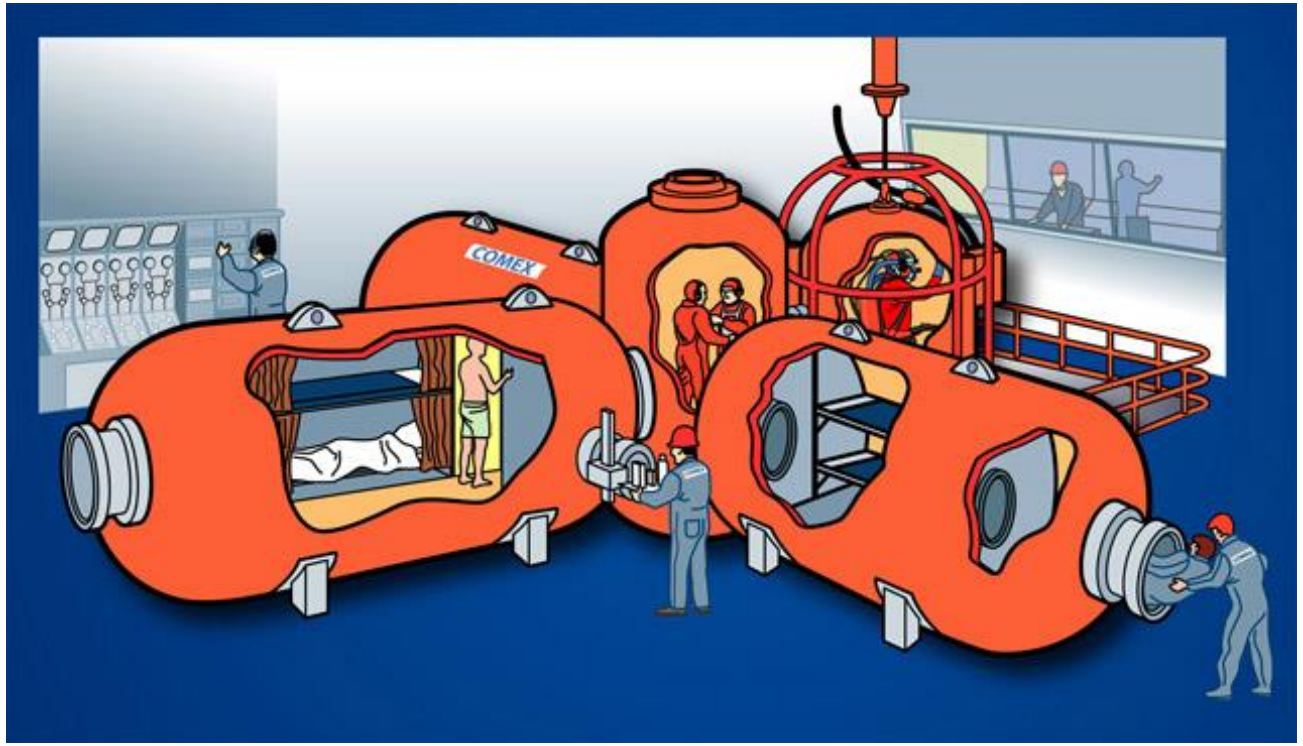
TEKDIVING

plongée & sciences

- I³DEAL Diving System
- IIIDEAL Diving System

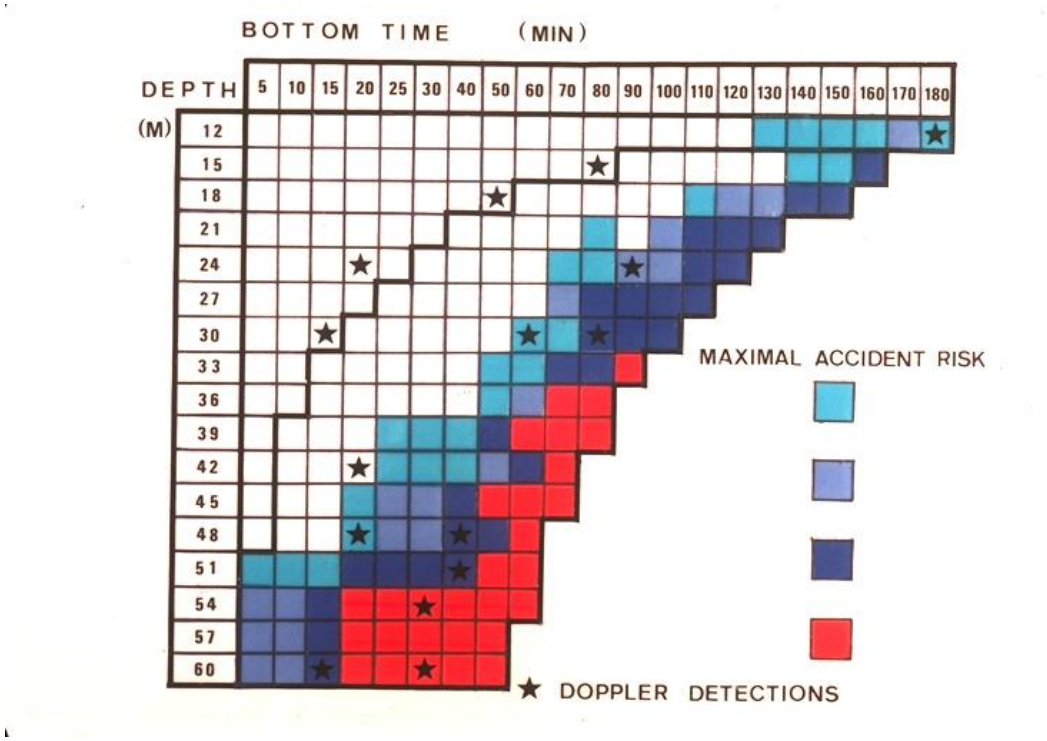
Problématique



→ Les travailleurs sous-marins et les militaires sont à l'origine de la plupart des tables de décompression en plongée

→ Bien souvent, leurs travaux reposent sur une approche empirique… mais ils permettent de limiter la survenue d'accidents de décompression (ADD)

Genèse d'une table de décompression

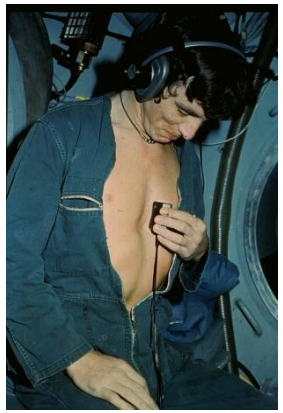


E1 $$Ptis_{gas} \leq (1+\frac{A}{T})(Pamb+B)-\frac{A}{T}Pa_{gas}$$

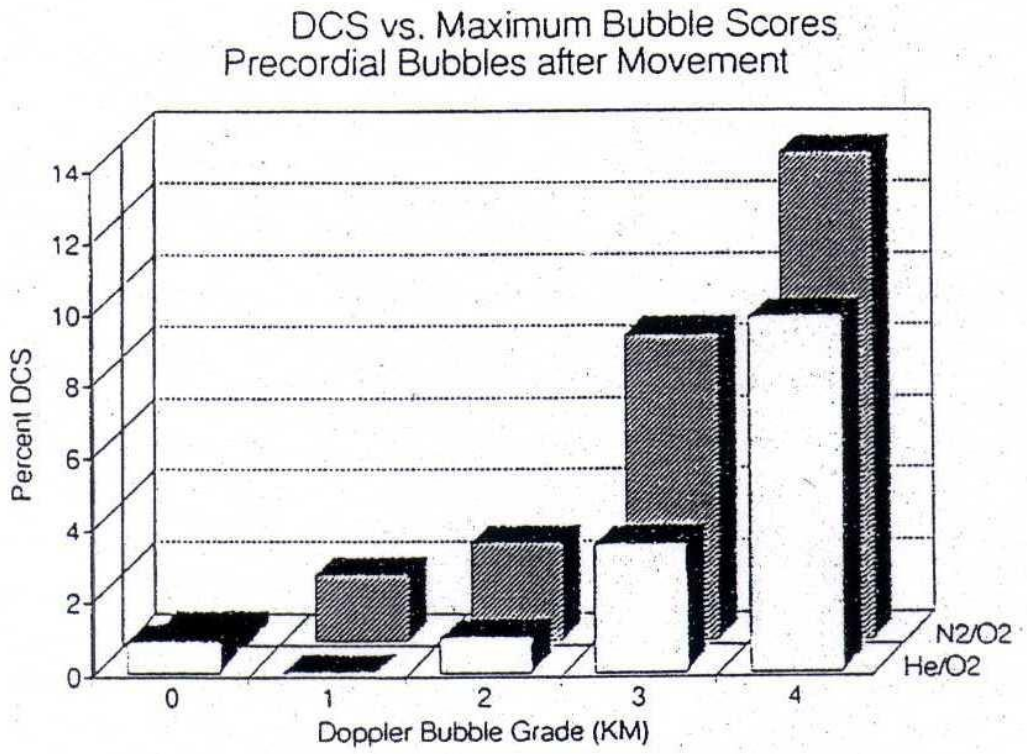
→ Plus la profondeur et le temps passé au fond sont importants, plus le risque d'accident augmente

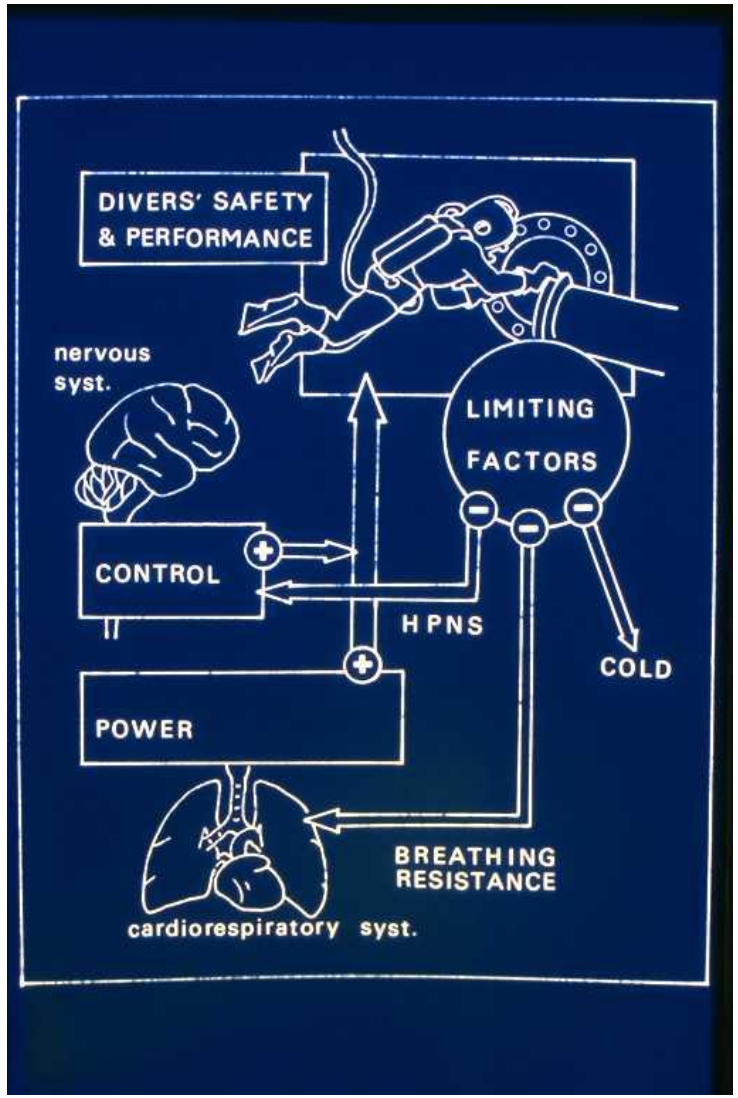
→ C'est en combinant le profil de la plongée à l'incidence des accidents de décompression (ADD) sur des profils types que ces organismes ont fait les tables de décompression

→ **sans vraiment comprendre les mécanismes et les facteurs de risque de l'ADD**



Genèse d'une table de décompression





Notion d'Engagement

LIMITES DES DIFFERENTS TYPES DE PLONGEES

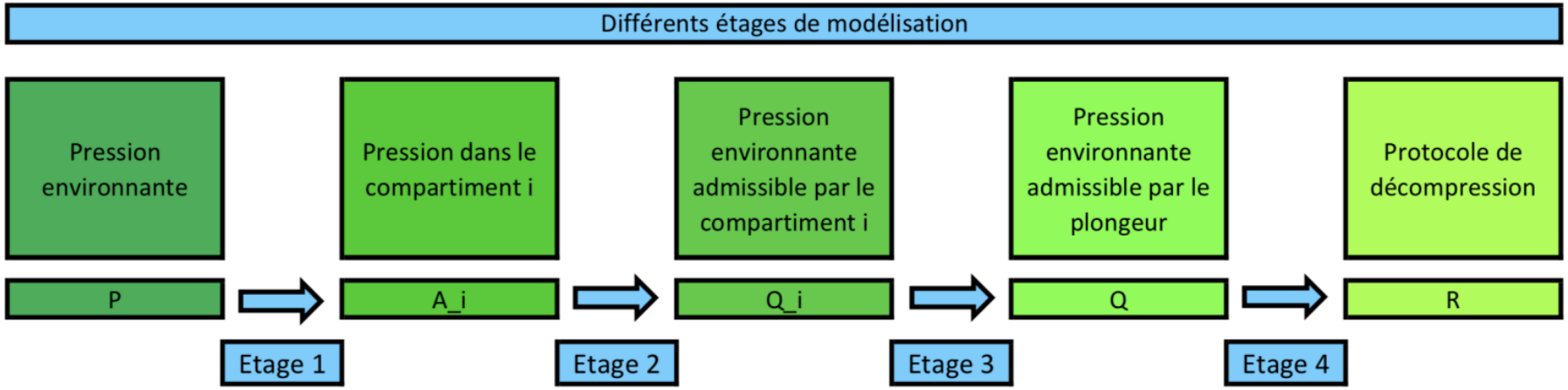
	Engagement moyen	√Tf.Prof	Plongée		DTR (déco)	Risque d'ADD moyen	
			Profondeur (m)	temps (min)		AZOTE	HELIUM
plongée Loisir	120	120,933866	15	65	3 min (air)	$1,0.10^{-3}$%	$0,44.10^{-3}$%
		118,321596	20	35			
		116,1895	30	15			
		126,491106	40	10			
	150	148,32397	20	55	10 min (air)	$3,0.10^{-3}$ %	$1,3.10^{-3}$ %
		150	30	25			
		154,919334	40	15			
		158,113883	50	10			
plongée Sportive	200	200	20	100	20 min (air) 10 min (O2)	15.10^{-3}%	$6,5.10^{-3}$%
		201,246118	30	45			
		200	40	25			
		193,649167	50	15			
		189,73666	60	10			
	250	250	50	25	30 min (O2)	56.10^{-3}%	$24,3.10^{-3}$%
		247,386338	60	17			
		242,487113	70	12			
	300	295,803989	50	35	60 min (O2)	168.10^{-3}%	73.10^{-3}%
		300	60	25			
		313,049517	70	20			
		309,838668	80	15			
		284,604989	90	10			

LIMITES DES DIFFERENTS TYPES DE PLONGEES

	Engagement moyen	√Tf.Prof	Plongée		DTR (déco)	Risque d'ADD moyen	
			Profondeur (m)	temps (min)		AZOTE	HELIUM
plongée TEK	350	354,964787	60	35	90 min (O2)	$423,2.10^{-3}$%	184.10^{-3}%
		350	70	25			
		357,770876	80	20			
		348,568501	90	15			
		346,410162	100	12			
		347,850543	110	10			
	400	400	80	25	120 min (O2) (2h00)	943.10^{-3}%	410.10^{-3}%
		402,492236	90	20			
		387,298335	100	15			
		396,61064	110	13			
		379,473319	120	10			
	450	438,178046	80	30	180 min (O2) (3h00)	1,91%	830.10^{-3}%
		450	90	25			
		447,213595	100	20			
		453,541619	110	17			
		464,758002	120	15			
plongée Expédition	500	501,996016	60	70	210 min (O2)	3,45%	1,50%
		505,964426	80	40			
		501,098793	90	31			
		500	100	25			
		504,083326	110	21			
		509,116882	120	18			
	550	554,256258	80	48	280 min (O2) (2h00)	6,44%	2,80%
		547,722558	100	30			
		549,909083	120	21			
		551,543289	130	18			
		540,832691	150	13			
	600	603,986755	80	57	360 min (O2) (3h00)	10,81%	4,70%
		600	100	36			
		600	120	25			
		609,754049	130	22			
		600	150	16			

Modèles de calcul des protocoles de décompression

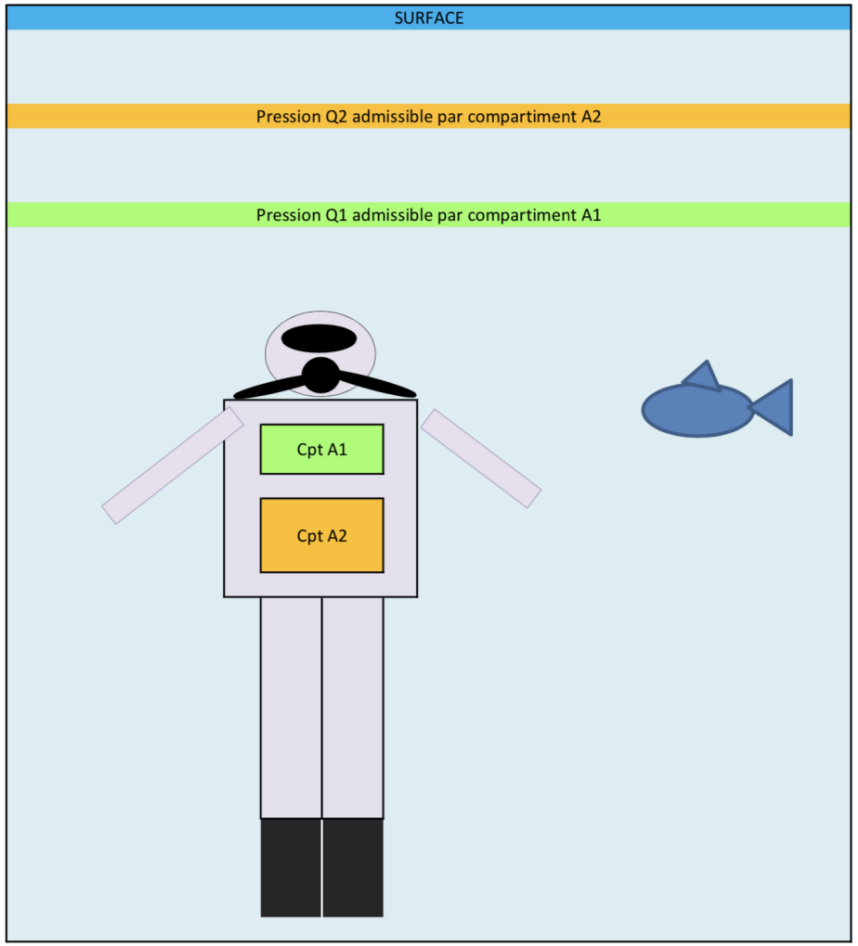
- Plusieurs étages de modélisation
- Ne sont qu'une représentation (erronée) de la réalité
- N'ont de **pertinence** que calés par rapport à **l'expérience**
- Ne sont pas infaillibles, et sont largement perfectibles



Les modèles Haldaniens

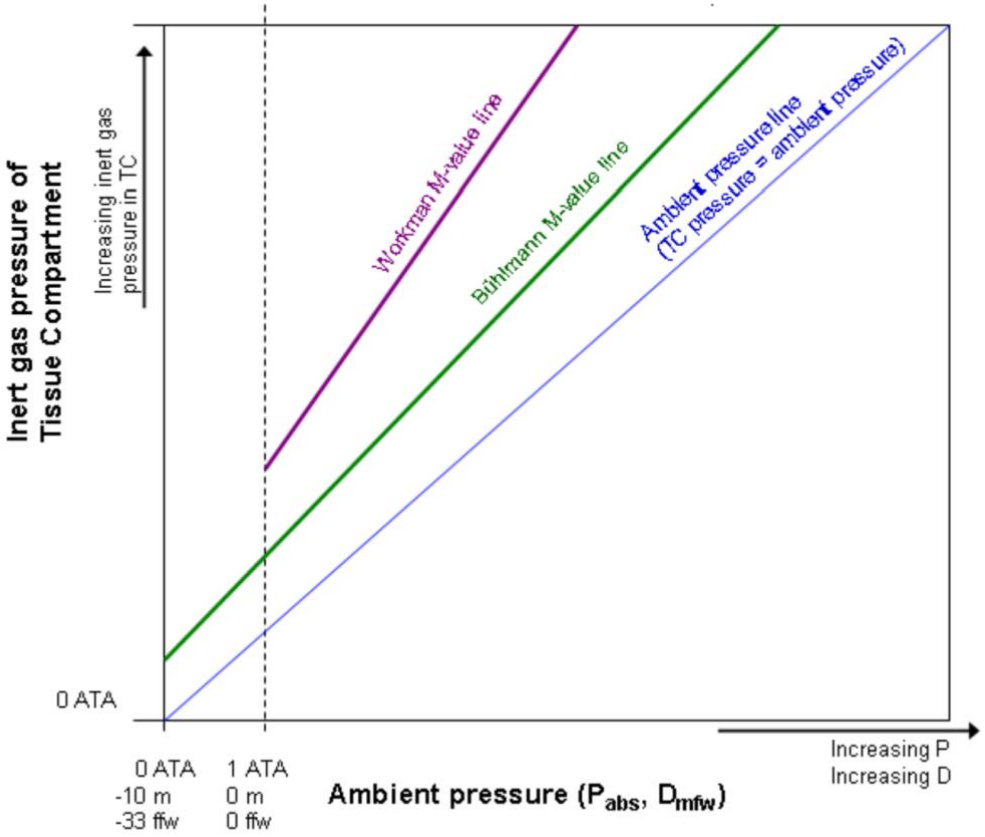
- Plusieurs compartiments, sans réalité physiologique
- Branchement en parallèle de bouteilles aux goulots de tailles différentes → se remplissent et se vident à des vitesses variées
- Chaque compartiment possède sa **pression admissible**, qui dépend de la pression dans le compartiment, et par la même de la **pression ambiante**

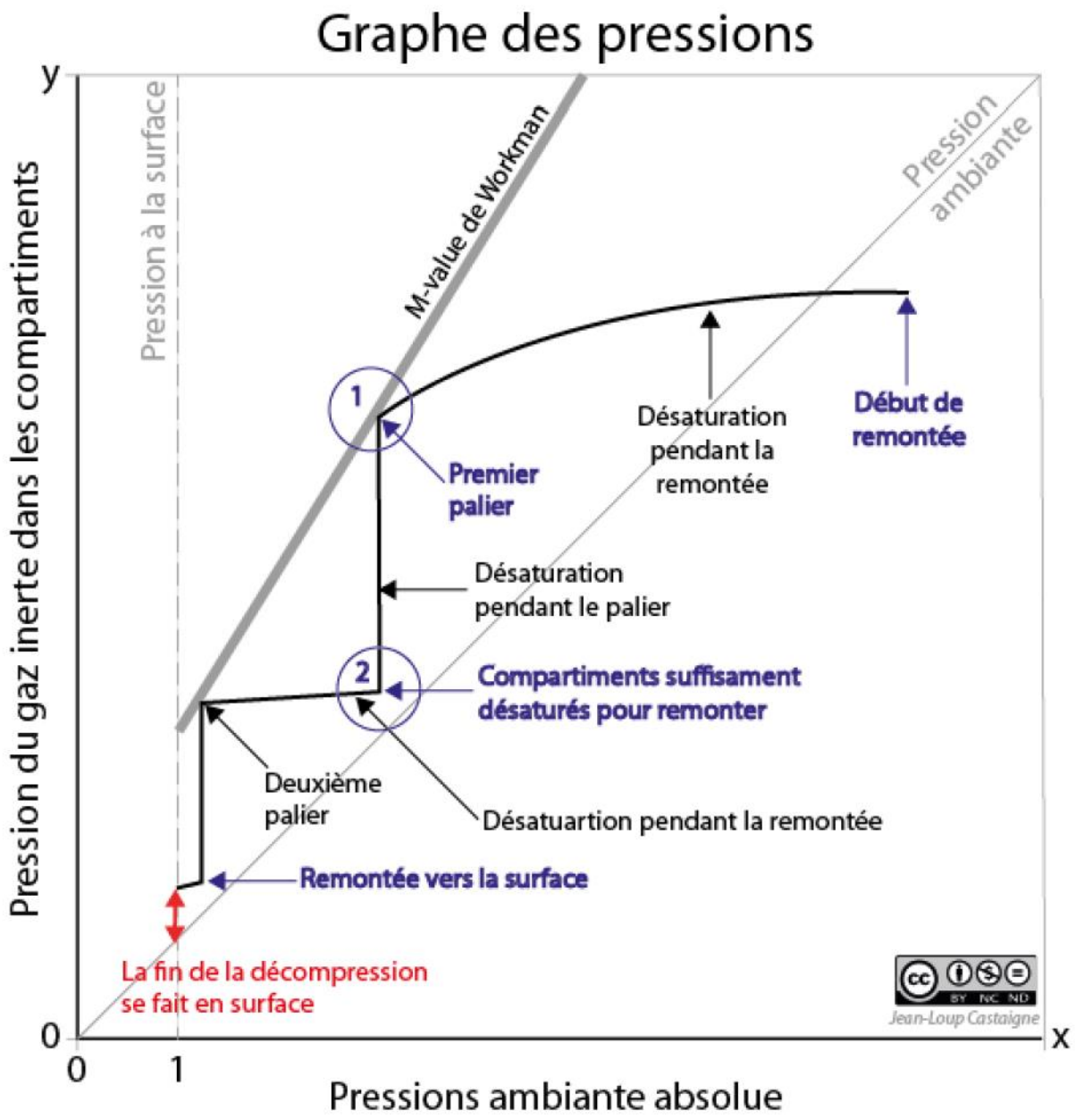
Pression admissible par les compartiments



Pression admissible par les compartiments

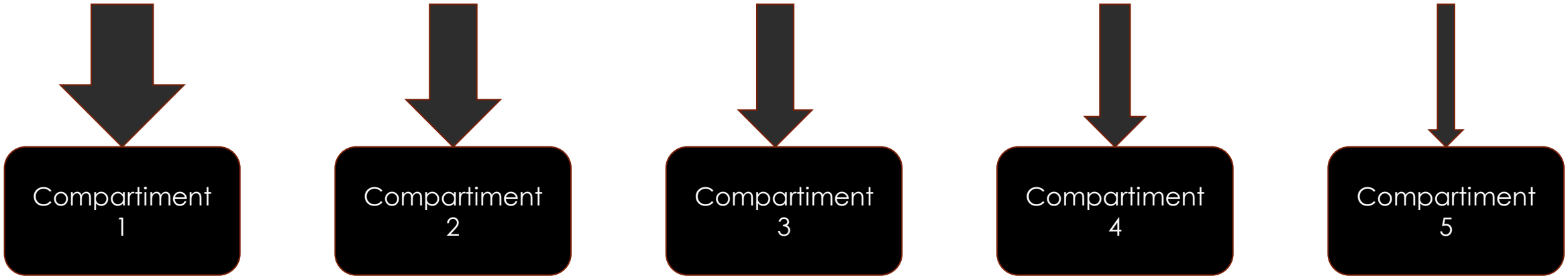
Lien affine entre la **pression admissible** (extérieur au corps) et la **pression dans le compartiment** (intérieure au corps)



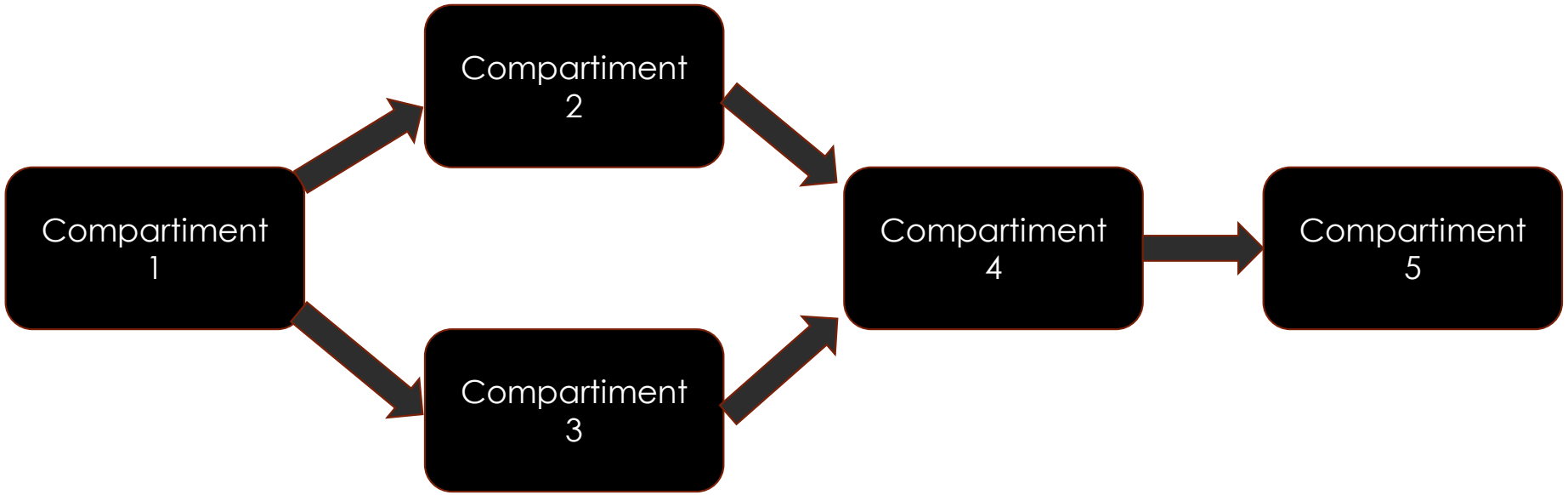


Source : *https://ideesjeanloup.files.wordpress.com/*

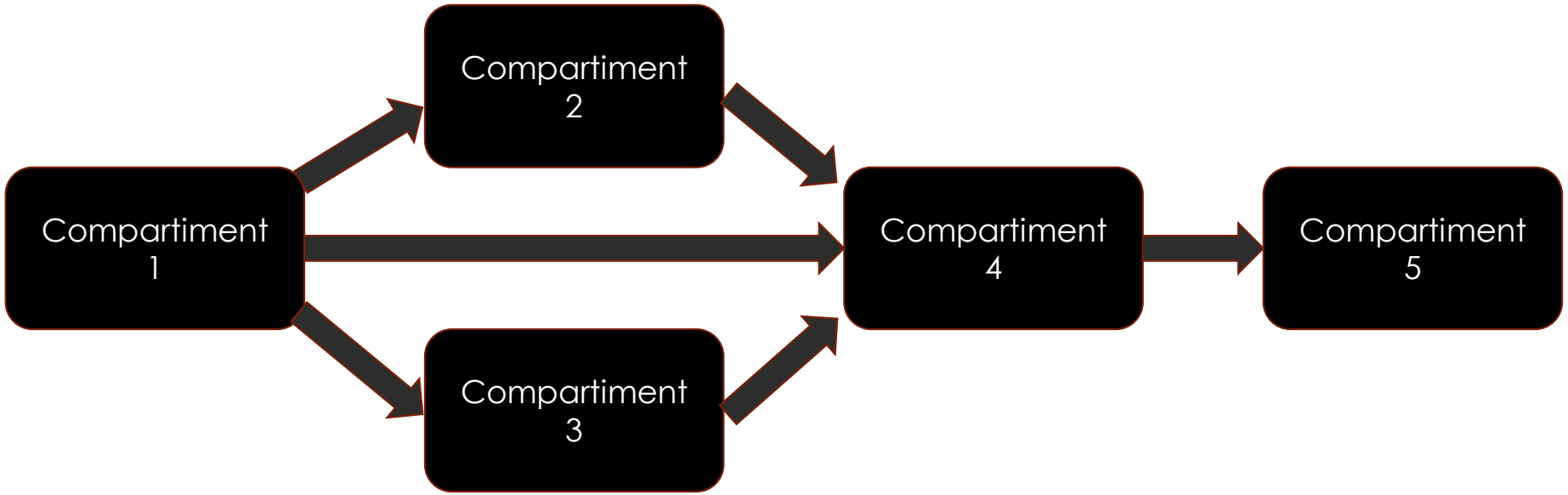
Différents Types de Modèles



Manu Dugrenot_septembre 2019



Manu Dugrenot_septembre 2019



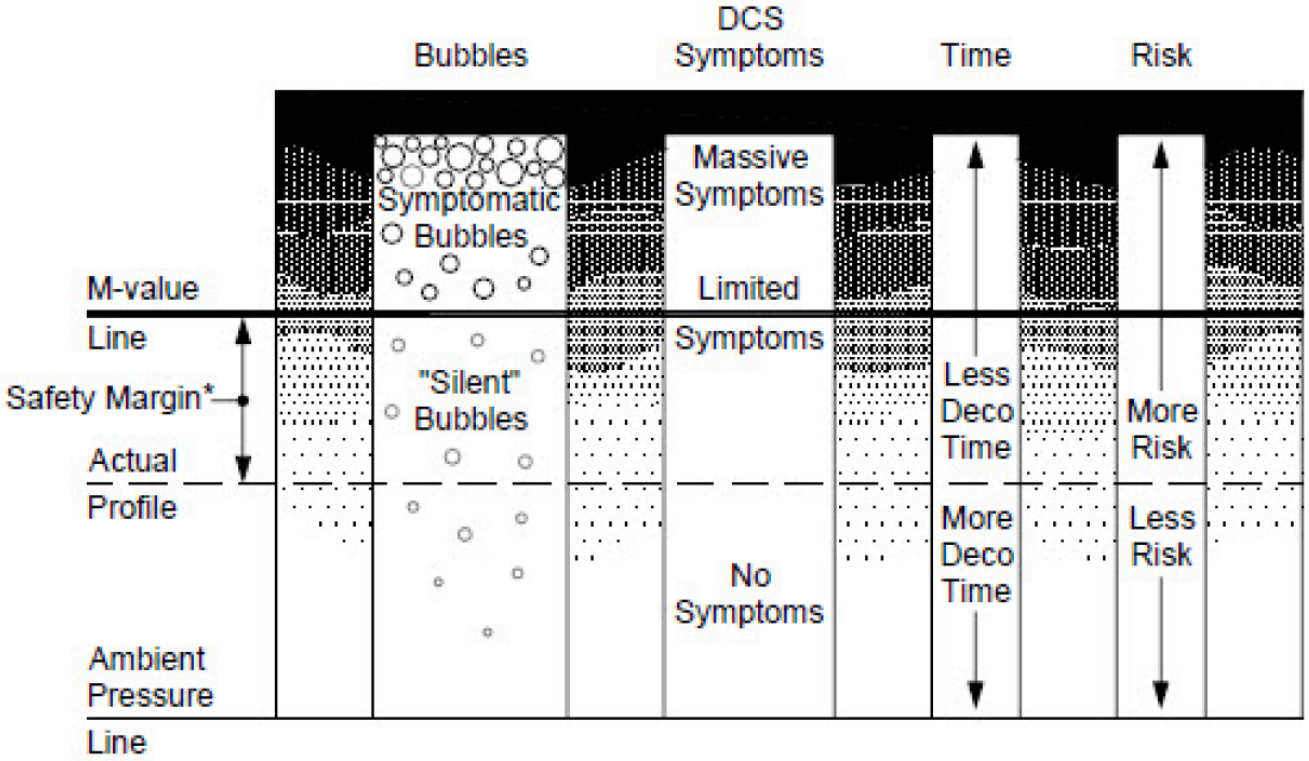
Manu Dugrenot_septembre 2019

Désormais les plongeurs loisirs utilisent des ordinateurs de plongée

Pas de différences significatives entre les modèles en plongée loisir

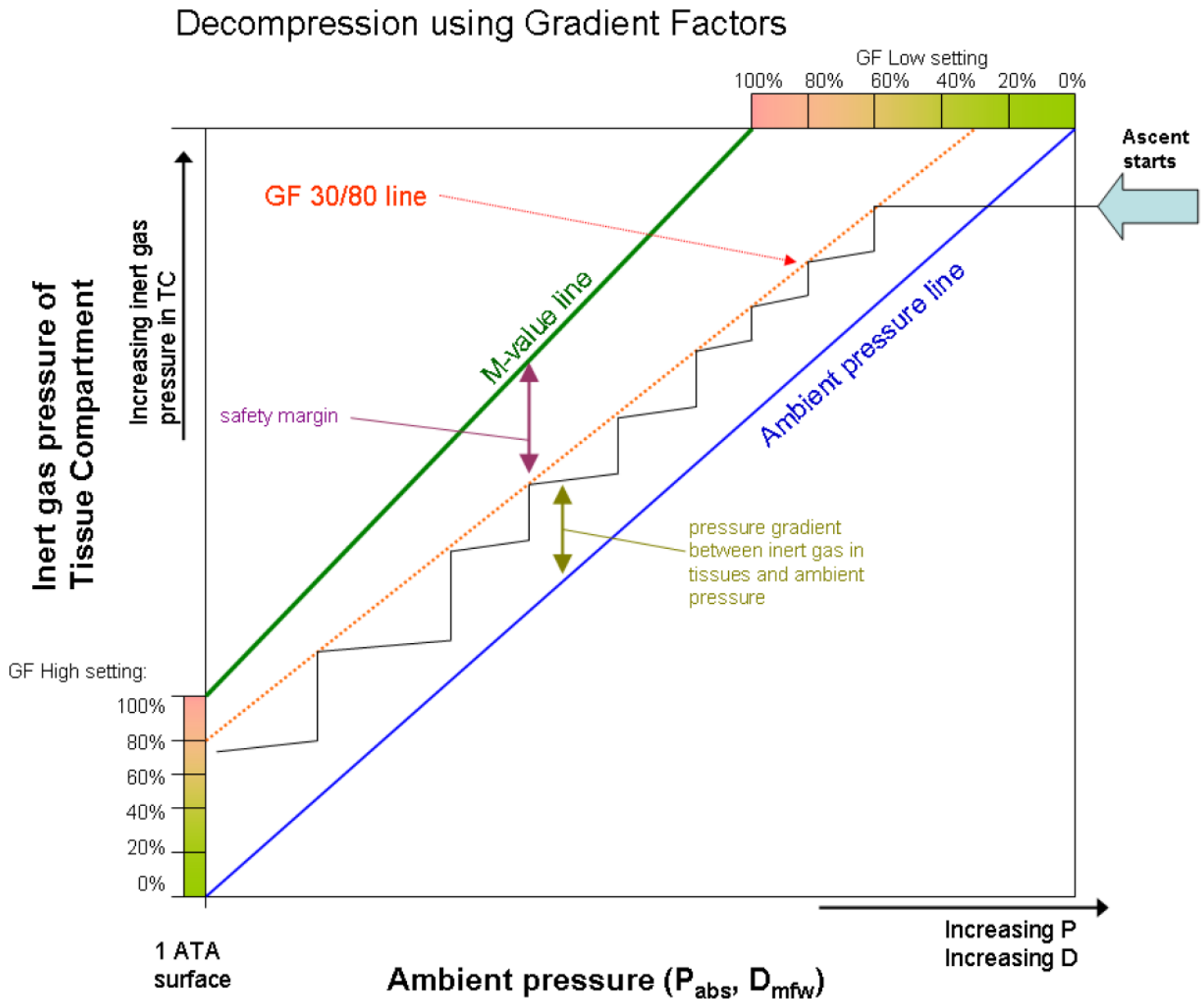
→ mais le modèle de **Bühlmann avec GFs** semble être le plus utilisé dans la communauté des plongeurs Techniques européens.

An M-value Concept: A solid line drawn through a fuzzy, gray area; a representative threshold beyond which a high frequency of symptoms of decompression sickness (DCS) can be expected in a majority of divers



* varies according to individual disposition, physical condition, acceptable risk, etc.

Source: *"Understanding M-values", Erik C. Baker*



Source : *https://www.diverite.com/articles/gradient-factors/*

Gradient Factors (GF)

	Principal	Réchappe
AIR ou Nx	80 / 80	100 / 100
Tx Azote	50 / 80	80 / 80
Tx Hélium	20 / 70	30 / 80
Tx Expédition	10 / 60	20 / 70

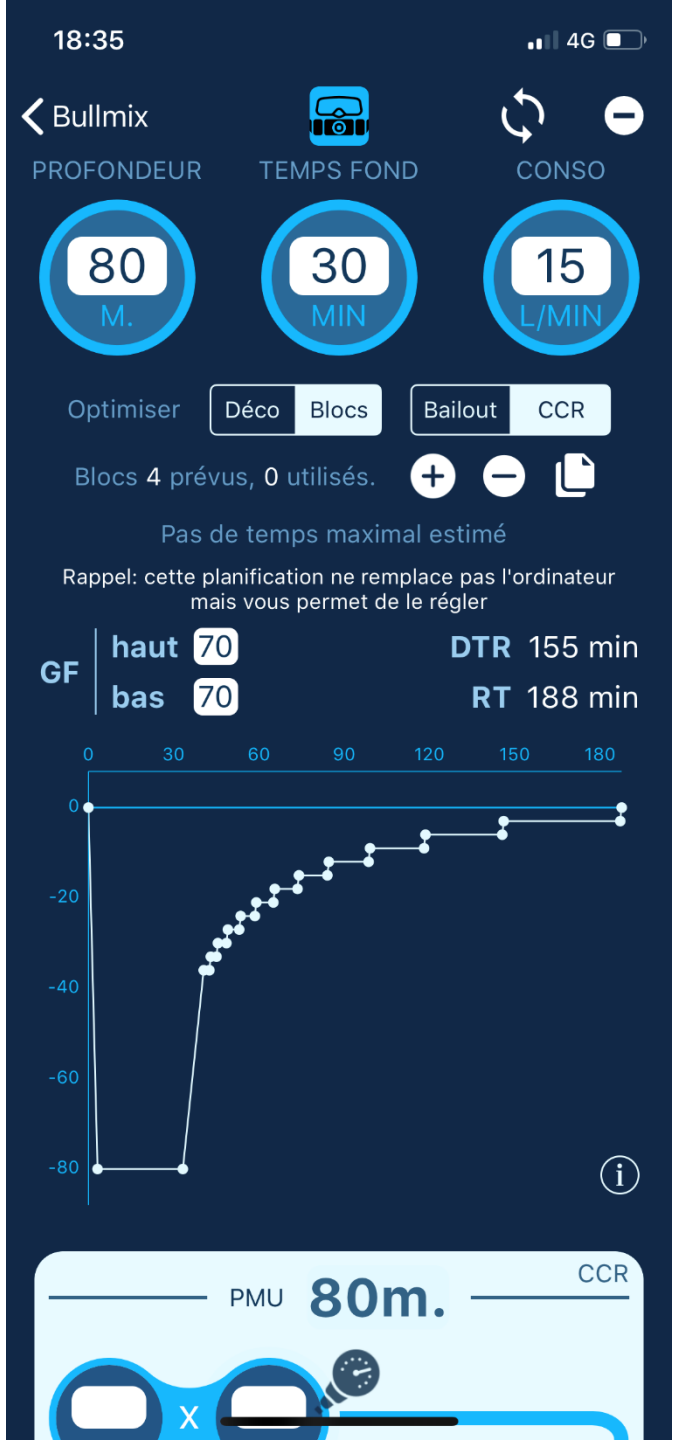
Cette approche reste limitée par un cadre d'application :

- Faite au départ pour des travaux sous-marins
- Gaz binaires
- Choix du gaz en fonction de l'engagement max
- Ne tient compte que d'une saturation et pas du profil de plongée
- **De quel Bü parle-t-on ?**

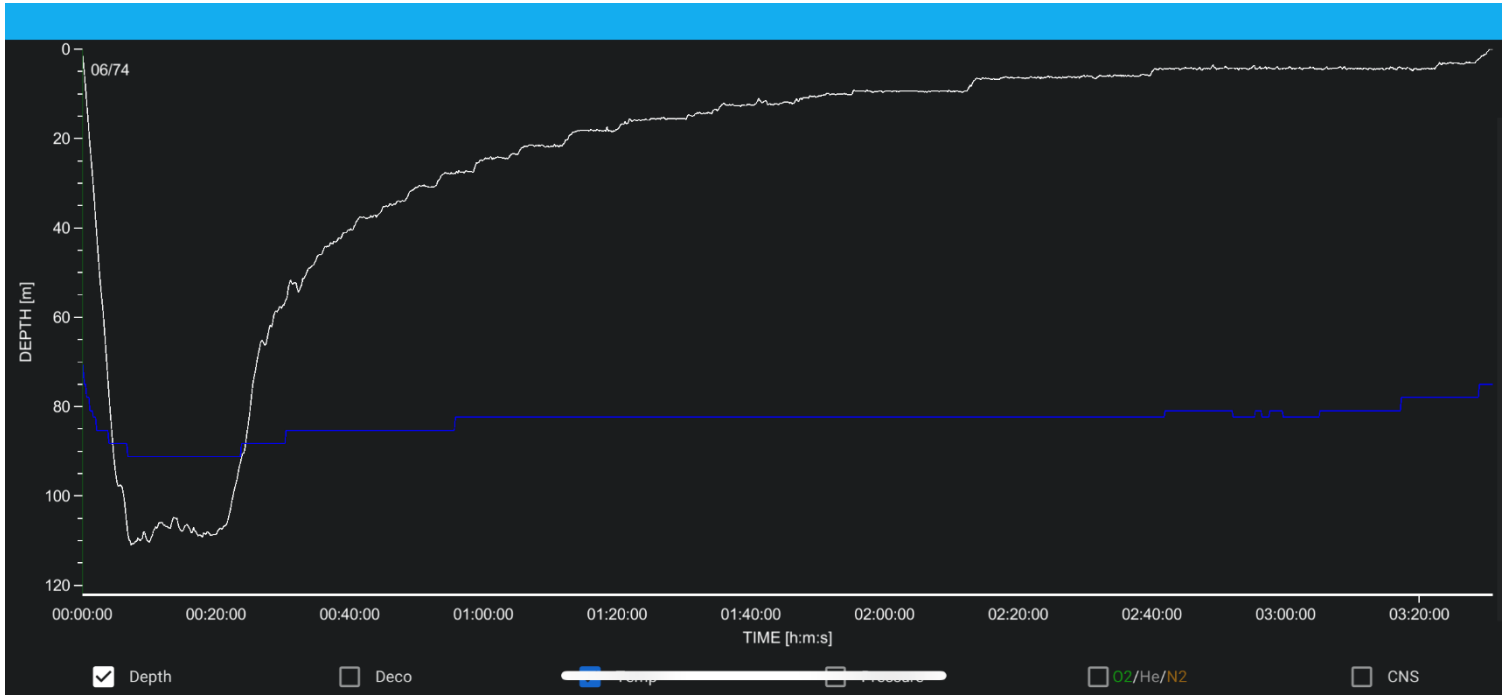
GF bas vs GF haut

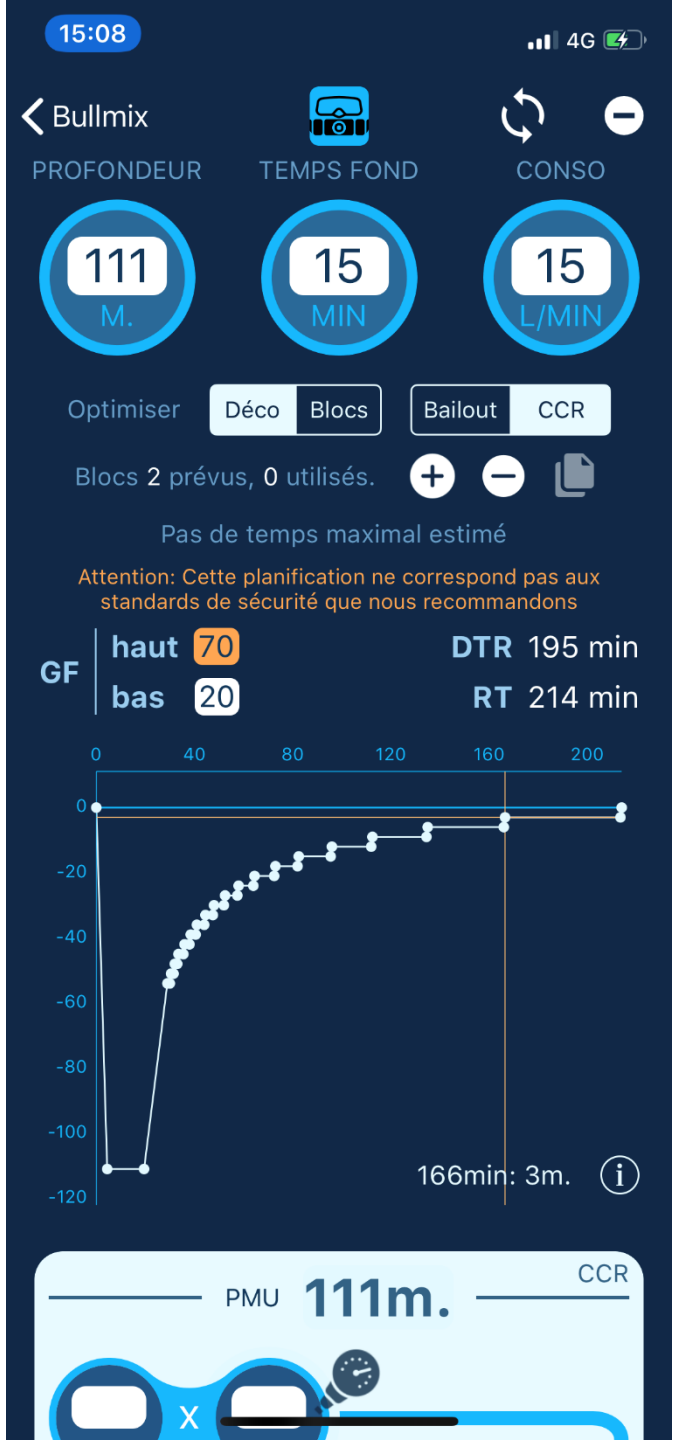
prof	durée	dil CCR	GF	DTR	logiciel
111	15	juil-70	20/70	148	iDeco Pro
				138	SW Teric
				158	Subsurface

prof	durée	dil CCR	logiciel	GF	DTR
80	30	7 70	Bullmix	20/70	176
				40/70	165
				50/70	162
				70/70	155
				70/80	140
				50/80	145
				40/80	149
				20/80	155

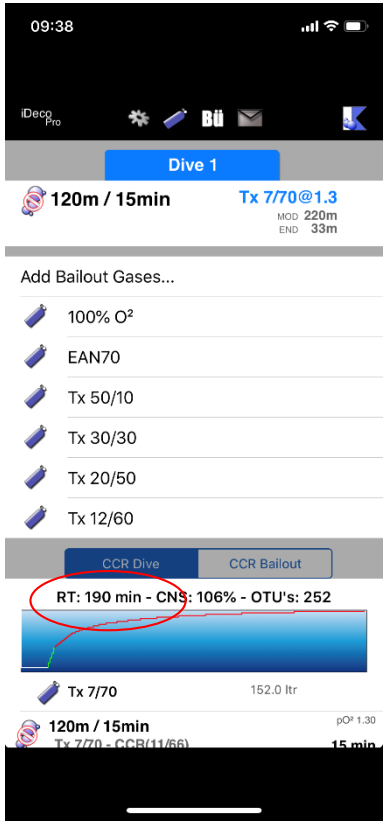


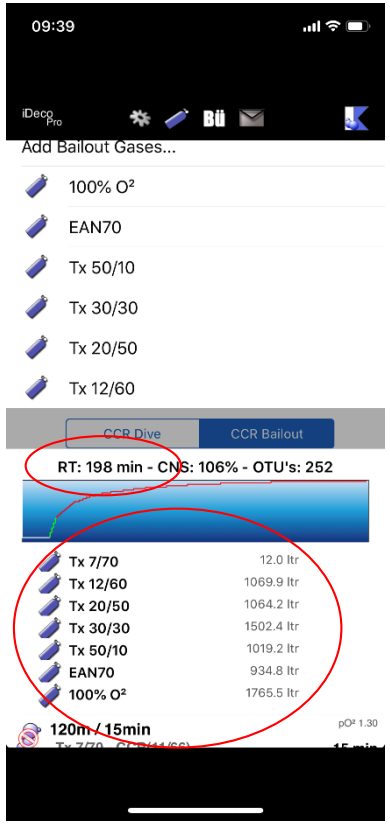
Théorie vs Pratique



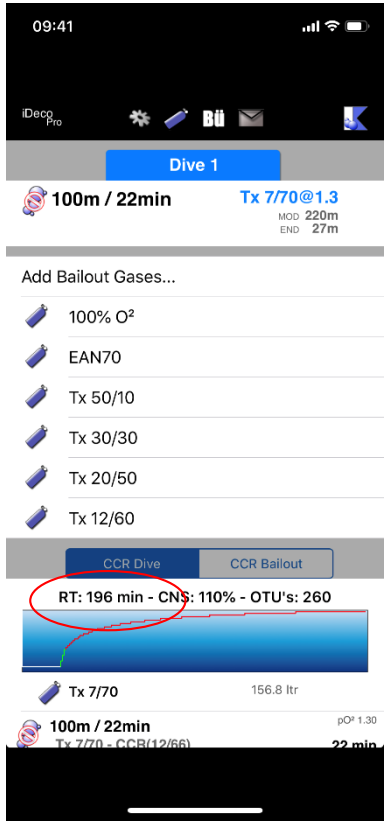


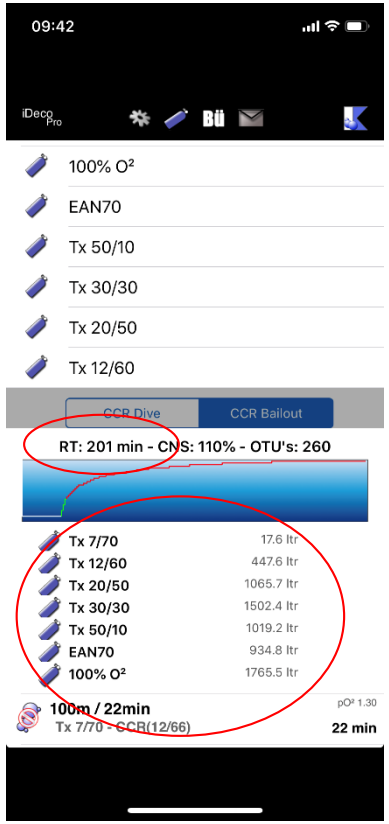
Utilité de la DTR ?



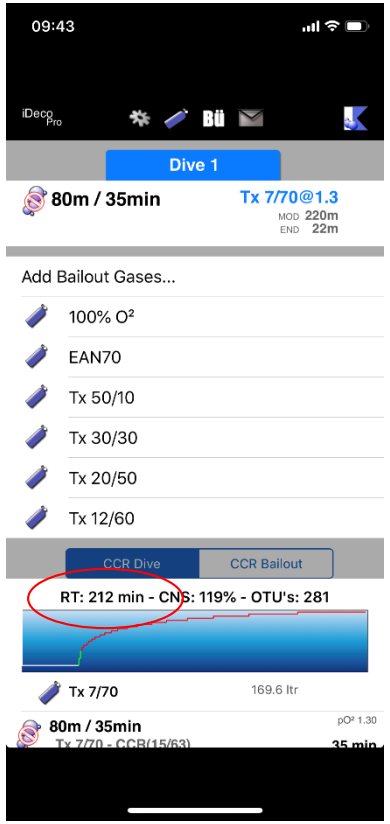


DTR = 175 min



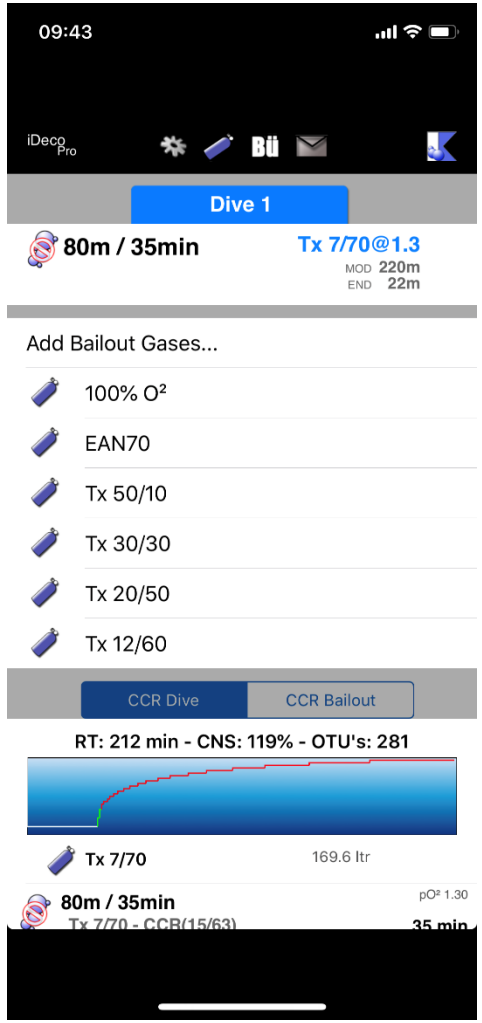


DTR = 174 min

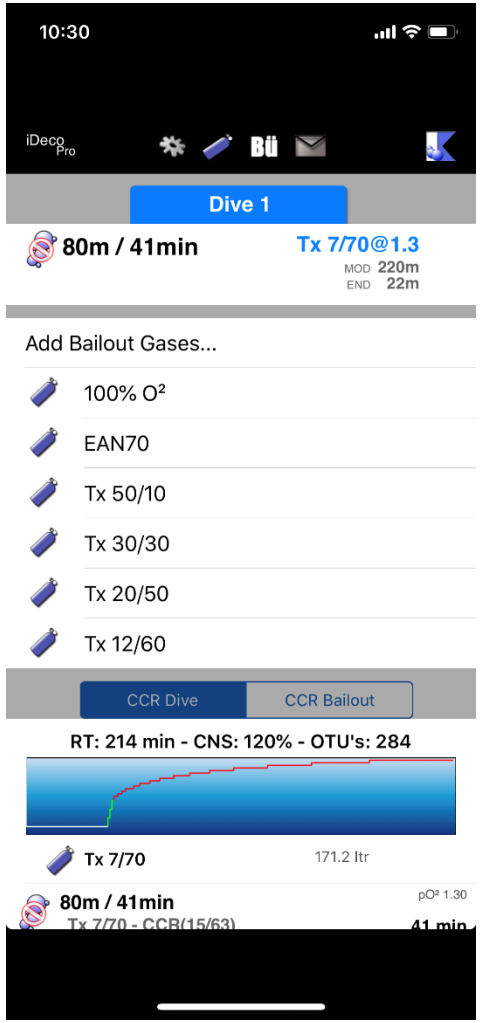


DTR = 177 min

20/70 vs 50/80 ?


09:43
iDeco Pro
Dive 1
80m / 35min
Tx 7/70@1.3
MOD 220m
END 22m
Add Bailout Gases...
100% O²
EAN70
Tx 50/10
Tx 30/30
Tx 20/50
Tx 12/60
CCR Dive
CCR Bailout
RT: 212 min - CNS: 119% - OTU's: 281
Tx 7/70 169.6 ltr
80m / 35min
pO² 1.30
Tx 7/70 - CCR(15/63)
35 min

09:44
iDeco Pro
100% O²
EAN70
Tx 50/10
Tx 30/30
Tx 20/50
Tx 12/60
CCR Dive
CCR Bailout
RT: 217 min - CNS: 119% - OTU's: 281
Tx 7/70 28.0 ltr
Tx 12/60 134.3 ltr
Tx 20/50 747.8 ltr
Tx 30/30 1502.4 ltr
Tx 50/10 1061.1 ltr
EAN70 1024.5 ltr
100% O² 1847.9 ltr
80m / 35min
pO² 1.30
Tx 7/70 - CCR(15/63)
35 min


10:30
iDeco Pro
Dive 1
80m / 41min
Tx 7/70@1.3
MOD 220m
END 22m
Add Bailout Gases...
100% O²
EAN70
Tx 50/10
Tx 30/30
Tx 20/50
Tx 12/60
CCR Dive
CCR Bailout
RT: 214 min - CNS: 120% - OTU's: 284
Tx 7/70 171.2 ltr
80m / 41min
pO² 1.30
Tx 7/70 - CCR(15/63)
41 min

10:30
iDeco Pro
100% O²
EAN70
Tx 50/10
Tx 30/30
Tx 20/50
Tx 12/60
CCR Dive
CCR Bailout
RT: 229 min - CNS: 120% - OTU's: 284
Tx 7/70 32.8 ltr
Tx 12/60 134.3 ltr
Tx 20/50 477.6 ltr
Tx 30/30 1566.6 ltr
Tx 50/10 1140.3 ltr
EAN70 1057.4 ltr
100% O² 1958.7 ltr
80m / 41min
pO² 1.30
Tx 7/70 - CCR(15/63)
41 min

Les variables du modèle Bü ZHL16

2. Notations and framework

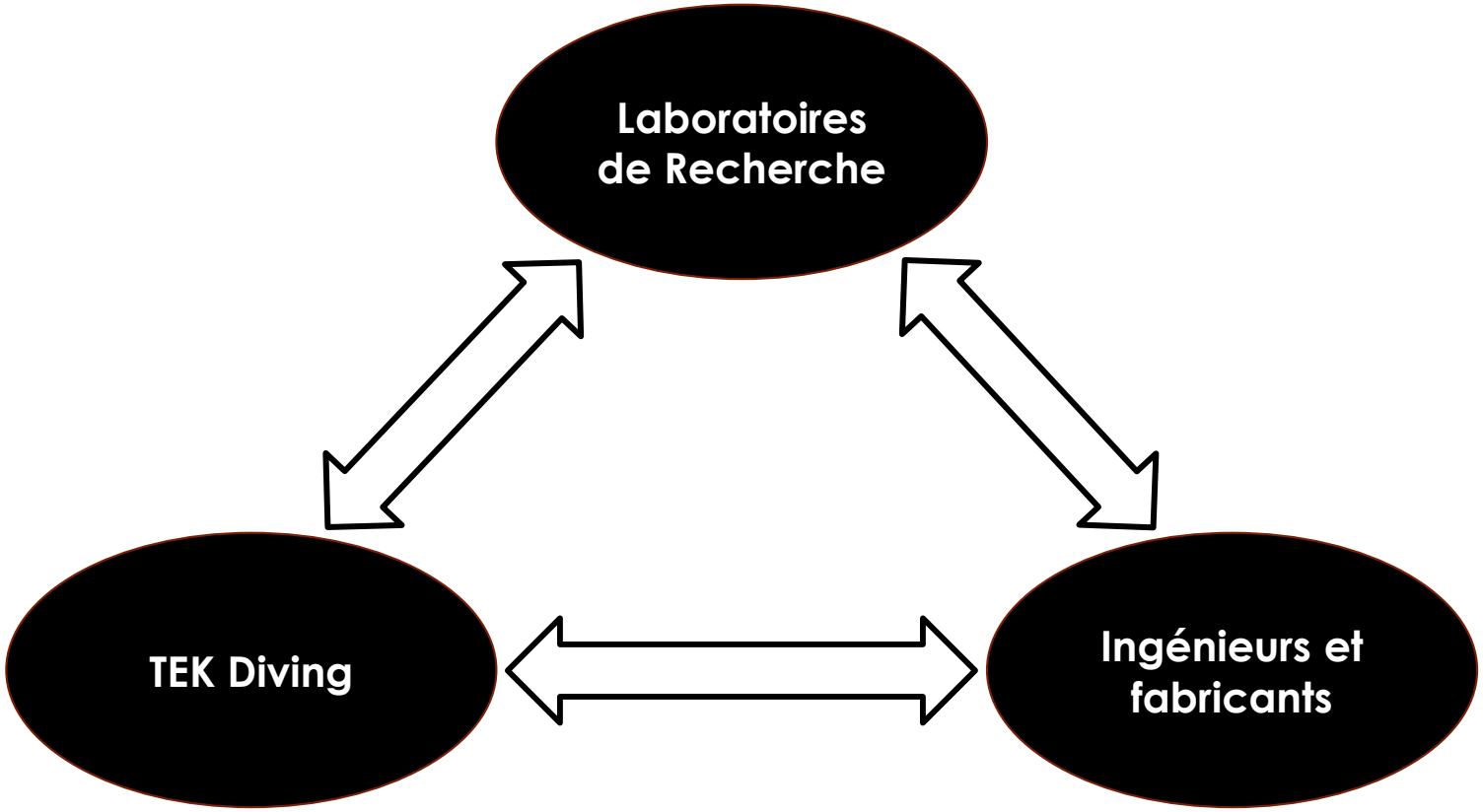
We present in this section the general notations used in the article and briefly remind Haldane's assumption and Bühlmann's model.

2.1. Notations

Please note that some specific notations may be used in some paragraphs.

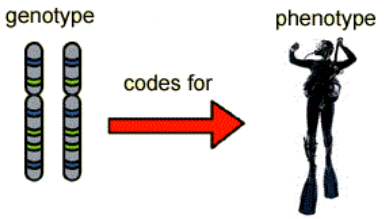
- D the depth
- P the ambient pressure
- Q the ambient pressure admissible by the diver
- A the inert gas pressure in one general compartment
- N the number of compartments
- A_i the inert gas pressure in the the compartment $i = 1...N$
- Q_i the ambient pressure admissible by the compartment i
- R the inert gas ratio
- P_S the surface pressure
- T a general fixed time
- t_f the final time of a given dive
- CH the sum of the partial pressures in all the compartments at the end of the dive
- K a compact of $\mathbb{R}_+$ of the form $[0, T]$
- t the current time
- v the diver's vertical speed (rate of ascent or descent)
- l and h the low and high Gradient Factors
- τ , resp. τ_i, the characteristic time of one general compartment, resp. of the compartment i.

Nous avons donc développé une approche intégrée du problème…



Dans laquelle nous essayons d'intégrer progressivement de la physiologie et des facteurs de risque !

→ nous prenons en compte le risque individuel à partir des facteurs de risque connus et nous développons une **modélisation individu centrée** basée sur la **médecine de précision**



→ nous souhaitons le combiner à une approche épidémiologique basée sur des statistiques faites à partir des données de l'utilisateur et de mesures réalisées *in situ*

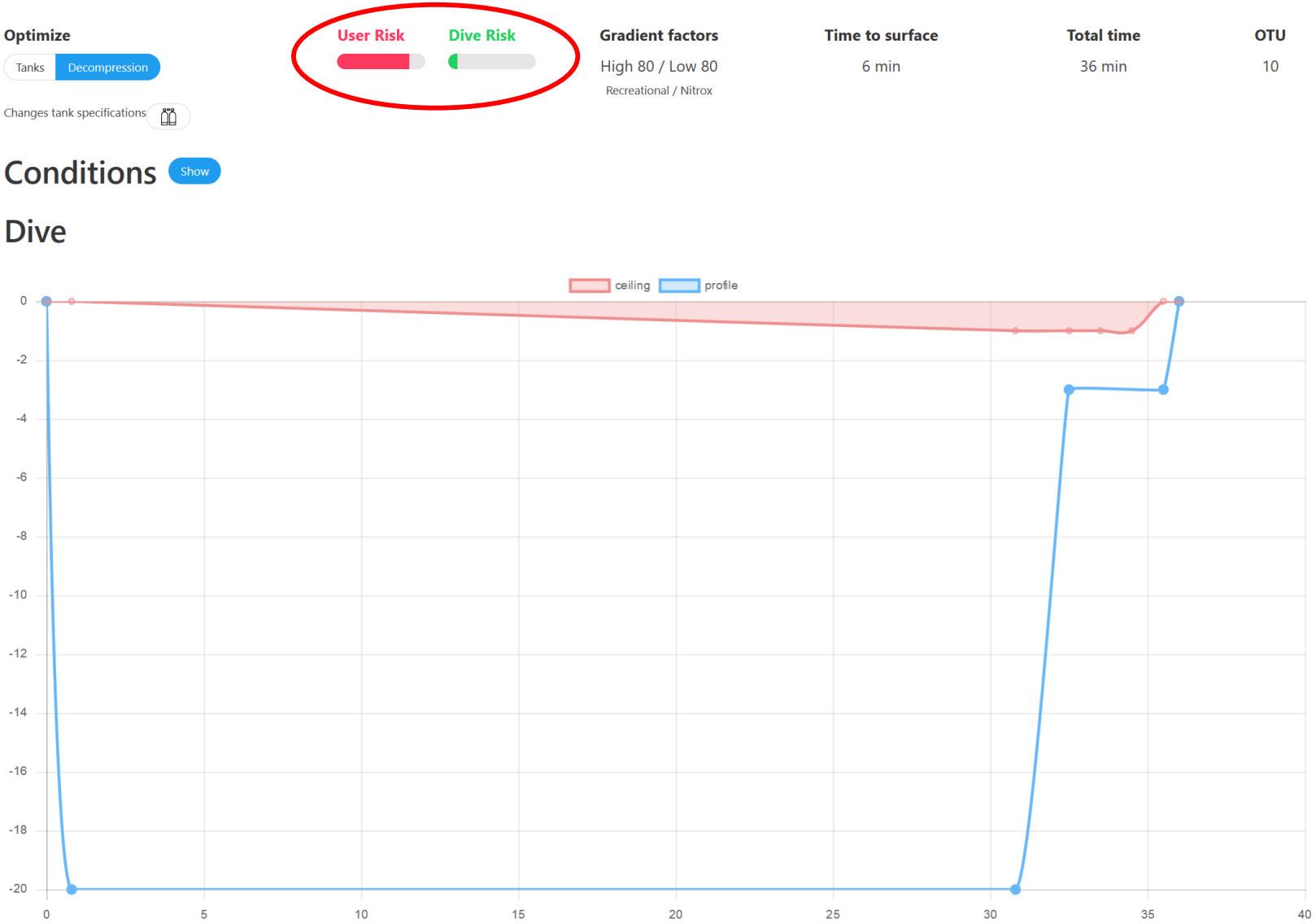
Improved DEcompression ALgorithm

Individualized DEcompression ALgorithm

I³DEAL Diving System

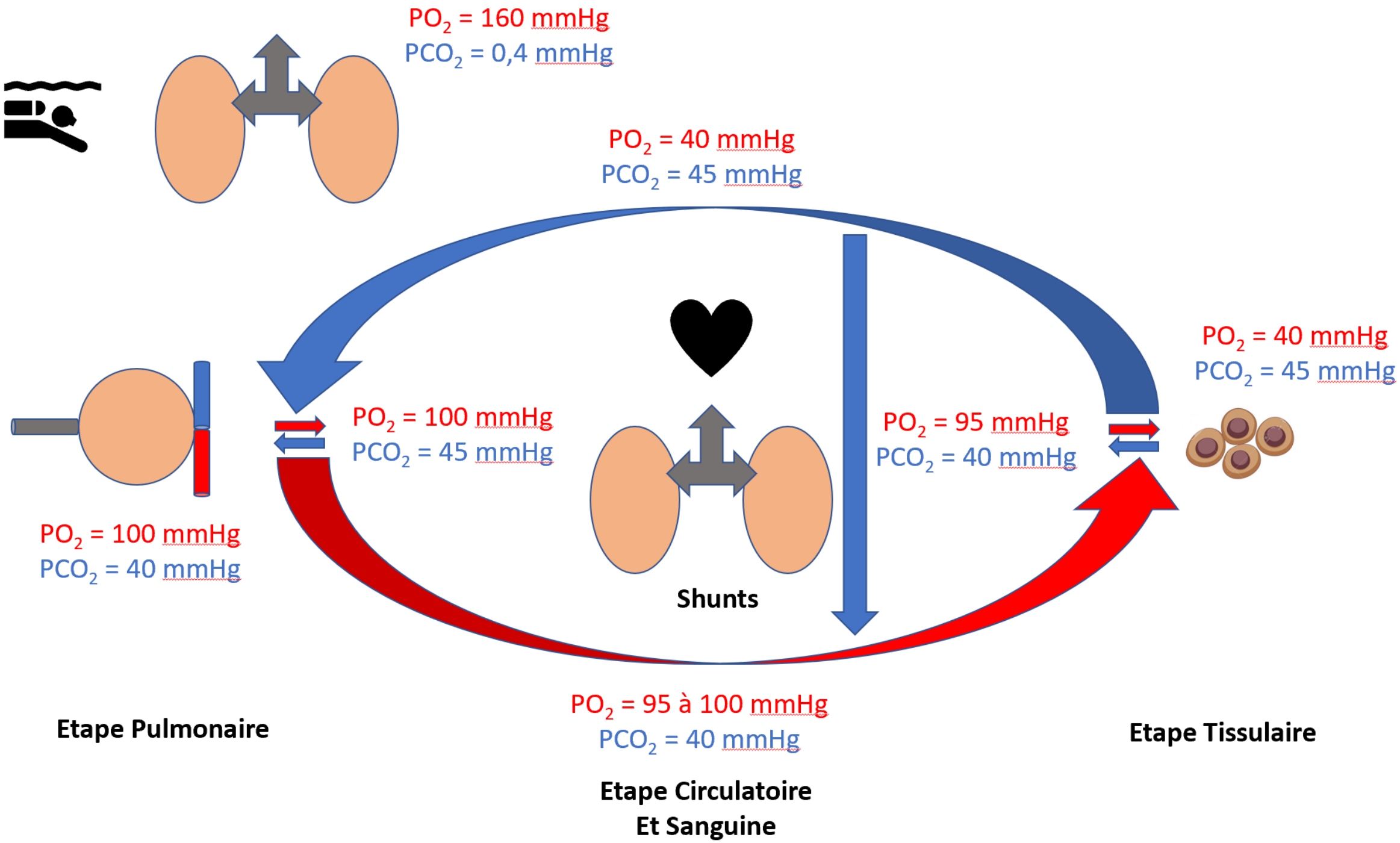
Intelligent DEcompression ALgorithm

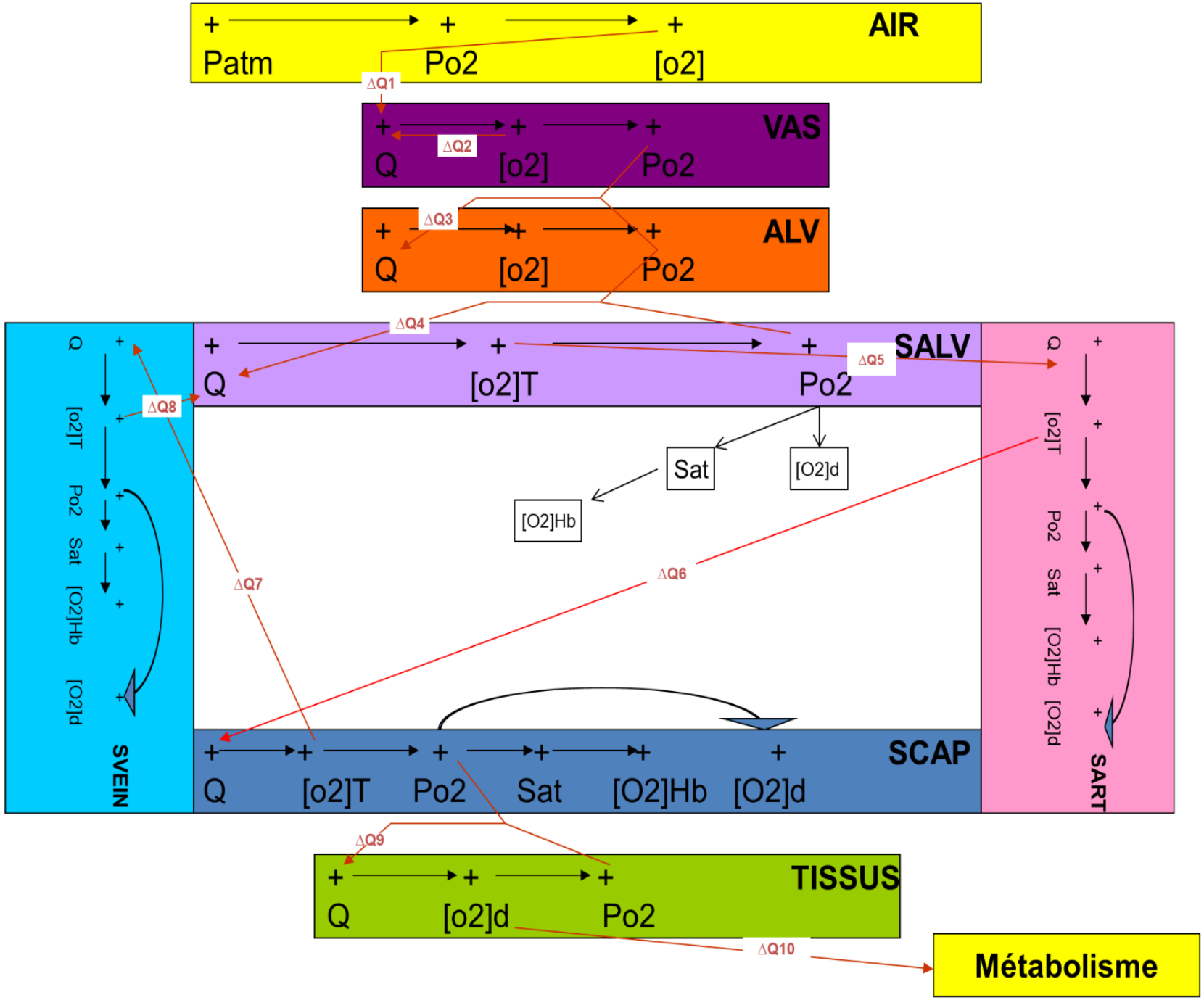
Gestion individualisée de la décompression



→ grâce à une amélioration mathématique des protocoles existants, nous augmentons la décompression pour les plongeurs les plus à risque.

→ **ici 6 min de durée totale de remontée alors qu'en principe sur un tel profil le modèle n'impose aucun palier**


PO_2 = 160 mmHg
PCO_2 = 0,4 mmHg
PO_2 = 40 mmHg
PCO_2 = 45 mmHg
PO_2 = 40 mmHg
PCO_2 = 45 mmHg
PO_2 = 100 mmHg
PCO_2 = 45 mmHg
PO_2 = 95 mmHg
PCO_2 = 40 mmHg
PO_2 = 100 mmHg
PCO_2 = 40 mmHg
Shunts
PO_2 = 95 à 100 mmHg
PCO_2 = 40 mmHg
Etape Pulmonaire
Etape Circulatoire
Et Sanguine
Etape Tissulaire


AIR
Patm
Po2
[o2]
ΔQ1
VAS
Q
[o2]
Po2
ΔQ2
ALV
Q
[o2]
Po2
ΔQ3
ΔQ4
SALV
Q
[o2]T
Po2
ΔQ5
Sat
[O2]d
[O2]Hb
ΔQ6
ΔQ7
ΔQ8
SVEIN
Q
[o2]T
Po2
Sat
[O2]Hb
[O2]d
SCAP
Q
[o2]T
Po2
Sat
[O2]Hb
[O2]d
SART
Q
[o2]T
Po2
Sat
[O2]Hb
[O2]d
ΔQ9
TISSUS
Q
[o2]d
Po2
ΔQ10
Métabolisme

Merci de votre attention !
© GERALD RIVIERE | UNREGARDSOUSLAMER.COM