


Cinétique de la déco
3* 2010

Modèles de déco
Haldane - Workman
Exercices

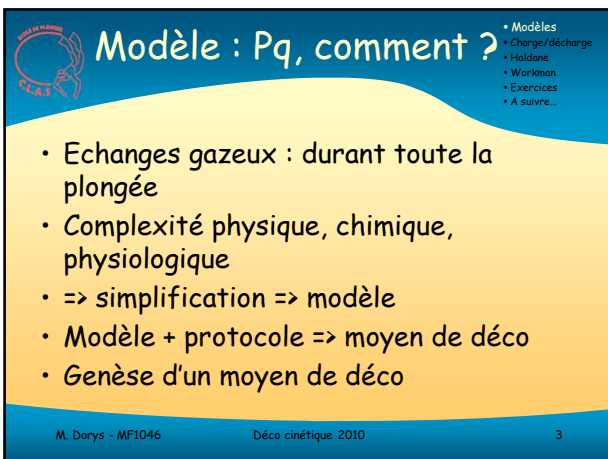
M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 1



Déco part.2 : Cinétique

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

M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 2



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

M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 3

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

1 litre d'air à 1 bar.

1 litre d'air à 3 bars.

Décompression trop rapide (danger !)

Evacuation de l'azote

Pendant la plongée, notre corps stocke de l'azote.

Molécule d'azote

Molécule d'oxygène

M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 4

Complexité

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

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

M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 5

Genèse moyen de déco

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

Genèse d'un moyen de décompression :

Modèle

Formules mathématiques


Expérimentation Validation

Hypothèses du modèle de décompression

Tables de Plongée
Présentation sous forme de tableaux de valeurs

Ordinateurs
Programmation sous forme logiciel

M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 6




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

M. Dorys - MF1046
Déco cinétique 2010
7




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 (Sc) : 2

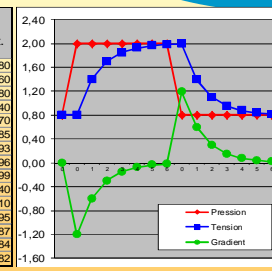
M. Dorys - MF1046
Déco cinétique 2010
8



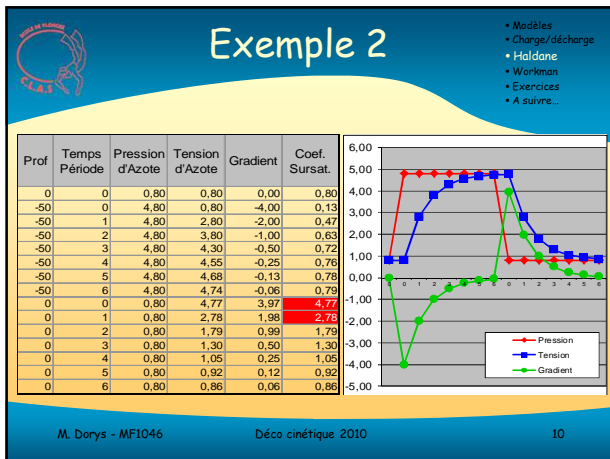
Exemple 1

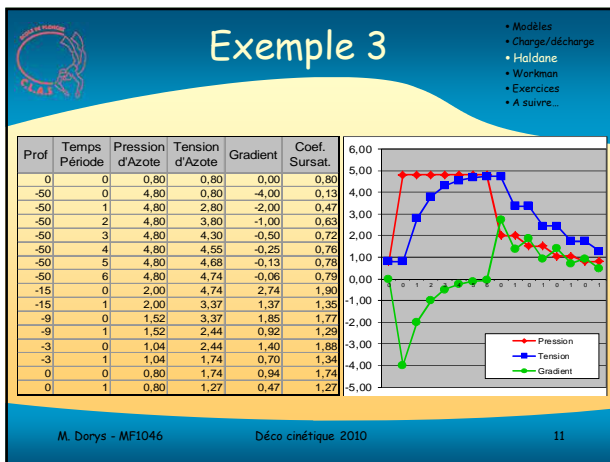
- Modèles
- Charge/décharge
- Haldane
- Workman
- Exercices
- A suivre...

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	-1,50
-15	1	2,00	1,40	-0,60	-2,50
-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	-3,98
0	0	0,80	1,99	1,19	1,59
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



M. Dorys - MF1046
Déco cinétique 2010
9





Périodes - Saturation

- Modèles
- Change/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%).

M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 12

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 Sc différents suivant les compartiments
- On va tenir compte de la profondeur

M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 13

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. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 14

M-values

Table 2 : Comparaison des M-values de Fazote pour les différents algorithmes de décompression Haldanien

Workman (1985)		Bühlmann ZH-12 (1983)			DSAT RDP (1987)			DCAP MF1195 (1989)			Bühlmann ZH-16 (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 msw	ΔM pente	Cpt N°	Per min	M ₀ msw	ΔM pente						
1	5	31.7	1.8	1	2.65	34.2	1.2195	1	5	30.42	1	5	31.90	1.30	19	5.0	22.4	32.4	1.9082		
2	10	28.8	1.6	2	7.94	27.2	1.2195	2	10	25.37	2	10	14.65	1.05	2	8.0	23.6	29.6	2.06	1.7028	
3	20	21.9	1.5	3	12.2	22.9	1.2121	3	20	20.54	3	20	18.34	3	25	12.5	22.5	22.5	22.5	1.3847	
4	40	17.0	1.4	4	18.5	21.0	1.1976	4	30	18.34	4	30	18.34	3	25	19.04	1.08	5	27.0	19.0	1.3366
5	80	16.4	1.3	5	26.5	19.3	1.1834	5	40	17.14	5	40	17.14	4	35	28.3	17.5	16.9	1.1857	1.2306	
6	120	15.8	1.2	6	37	17.4	1.1628	6	60	15.79	6	60	15.79	4	55	54.3	16.8	16.5	15.9	1.1504	
7	160	15.5	1.15	7	53	16.2	1.1404	7	80	15.13	7	80	15.13	5	70	77.0	15.9	15.7	15.2	1.1225	
8	200	15.5	1.1	8	79	15.8	1.1236	8	100	14.69	8	100	14.69	5	95	109	15.2	15.2	14.7	1.0999	
9	240	15.2	1.1	9	114	15.8	1.1236	9	120	14.41	9	120	14.41	6	145	15.66	1.02	10	146	14.6	1.0844
10	300	15.5	1.1	10	146	15.3	1.0707	10	160	14.06	10	160	14.06	6	145	15.66	1.02	10	146	14.6	1.0844
11	360	15.5	1.1	11	185	15.3	1.0707	11	200	13.84	7	200	13.84	7	200	13.53	1.01	11	187	14.2	1.0711
12	420	15.2	1.1	12	238	14.4	1.0593	12	240	13.69	8	240	13.69	8	285	13.50	1.0	12	239	13.9	1.0653
13	480	15.2	1.1	13	304	12.9	1.0395	13	300	13.45	9	300	13.45	9	385	13.50	1.0	13	305	13.3	1.0552
14	540	15.2	1.1	14	397	12.9	1.0395	14	400	13.33	10	400	13.33	10	520	13.40	1.0	14	399	13.2	1.0478
15	600	15.2	1.1	15	503	12.9	1.0395	15	500	13.33	10	500	13.33	10	520	13.40	1.0	15	499	12.9	1.0414
16	635	15.2	1.1	16	635	12.9	1.0395	16	635	13.30	10	635	13.30	10	670	13.50	1.0	16	635	12.7	1.0359

Cpt : Compartiment Per : Période M₀ : M-value en surface (niveau de la mer = 10msw = 1.0bar) ΔM : pente de la droite des M-values

M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 15



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

M. Dorys - MF1046
Deco cinétique 2010
16




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

M. Dorys - MF1046
Deco cinétique 2010
17




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 : $0,8 - 2,4 = -1,6 \text{ bars}$

M. Dorys - MF1046
Deco cinétique 2010
18




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
 $\Rightarrow (0,50*(4,8-0,8))+0,8 = 2,8 \text{ bars}$

M. Dorys - MF1046
Déco cinétique 2010
19




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 : $1,2 / 2 = 0,6$

M. Dorys - MF1046
Déco cinétique 2010
20



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 = $0,8 * 2,4 \text{ bars} = 1,92 \text{ bars}$
Après 10' : tension pour compartiment 5' :
 $4,8 - ((4,8-1,92)*0,75) = 2,64 \text{ bars}$
A -5m : S compartiment 5' : $2,64 / 1,5 = 1,76$

M. Dorys - MF1046
Déco cinétique 2010
21

The slide features a blue header and footer with a yellow wavy central area. The text 'A SUIVRE ...' is centered in the yellow area. The footer contains the text 'M. Dorys - MF1046 Déco cinétique 2010 22'. The table of contents in the top right corner lists: '• Rappels', '• Notions & Loi de Henry', '• Evolution', and '• A suivre...'. A small logo is in the top left corner.
