



Cinétique de la déco 3* 2010

Modèles de déco
Haldane - Workman
Exercices



Déco part.2 : Cinétique

- Modèle de déco : Pourquoi, comment ?
- Charge / décharge
- Modèle Haldanien
- Workman - M-values
- Exercices
- A suivre ...



Modèle : Pq, comment ?

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- Echanges gazeux : durant toute la plongée
- Complexité physique, chimique, physiologique
- => simplification => modèle
- Modèle + protocole => moyen de déco
- Genèse d'un moyen de déco



Echange gazeux

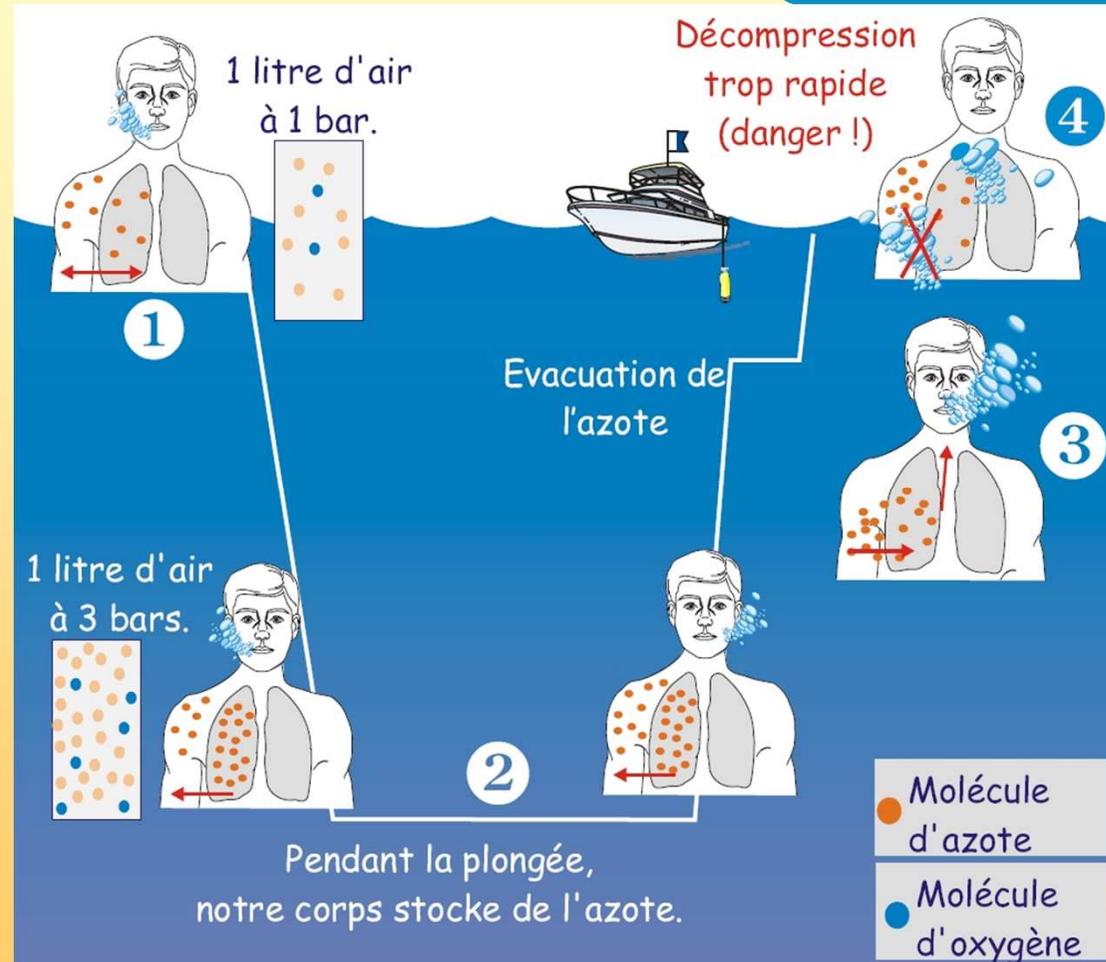
- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

Oxygène : métabolisé

Azote :

A la descente :
dissolution dans les
différents tissus

Au retour vers la
surface :
restitution des gaz
dissous





Complexité

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

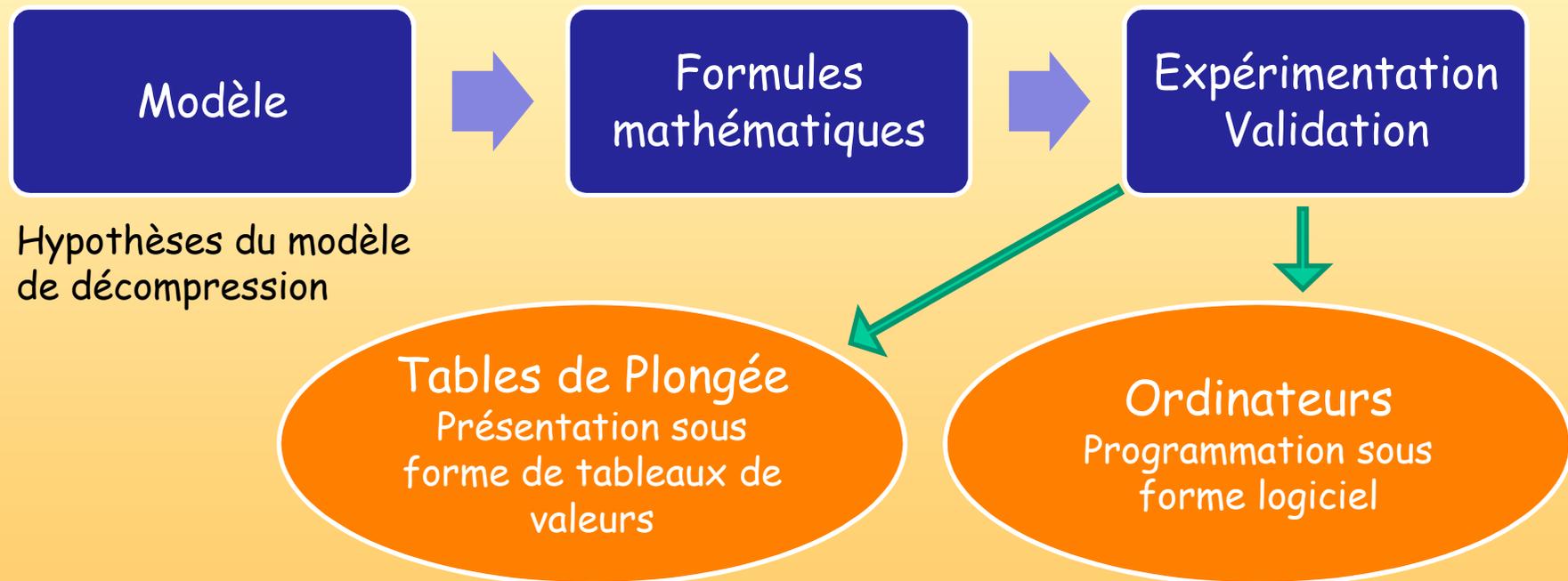
- Complexité
 - Physique
 - Chimique
 - Physiologique
- Hypothèses simplificatrices
- Modèle



Genèse moyen de déco

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

Genèse d'un moyen de décompression :





Charge / décharge

- Modèles
- Charge / décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- Charge : accumulation de N₂ dans les différents compartiments
- Décharge : restitution
- Rappel :
 - Compartiment = ensemble de tissus divers qui ont un même comportement par rapport à la saturation
 - Période : temps mis par un compartiment pour arriver à mi-saturation



Haldane

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

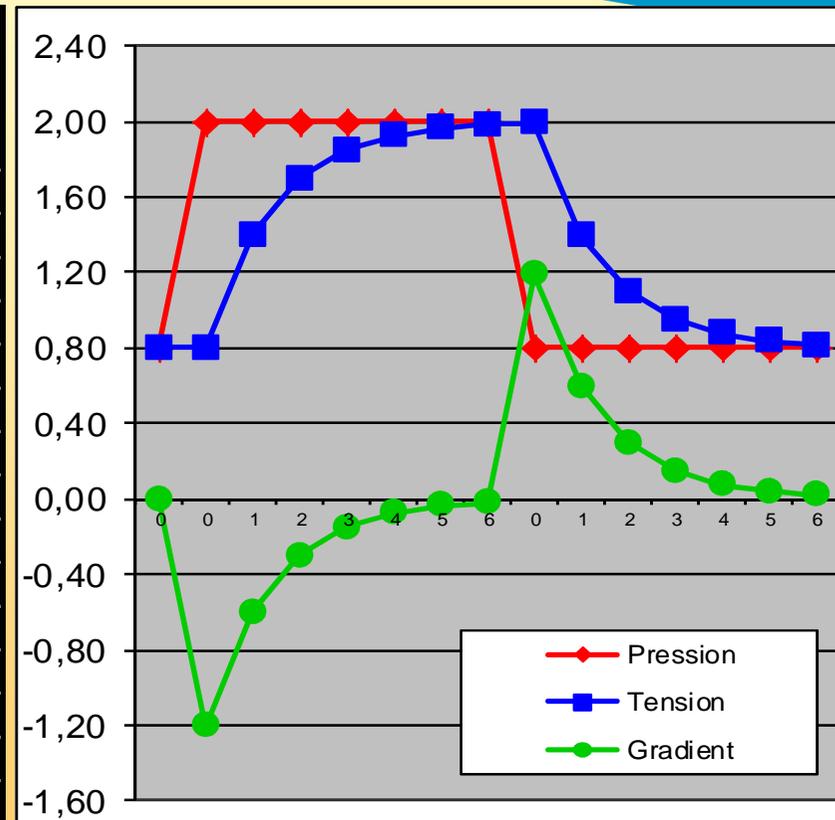
- 5 compartiments : 5, 10, 20, 40 et 75 '
- Symétrie charge / décharge
- Profil géométrique : à chaque période le compartiment charge ou décharge de la moitié du gradient
- Gradient = tension - pression
- Coefficients sursaturation = Tension / P Abs
- Coefficients sursaturation critique (S_c) : 2



Exemple 1

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

Prof	Temps Période	Pression d'Azote	Tension d'Azote	Gradient	Coef. Sursat.
0	0	0,80	0,80	0,00	0,80
-15	0	2,00	0,80	-1,20	-1,60
-15	1	2,00	1,40	-0,60	-2,80
-15	2	2,00	1,70	-0,30	-3,40
-15	3	2,00	1,85	-0,15	-3,70
-15	4	2,00	1,93	-0,08	-3,85
-15	5	2,00	1,96	-0,04	-3,93
-15	6	2,00	1,98	-0,02	-3,96
0	0	0,80	1,99	1,19	1,99
0	1	0,80	1,40	0,60	1,40
0	2	0,80	1,10	0,30	1,10
0	3	0,80	0,95	0,15	0,95
0	4	0,80	0,87	0,07	0,87
0	5	0,80	0,84	0,04	0,84
0	6	0,80	0,82	0,02	0,82

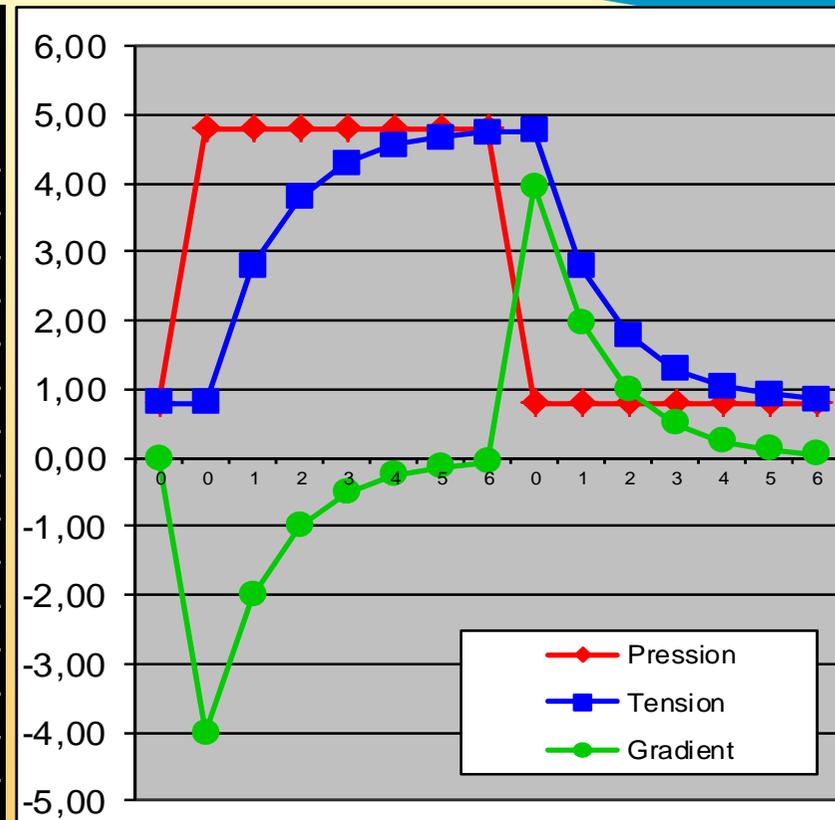




Exemple 2

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

Prof	Temps Période	Pression d'Azote	Tension d'Azote	Gradient	Coef. Sursat.
0	0	0,80	0,80	0,00	0,80
-50	0	4,80	0,80	-4,00	0,13
-50	1	4,80	2,80	-2,00	0,47
-50	2	4,80	3,80	-1,00	0,63
-50	3	4,80	4,30	-0,50	0,72
-50	4	4,80	4,55	-0,25	0,76
-50	5	4,80	4,68	-0,13	0,78
-50	6	4,80	4,74	-0,06	0,79
0	0	0,80	4,77	3,97	4,77
0	1	0,80	2,78	1,98	2,78
0	2	0,80	1,79	0,99	1,79
0	3	0,80	1,30	0,50	1,30
0	4	0,80	1,05	0,25	1,05
0	5	0,80	0,92	0,12	0,92
0	6	0,80	0,86	0,06	0,86

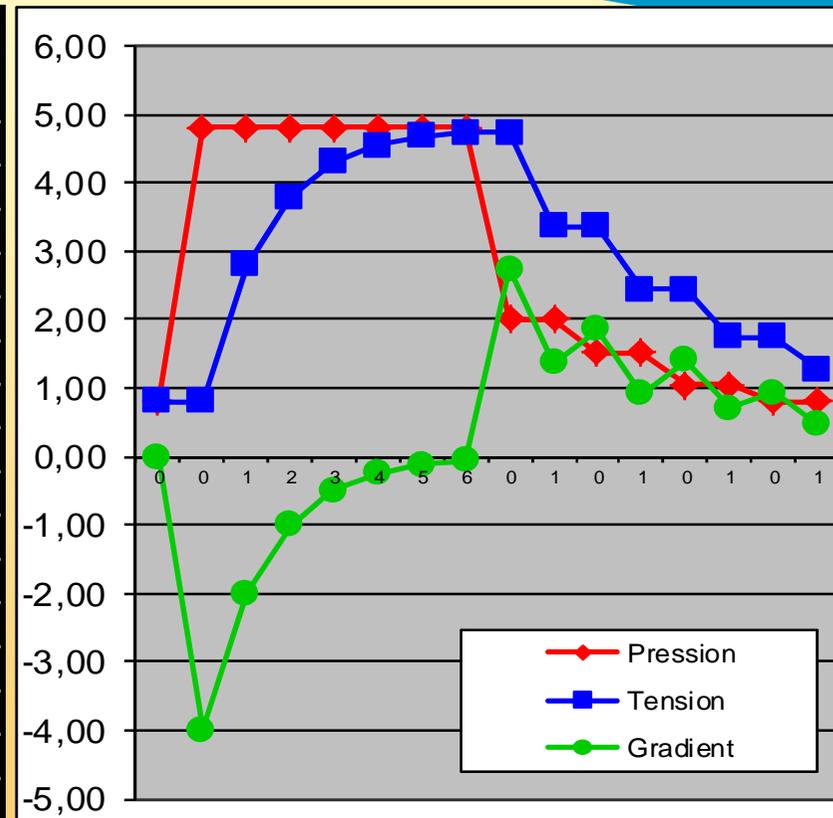




Exemple 3

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

Prof	Temps Période	Pression d'Azote	Tension d'Azote	Gradient	Coef. Sursat.
0	0	0,80	0,80	0,00	0,80
-50	0	4,80	0,80	-4,00	0,13
-50	1	4,80	2,80	-2,00	0,47
-50	2	4,80	3,80	-1,00	0,63
-50	3	4,80	4,30	-0,50	0,72
-50	4	4,80	4,55	-0,25	0,76
-50	5	4,80	4,68	-0,13	0,78
-50	6	4,80	4,74	-0,06	0,79
-15	0	2,00	4,74	2,74	1,90
-15	1	2,00	3,37	1,37	1,35
-9	0	1,52	3,37	1,85	1,77
-9	1	1,52	2,44	0,92	1,29
-3	0	1,04	2,44	1,40	1,88
-3	1	1,04	1,74	0,70	1,34
0	0	0,80	1,74	0,94	1,74
0	1	0,80	1,27	0,47	1,27





Périodes - Saturation

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- 1e période: 50 % ou $\frac{1}{2}$ saturation
- 2e période: 75 % ou $\frac{3}{4}$ saturation
- 3e période: 87.5 % ou $\frac{7}{8}$ saturation
- 4e période: 93.7 % ou $\frac{15}{16}$ saturation
- 5e période: 96.9 % ou $\frac{31}{32}$ saturation
- 6e période: 100 % ou $\frac{32}{32}$ ou saturation (98.438 % assimilé à 100%).



Néo-Haldanien

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- Compartiments évoluent, par ex.: 5, 10, 20, 40, 80, 120 (+3 : 160, 200 et 240') pour Lifras94
- Coefficients S_c différents suivant les compartiments
- On va tenir compte de la profondeur



Sc et M-values

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- Sc : coef. de sursaturation critique
- M-value : tension limite Max
- Workman et Bühlmann vont définir des M-values par compartiment et par prof.
- Workman : basé sur P. hydrostatique
- Bühlmann : basé sur P. ambiante (plongée en altitude)



M-values

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

Table 2 : Comparaison des M-values de l'azote pour les différents algorithmes de décompression Haldaniens
 Système d'unité de pression européen – mètre of sea water (msw)

Workman M-values (1965)				Bullmann ZH-L12 M-values (1983)				DSAT RDP M-values (1987)			DCAP MF11F6 M-value (1986)				Bullmann ZH-L16 M-values (1990)					
Cpt N°	Per. min	M ₀ msw	ΔM pente	Cpt N°	Per. min	M ₀ msw	ΔM pente	Cpt N°	Per. min	M ₀ mw	Cpt N°	Per. min	M ₀ msw	ΔM pente	Cpt N°	Per. min	A M ₀ msw	B M ₀ msw	C M ₀ msw	ΔM pente
				1	2,65	34,2	1,2195								1	4,0	32,4	32,4	32,4	1,9082
1	5	31,7	1,8					1	5	30,42	1	5	31,90	1,30	1b	5,0	29,6	29,6	29,6	1,7928
2	10	26,8	1,6	2	7,94	27,2	1,2195	2	10	25,37	2	10	14,65	1,05	2	8,0	25,4	25,4	25,4	1,5352
				3	12,2	22,9	1,2121								3	12,5	22,5	22,5	22,5	1,3847
3	20	21,9	1,5	4	18,5	21,0	1,1976	3	20	20,54					4	18,5	20,3	20,3	20,3	1,2780
				5	26,5	19,3	1,1834	4	30	18,34	3	25	19,04	1,08	5	27,0	19,0	19,0	18,5	1,2306
4	40	17,0	1,4	6	37	17,4	1,1628	5	40	17,11					6	38,3	17,8	17,5	16,9	1,1857
				7	53	16,2	1,1494	6	60	15,79	4	55	14,78	1,06	7	54,3	16,8	16,5	15,9	1,1504
5	80	16,4	1,3	8	79	15,8	1,1236	7	80	15,11					8	77,0	15,9	15,7	15,2	1,1223
								8	100	14,69	5	95	13,92	1,04	9	109	15,2	15,2	14,7	1,0999
6	120	15,8	1,2	9	114	15,8	1,1236	9	120	14,41										
7	160	15,5	1,15	10	146	15,3	1,0707	10	160	14,06	6	145	13,66	1,02	10	146	14,6	14,6	14,3	1,0844
8	200	15,5	1,1	11	185	15,3	1,0707	11	200	13,84	7	200	13,53	1,01	11	187	14,2	14,2	14,0	1,0731
9	240	15,2	1,1	12	238	14,4	1,0593	12	240	13,69					12	239	13,9	13,9	13,7	1,0635
				13	304	12,9	1,0395								13	305	13,5	13,4	13,4	1,0552
				14	397	12,9	1,0395	13	360	13,45	9	385	13,50	1,0	14	390	13,2	13,2	13,1	1,0478
				15	503	12,9	1,0395	14	480	13,33	10	520	13,40	1,0	15	498	12,9	12,9	12,9	1,0414
				16	635	12,9	1,0395								16	635	12,7	12,7	12,7	1,0359
											11	670	13,30	1,0						

Cpt : Compartiment Per. : Période M₀ : M-value en surface (niveau de la mer = 10msw = 1,0bar) ΔM : pente de la droite des M-values



Paliers

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- A la remontée :
 - la pression baisse + vite que tension
 - => on atteint les limites
 - => arrêt : palier obligatoire
 - => pdt palier : pression constante mais tension baisse



Compartiment directeur

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- Les compartiments ont des périodes #
- => tensions baissent +/- rapidement
- => un compartiment arrive à la limite critique avant les autres :
 - C'est le compartiment directeur
 - C'est celui qui dicte l'arrêt obligatoire



Exercice 1

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- En T0 : équilibre en surface
En T1 (avec T1-T0 négligeable) : -20 m
PP, tension d'azote et gradient ?
- PP azote : $0,8 * 3 \text{ bars} = 2,4 \text{ bars}$
Tension azote : 0,8 bars
Gradient : $0,8 - 2,4 = -1,6 \text{ bars}$



Exercice 2

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- En T0 : équilibre en surface
En T1 (avec T1-T0 négligeable) : -50 m
En T2 : 40' : -50 m
Tension N₂ pour compartiments 5', 20', 40' ?
- PP azote : $0,8 * 6 \text{ bars} = 4,8 \text{ bars}$
Compartiment 5' : $40/5 = 8 \Rightarrow$ saturation
Compartiment 20' : $40/20 = 2$ périodes
 $\Rightarrow (0,75*(4,8-0,8))+0,8 = 3,8 \text{ bars}$
Compartiment 40' : $40/40 = 1$ période
 $\Rightarrow (0,50*(4,8-0,8))+0,8 = 2,8 \text{ bars}$



Exercice 3

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- Suite exercice 2 avec coef. $Sc=2$
En T3 (avec T3-T2 négligeable) : -10 m
Calculez gradient et S (coefficient de sursaturation)
pour compartiments 5', 20' et 40'
Risque d'ADD ?
- PP azote : $0,8 * 2 \text{ bars} = 1,6 \text{ bars}$, P abs : 2 bars
5' : gradient : $4,8 - 1,6 = 3,2 \text{ bars}$ S : $4,8 / 2 = 2,4$
20' : gradient : $3,8 - 1,6 = 2,2 \text{ bars}$ S : $3,8 / 2 = 1,9$
40' : gradient : $2,8 - 1,6 = 1,2 \text{ bars}$ S : $1,2 / 2 = 0,6$



Exercice 4

- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

- Suite exercice 3 : quelle profondeur ne pas dépasser ?
Après 10' d'arrêt : retour à -5m (temps négligeable)
Calculez S pour compartiments 5' à -10m
Risque d'ADD ?
- S compartiment 5' : $4,8 / x = 2 \Rightarrow x = 2,4$ càd 14 m
A 14 m : pp azote = $0,8 * 2,4$ bars = 1,92 bars
Après 10' : tension pour compartiment 5' :
 $4,8 - ((4,8 - 1,92) * 0,75) = 2,64$ bars
A -5m : S compartiment 5' : $2,64 / 1,5 = 1,76$



- Rappels
- Notions & Loi de Henry
- Evolution
- A suivre...

A SUIVRE ...