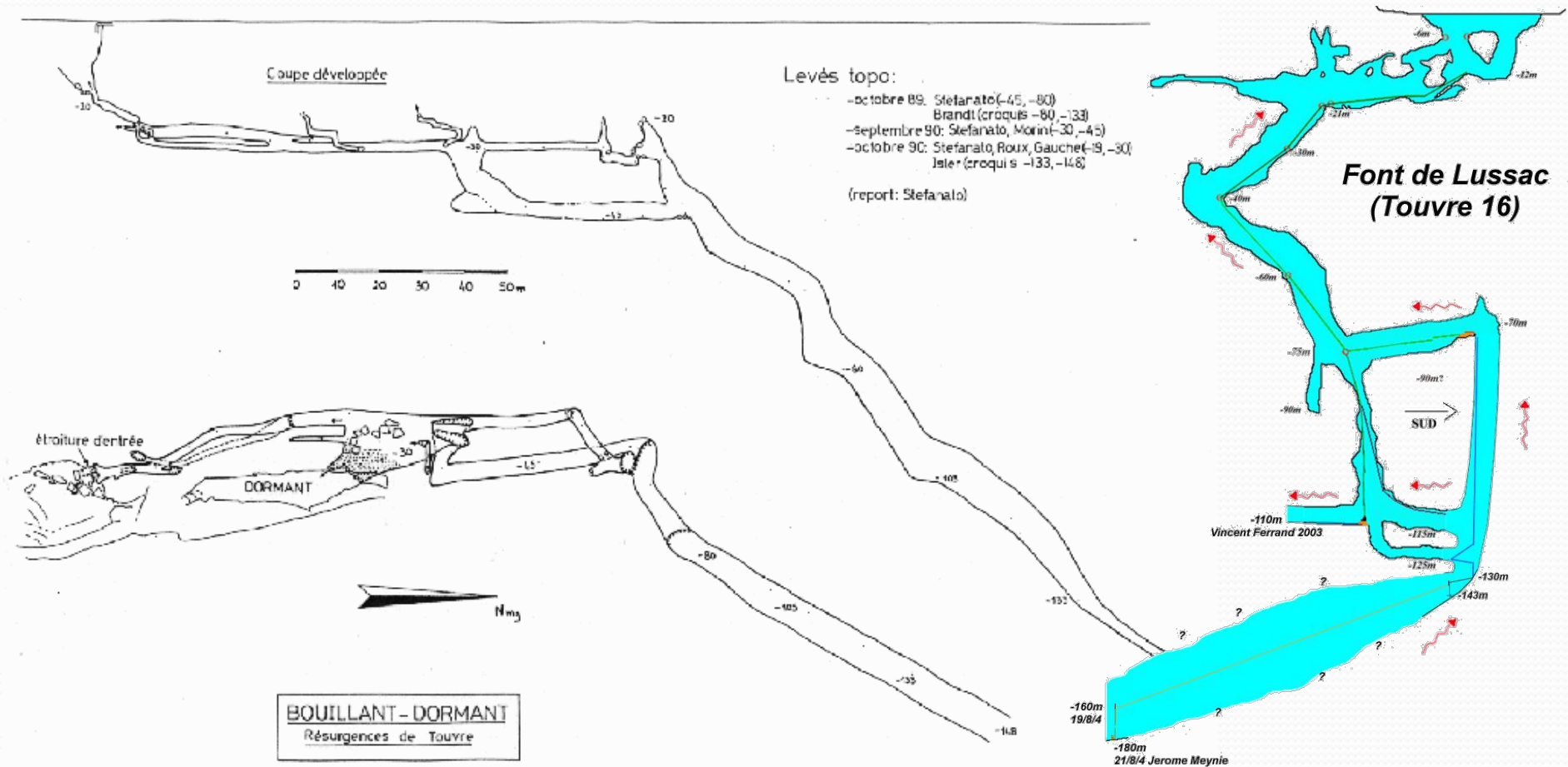
Consommation de gaz basée sur VRM Plongée =20.0, VRM Déco =15.0L/min
Trimix 20/40 : 3475.4L
Nitrox 80 : 2416.5L
Nitrox 50 : 1522.5L
Nitrox 32 : 1243.5L
Trimix 15/50 : 6352.5L
Toxicité oxygène - OTUs : 303 SNC : 129%

• Avec un autre choix de gaz

• 36' de déco en moins

• 20% de CNS en plus

La Touvre – Quel choix?



Les accidents

Hyperoxie

Contre-diffusion isobare

Hypoxie

SNHP

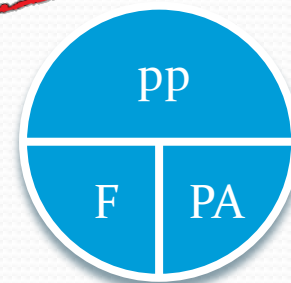
Hypercapnie

Syndrome Myo-Articulaire

Froid

Hyperoxie

RAPPEL



- Effet Paul Bert (CNS):
 - toxicité du **système nerveux central**
 - Limite à 100% de CNS
 - Baisse de 50% par tranche de 90 minutes

	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Tps max / plongée	720	570	450	360	300	240	210	180	150	120	45
Kp/plongée	0.139	0.176	0.223	0.278	0.334	0.417	0.477	0.556	0.667	0.834	2.223
Tps max / jour	720	570	450	360	300	270	240	210	180	180	150
Kp/jour	0.139	0.176	0.223	0.278	0.334	0.371	0.417	0.477	0.556	0.556	0.667

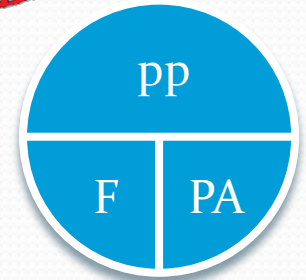
Limite réglementaire de ppO₂ à 1.6bar

Paul Bert

- Symptômes internes:
 - Troubles visuels
 - Troubles auditifs
 - Troubles de l'équilibre
- Symptômes externes:
 - Troubles moteurs:
 - Phase clonique
(contraction généralisée, 10'')
 - Phase tonique
(convulsions, 2 à 3')
 - Phase de dépression
(retour à la normale, 10')

Hyperoxie

RAPPEL



- Effet Lorrain Smith (OTU):
 - toxicité **pulmonaire**

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
Kp	0.00	0.27	0.47	0.66	0.84	1.00	1.17	1.33	1.48	1.63	1.78	1.93	2.07	2.22	2.36

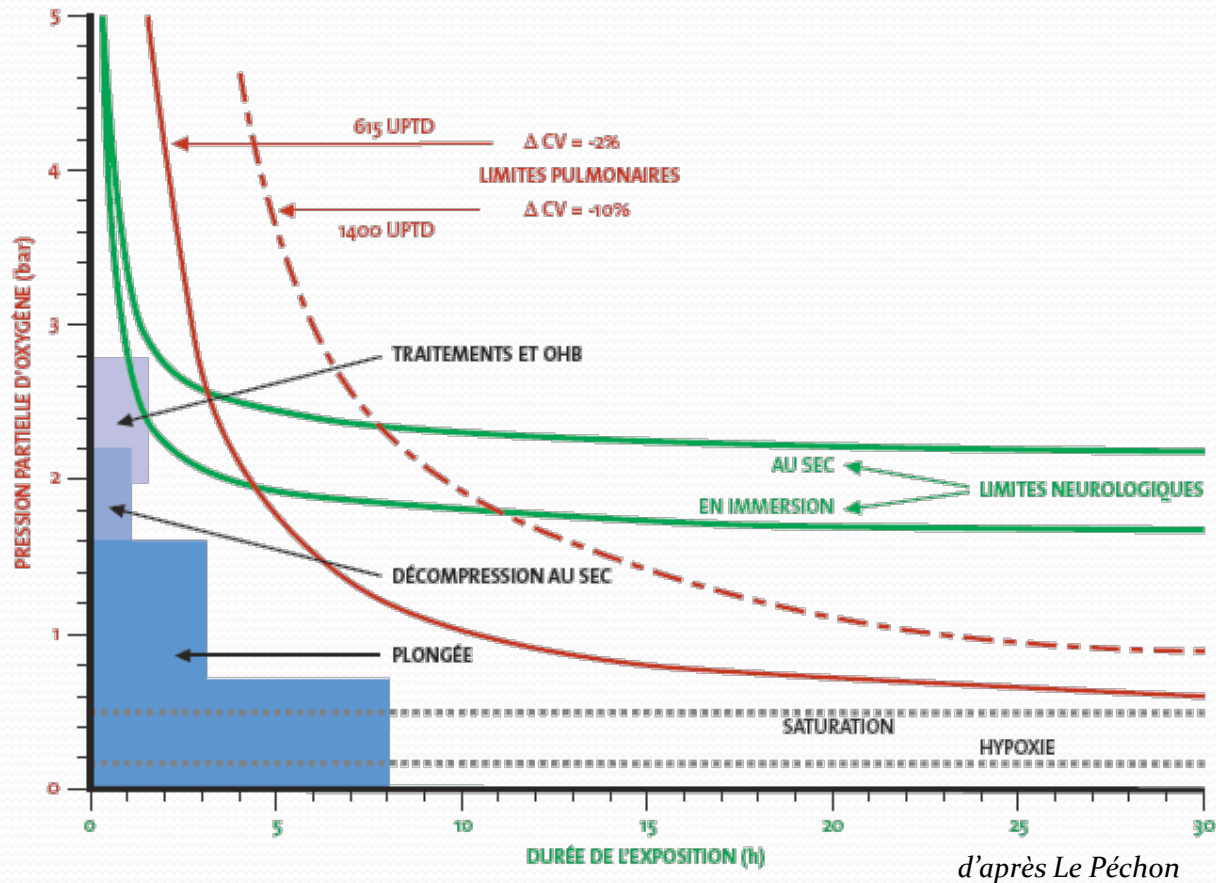
# jours	max /jour	max total
1	850	850
2	700	1400
3	620	1860
4	525	2100
5	460	2300
6	420	2520
7	380	2660
8	350	2800

# jours	max /jour	max total
9	330	2970
10	310	3100
11	300	3300
12	300	3600
13	300	3900
14	300	4200
15-20	300	-

$$KP = \left(\frac{pp_{O_2} - 0.5}{0.5} \right)^{\frac{5}{6}}$$

Lorrain Smith

RAPPEL



RAPPEL

Lorrain Smith

- Symptômes internes :
 - Difficultés respiratoires
 - Irritation des voiles aériennes
 - Œdème pulmonaire
- Symptômes externes :
 - Toux

RAPPEL

Conduite à tenir

- S'assurer du maintien de l'embout en bouche
- S'assurer de la tenue à niveau du plongeur
- Retour « surface »
- Pas de mise sous O₂ tant que la personne convulse
- Déclenchement des secours (noter les OTU)

Prévention

RAPPEL

- Paul Berth (CNS) :
 - Etre attentif
 - **Respecter la profondeur max (MOD)**
 - Augmenter les limites en cas de froid
- Lorrain Smith (OTU) :
 - Limiter les plongée à 2h maximum
 - Eviter les décompressions longues à ppO_2 élevée (ppO_2 max = 1.4 recommandé)

Connaître sa ppO_2



Hypoxie

RAPPEL

- Cause :
 - $ppO_2 < 0.16\text{bar}$ → début d'hypoxie
 - $ppO_2 < 0.10\text{bar}$ → danger de mort
- Symptômes :
 - Troubles cérébraux, endormissement
 - Troubles respiratoires
 - Perte de conscience



Attention au mélange respiré en surface !

RAPPEL

Hypoxie

- Conduite à tenir :
 - Remonter la ppO₂ (gaz connu)
 - Déclenchement des secours (mise sous O₂ primordiale)
- Prévention :
 - Planifier sa plongée
 - Valider ses mélanges avant la plongée
 - Partir avec un relais si mélange avec FO₂ < 16%
 - Marquer ses mélanges



Hypercapnie

- Cause :
 - Production importante de CO₂ (effort)
- Symptômes:
 - Troubles de concentration, fatigue
 - Essoufflement, céphalées
 - Nausées, vomissements
 - Perte de conscience
- Conduite à tenir:
 - Cesser l'effort
 - O₂ en surface (attention à l'ADD)
- Prévention :
 - Effort maîtrisé
 - Préparation minutieuse du matériel

L'hélium limite l'effort ventilatoire

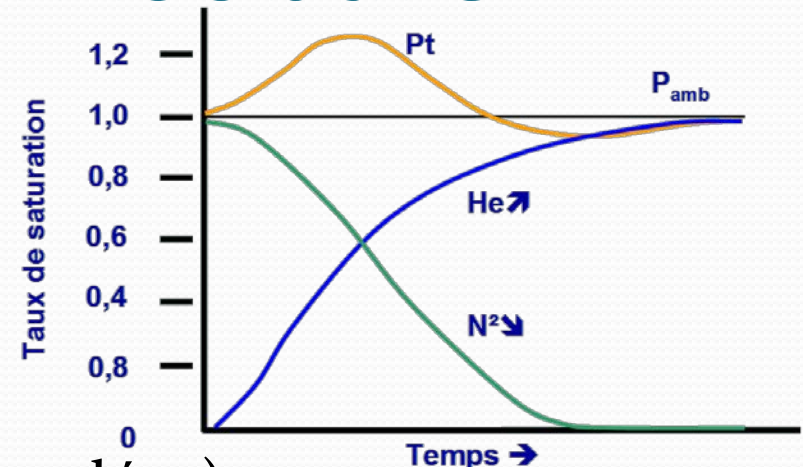
Le froid

- Conductivité thermique de l'Hélium 6× plus élevée que l'air
- Attention à ne pas mettre d'Hélium dans la combi étanche
- Attention aux décompression longues



La contre-diffusion isobare

- Les 2 mots sont importants
- Cas 1 :
 - He diffuse plus vite que N₂
 -  passage entre mélanges $\neq$
(relais vers gaz fond ou fond vers déco)
- Cas 2 (plongée longue) :
 - Gaz dans l'étanche ou oreille moyenne
 - Respiration d'un gaz lourd



La contre-diffusion isobare

- Préconisations:
 - Passer d'un gaz léger vers un gaz lourd
 - Gaz lourd dans l'étanche
 - V-Planner : $\Delta p_{N_2} < 0.5 \text{ bar}$
 - Autre limite en plongée tek : 0.8bar
- Oui mais l'hélium rallonge la déco !
- Pas de CDI avec l'O₂ ! ➔ Passer sur O₂ au plus vite.

SNHP et SMA

- Syndrome Nerveux des Hautes Pressions :
 - Symptômes: tremblements, confusions, vomissements
 - Au-delà de 150m à l'Heliox (l'azote annule le SNHP)
 - Si vitesse de descente importante
- Syndrome Myo-Articulaire :
 - Dès 80m si descente $> 30\text{m/min}$
 - Gradient de tension de gaz dissous entre liquide synovial et cartilage des os.

Conclusion

Points importants

Règlementation

Points importants



- Planifier ses plongées
- Se familiariser avec les logiciels
- Nombreuses bouteilles = erreurs possibles
- Matériel prépondérant → pas de stress → préparation
- **Vérifier ses mélanges**

Règlementation

	Trimix Élémentaire	Trimix
Profondeur maximale	70m	120m
Aptitude	PTH-70	PTH-120
Directeur de plongée	CMAS **	CMAS ***
Effectif (plongée encadrée)	4 + (E4 + PTH-70)	80m : 4 + (E4 + PTH-120) 80-120m : impossible
Effectif (plongée autonome)	3	3
FO ₂ min (FFESSM)	18%	-
FHe min (FFESSM)	10%	-

- Ne s'applique que dans le cas de plongée en structure
- La plongée souterraine n'est pas concernée