

The background of the slide is a light gray gradient. It is decorated with numerous realistic water droplets of various sizes. Some droplets are at the top left, some are scattered in the middle, and a larger cluster is at the bottom right. Each droplet has a highlight and a shadow, giving it a three-dimensional appearance.

COURS N°4 - PHYSIQUE 2

SATURATION – DÉSATURATION

VISION – ACOUSTIQUE

MERCREDI 04 DÉCEMBRE 2024

JEAN-PIERRE GOEHNER – MAURICE SCHAULI

SOMMAIRE

1. OBJECTIFS & RAPPELS

- A QUOI VOUS SERVIRA CE COURS
- PRESSIONS & LOI DE DALTON

2. DISSOLUTION DE L'AZOTE DANS L'ORGANISME

- PRINCIPE PHYSIQUE (LOI DE HENRY)
- LES DIFFÉRENTS ÉTATS DE SATURATION

3. MODÈLE DE HALDANE

- LES PARAMÈTRES DU MODÈLE
- PRINCIPES DU MODÈLE HALDANIEN – SATURATION ET DÉSATURATION

4. AUTRES MODÈLES DE DÉSATURATION

- BÜHLMANN, VPM ET REGBM
- M-VALUES ET GRADIENTS DE FACTEURS
- PRINCIPES ET COMPARAISON

5. VISION & AUDITION.



1.1 - OBJECTIFS DE CE COURS

Théorique : compréhension des phénomènes de dissolution des gaz, et de saturation, afin de mieux appréhender et expliquer les moyens de désaturation mis à disposition des plongeurs,



Rôle du Guide de palanquée :

sécurisation : pe20 => prévention add pour la palanquée et soi-même

sécurisation : pe40 => idem ++ & prise en compte des différents moyens

rôle de conseil : conseiller les plongeurs pour l'achat & l'utilisation de leur ordinateur de plongée.

1.1 - OBJECTIFS DE CE COURS

- PRÉPARATION À L'EXAMEN N4 GP :

CONNAISSANCES POUR L'ÉPREUVE (ÉCRITE) N° 10

1 — Connaissances	2 — Commentaires
Dissolution de l'azote dans l'organisme.	• Principe physique. • Différents états de saturation : sous saturation, saturation, sursaturation et sursaturation critique.
Modèle de Haldane.	• Notions de gradient, de période, de compartiment, de compartiment directeur, de coefficient de saturation, de coefficient de sursaturation critique et de courbe de saturation. • Aucun calcul, seule la connaissance des principes est exigée.
Autres modèles de décompression : Bühlmann, VPM et RGBM.	• Connaître les grandes lignes de ces modèles afin de pouvoir expliquer simplement : • La prévention des ADD. • Le principe des algorithmes utilisés par les principaux types d'ordinateurs du marché (<i>notion de M-Value et de taille critique des bulles</i>).

1.1 - OBJECTIFS DE CE COURS

- PRÉPARATION À L'EXAMEN N4 GP :

CONNAISSANCES POUR L'ÉPREUVE (ÉCRITE) N° 12

Optique.	• Description et conséquences pour le plongeur : — de l'absorption des couleurs en fonction de la profondeur, — de la réflexion et de la réfraction des rayons lumineux dans l'eau en plongée diurne et nocturne. Pas de calculs ni d'utilisation de formules trigonométriques, — du rétrécissement du champ de vision en immersion : conséquences. • Les explications peuvent être illustrées par des situations en lien avec l'activité de GP.
Acoustique.	• Description et conséquences pour le plongeur des différences des vitesses de propagation du son dans l'air et dans l'eau. • Les explications peuvent être illustrées par des calculs simples.

1.2 - RAPPELS

- PRESSIONS EN PLONGÉE :
- PRESSION AMBIANTE (ABSOLUE) : PRESSION QUI RÈGNE AUTOUR DE NOUS À LA PROFONDEUR D'IMMERSION => PABS
- PRESSION ATMOSPHÉRIQUE : PRESSION QUI RÈGNE AUTOUR DE NOUS HORS DE L'EAU À L'ENDROIT PRÉVU POUR S'IMMERGER => PATM
- PRESSION HYDROSTATIQUE : PRESSION DE LA COLONNE D'EAU AU-DESSUS DE NOUS EN IMMERSION (1 BAR TOUS LES 10 M EN EAU DOUCE) => PHYDRO
 - $PABS = PATM + HPYDRO$

1.2 - RAPPELS

- PRESSIONS PARTIELLES :

LA PRESSION PARTIELLE D'UN GAZ ÉLÉMENT D'UN MÉLANGE GAZEUX EST ÉGALE À LA PRESSION TOTALE DU MÉLANGE MULTIPLIÉE PAR LE POURCENTAGE DU GAZ DANS LE MÉLANGE

$$\begin{aligned}\Rightarrow \quad & PPGAZ1 = \%GAZ1 \times PTOTALE \\ & PPGAZ2 = \%GAZ2 \times PTOTALE \\ & PTOTALE = PPGAZ1 + PPGAZ2\end{aligned}$$

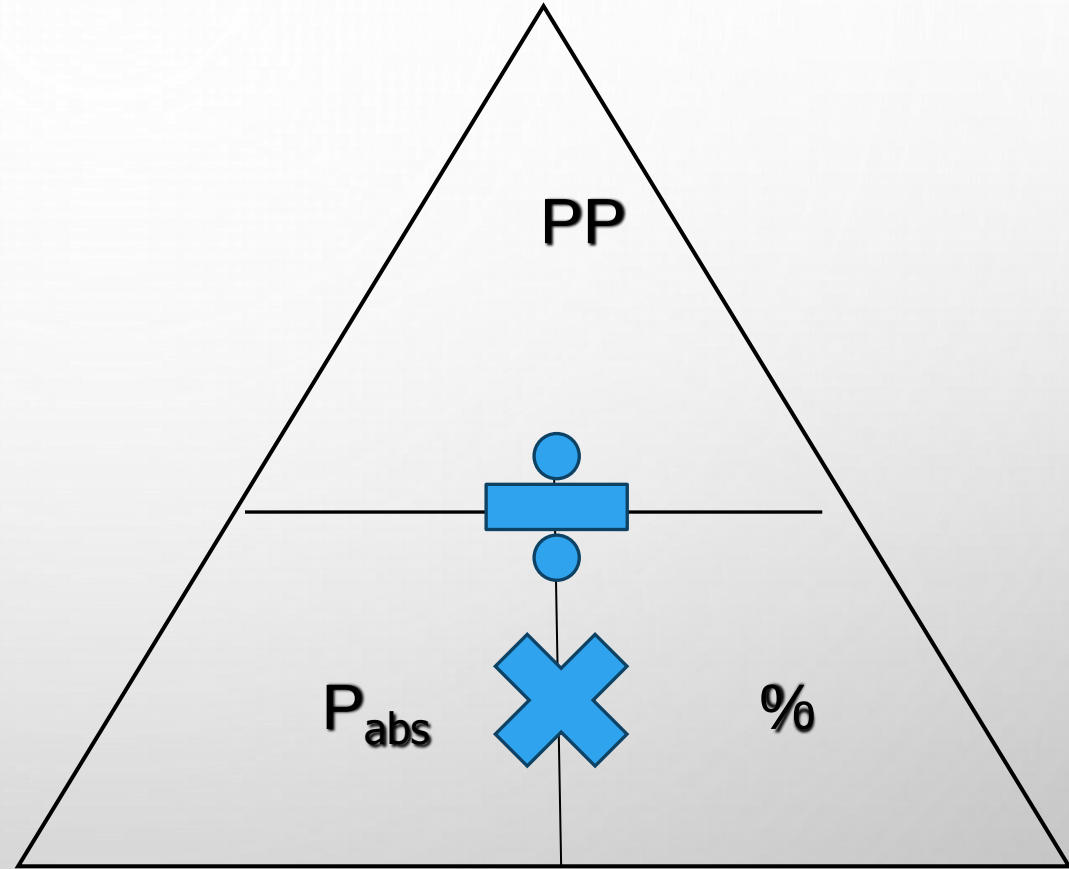
- L'AIR RESPIRÉ :

20% D'OXYGÈNE (O₂) + 80% D'AZOTE (N₂) (+ D'AUTRES QUI SONT NÉGLIGÉS)

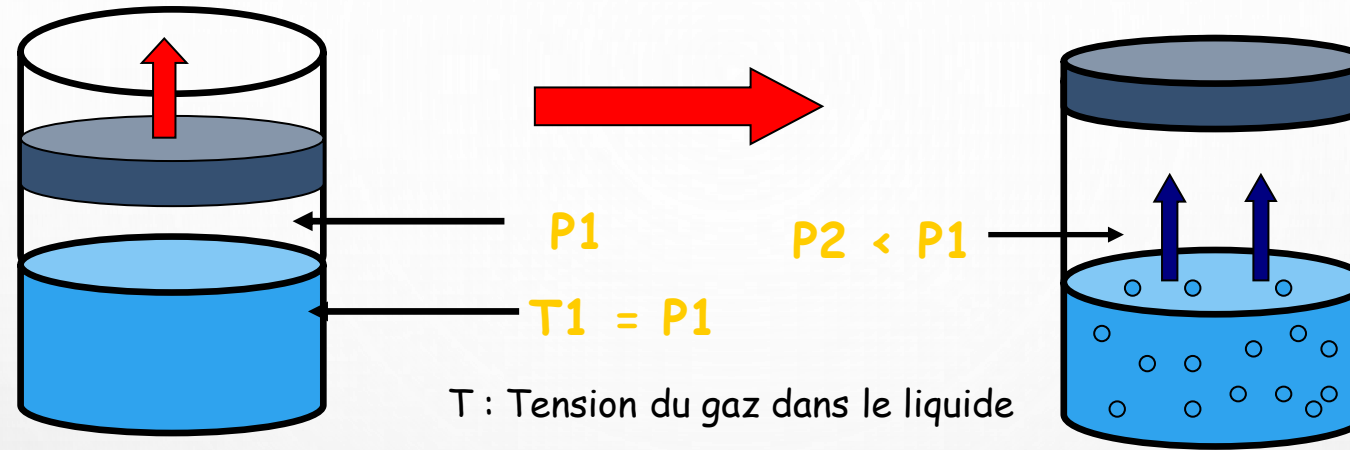
$$\begin{aligned}\Rightarrow \quad & PPO_2 = 20\% \times PABS \quad (= 0,2 \times PABS) \\ & PPN_2 = 80\% \times PABS \quad (= 0,8 \times PABS)\end{aligned}$$

1.2 - RAPPELS

- $PP = PABS \times \%$
- $PABS = PP / \%$
- $\% = PP / PABS$



2.1 – Dissolution de l'azote (la loi de Henry, en partie...)



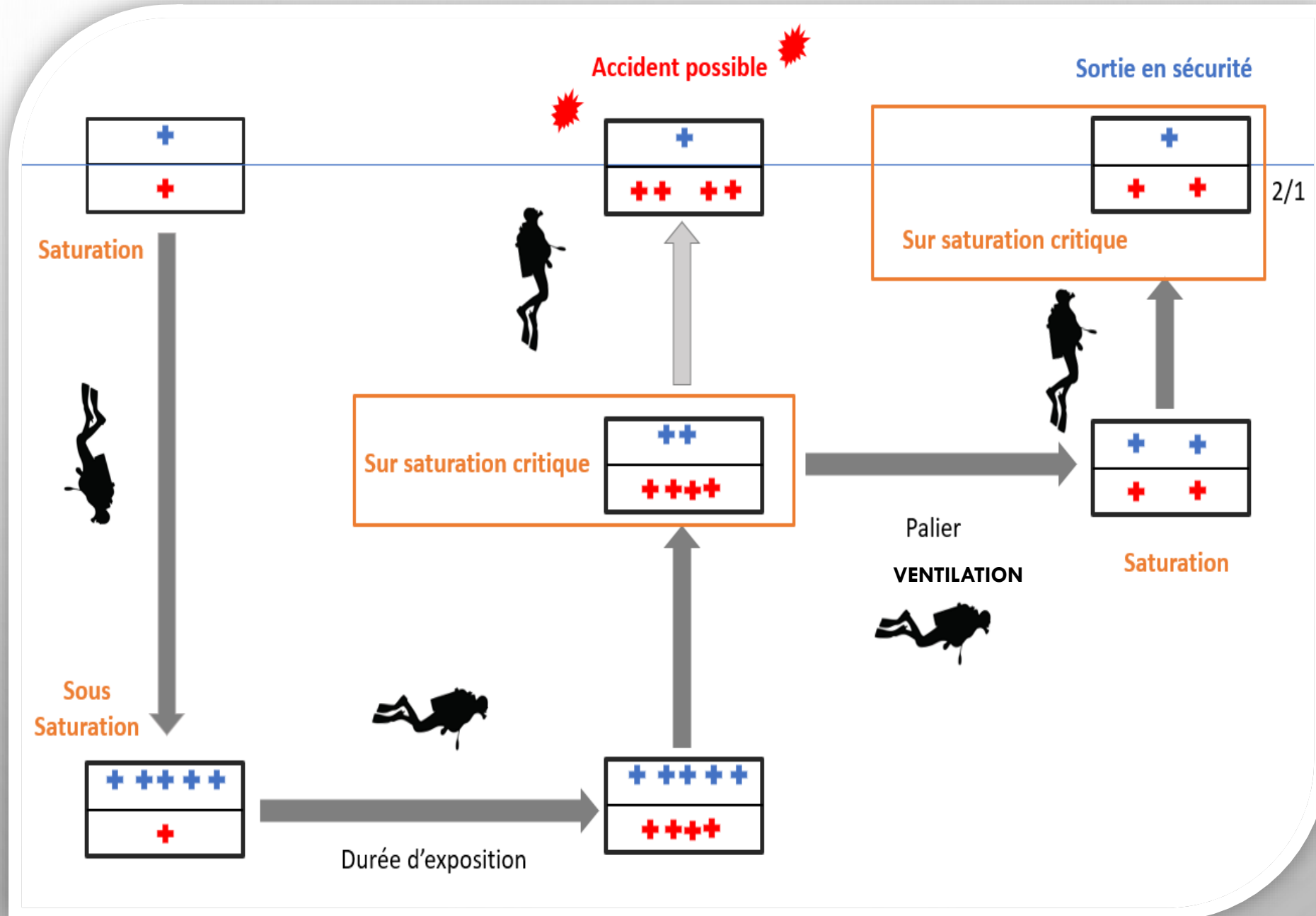
Le liquide contient des molécules de gaz dissous

Des bulles se forment. Le gaz dissous repasse donc à l'état gazeux

- A température donnée constante
- La quantité de gaz dissoute
- et à saturation
- dans un liquide
- est proportionnelle à la pression
- qui s'exerce à la surface du liquide

- ⇒ 37 ° : température du corps
- ⇒ S'exprime par la **TENSION**
- ⇒ Le plongeur n'est pas à saturation
- ⇒ Les cellules sont plus complexes
- ⇒ On utilise la pression partielle
- ⇒ Le contact se fait au niveau des capillaires

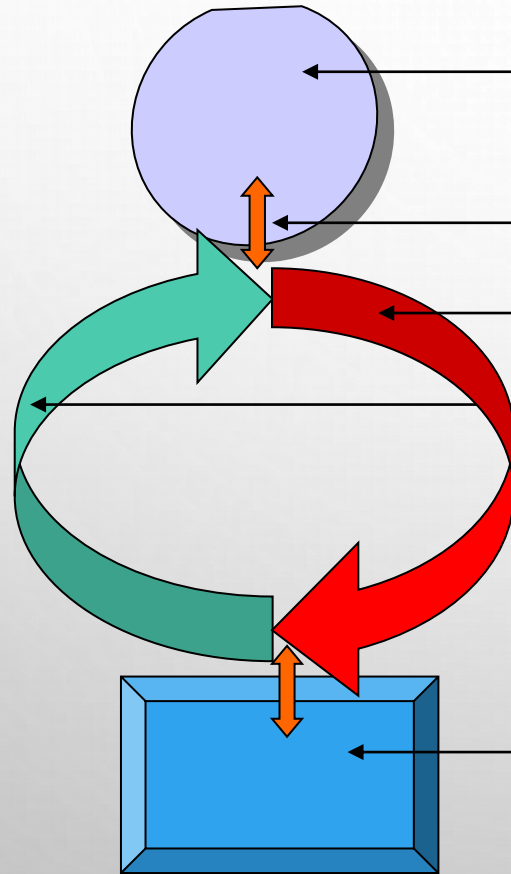
2.2 LES DIFFÉRENTS ÉTATS DE SATURATION (DE L'AZOTE DANS LE CORPS)



2.2 LES DIFFÉRENTS ÉTATS DE L'AZOTE DANS LE CORPS

A la surface : Pression atmosphérique = 1 bar
Pression partielle d'azote = 0,8 bar

Un tissu est un ensemble de cellules assurant une fonction commune



Alvéole : $P_p N_2 = 0,8 \text{ b}$

Équilibre

Sang hématosé : $TN_2 = 0,8 \text{ b}$

Sang non hématosé : $TN_2 = 0,8 \text{ b}$

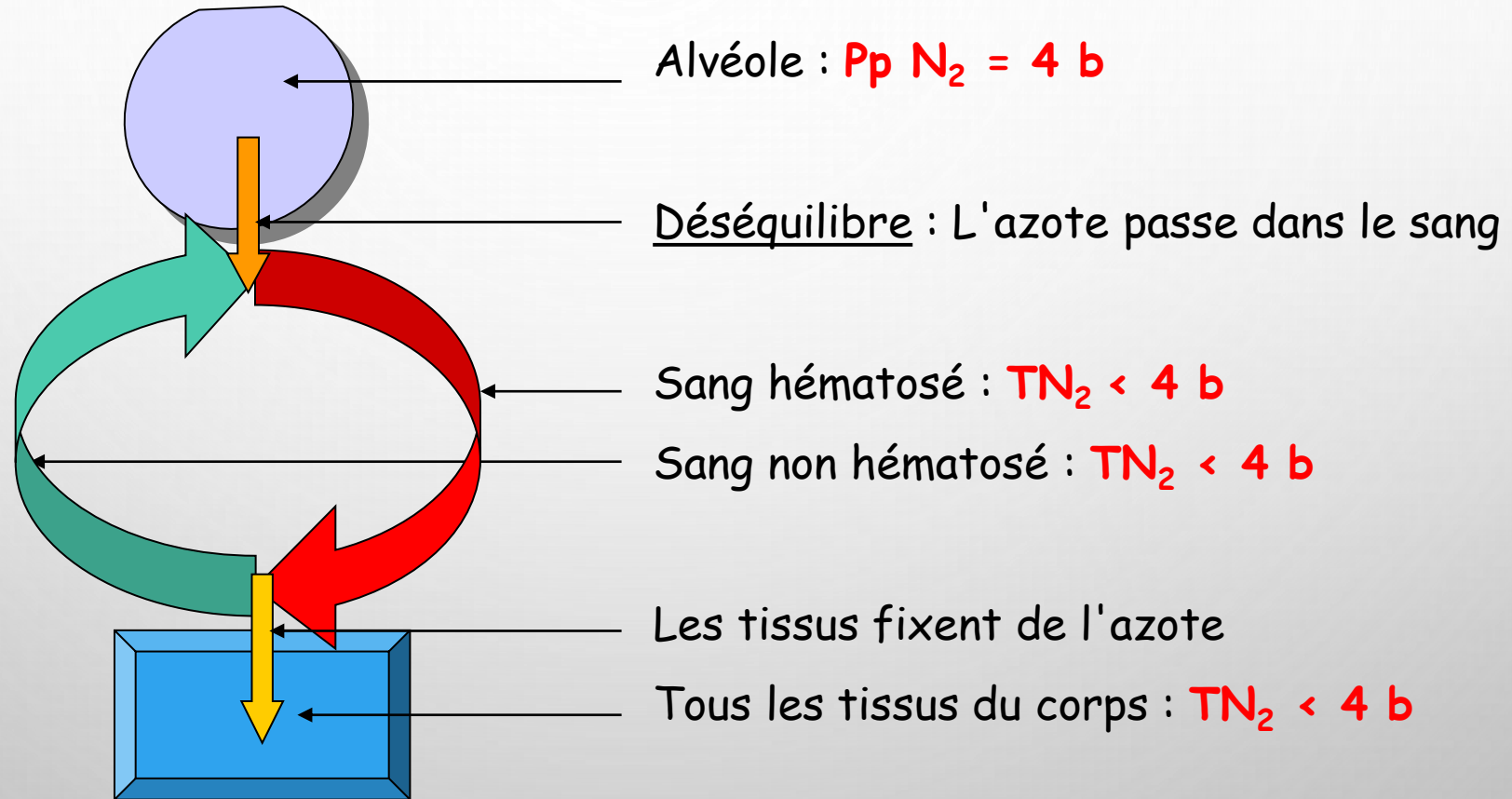
Tous les tissus du corps : $TN_2 = 0,8 \text{ b}$

1-L'état de saturation

2.2 LES DIFFÉRENTS ÉTATS DE L'AZOTE DANS LE CORPS

En immersion : $P_p N_2 > 0,8 \text{ b}$

A 40 m : $P_p N_2 = 4 \text{ b}$

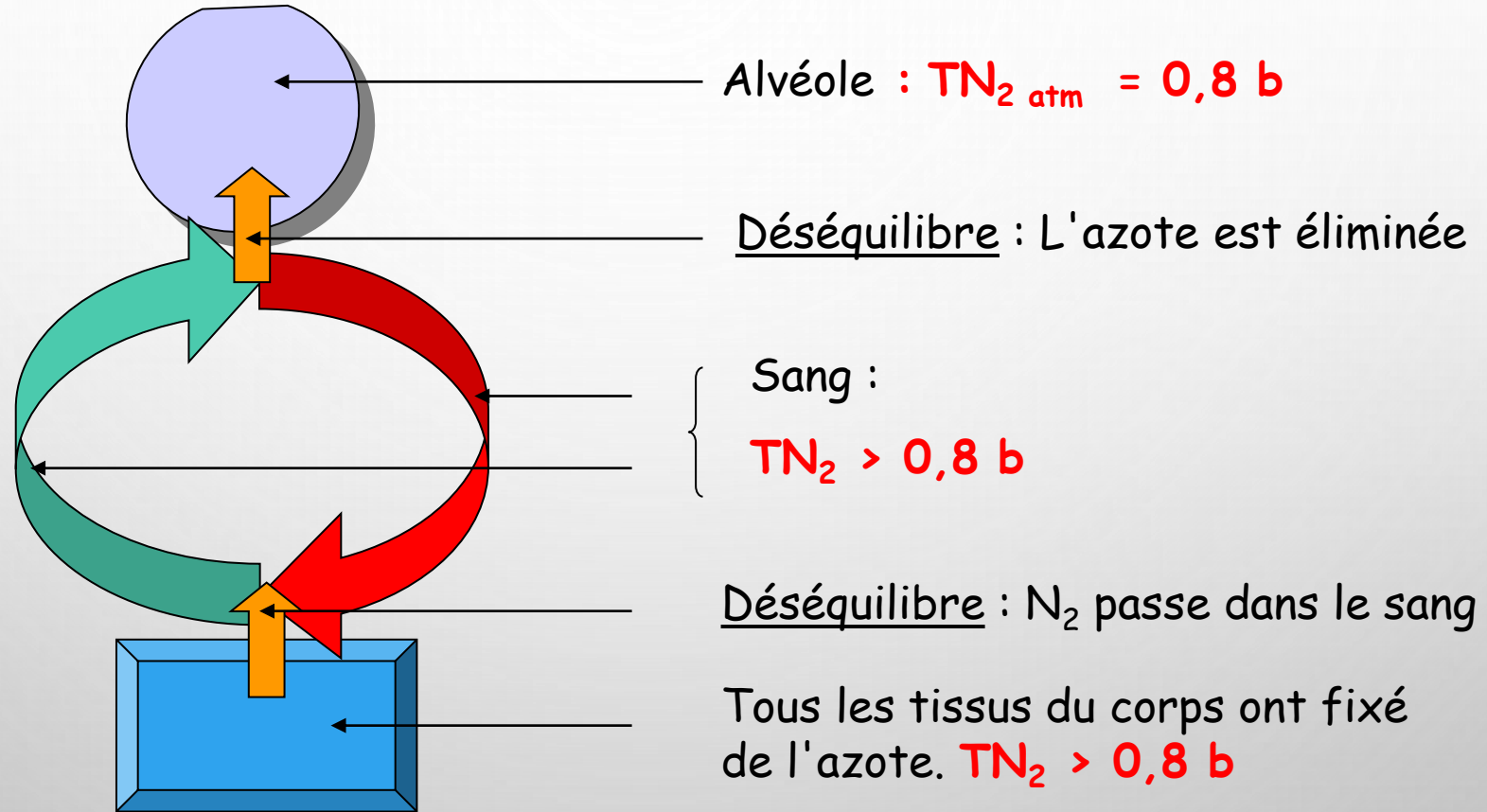


2- Les tissus du corps sont sous saturés

2.2 LES DIFFÉRENTS ÉTATS DE L'AZOTE DANS LE CORPS

Le retour en surface :

$$TN_2 \text{ tissus} > P_p \text{ atm } N_2$$



3- Les tissus sont sursaturés

3.1 QUANTIFIER L'AZOTE FIXÉE POUR CONSTRUIRE UN PROCESSUS DE DÉSATURATION : UN PROBLÈME DIFFICILE



Les différents tissus du corps ne fixent pas l'azote à la même vitesse



FACTEURS/PARAMÈTRES DE DISSOLUTION INVARIABLES:

- LA NATURE DU GAZ
- LA NATURE DU LIQUIDE (DU TISSUS)
- LA TEMPÉRATURE (INTERNE)

FACTEURS/PARAMÈTRES DE DISSOLUTION VARIABLES:

- LA PRESSION (PROFONDEUR)
- LE TEMPS D'EXPOSITION (DURÉE)
- L'AGITATION (LES EFFORTS)
- LA TEMPÉRATURE (EXTERNE)

L'ÂGE, LA CONDITION PHYSIQUE, LA DÉSHYDRATATION, L'EMBOINPOINT, PEUVENT MODIFIER LA SATURATION.



La quantification réelle de l'azote fixée est quasiment impossible. Il faut donc concevoir une modélisation théorique permettant de simplifier le problème. On espère que le calcul modélisé donnera un résultat fiable.

LE MODÈLE DE JOHN SCOTT HALDANE (1906)

Il considère que notre corps est assimilable à un ensemble de **compartiments**.

Un compartiment est un **tissu fictif** dont le comportement vis-à-vis de l'azote est constant et homogène.

Un compartiment n'a donc pas de correspondance avec un tissu physiologique.

3.2 La vitesse de fixation de l'azote dans un compartiment dépend de différents paramètres.

L'écart entre la tension dans le compartiment et la pression partielle qui s'exerce sur lui est nommé le **gradient**.

Exemple : Compartiment saturé à P atm: $T = 0.8 \text{ b}$

compartiment immergé à 40 m : $P_{pN2} = 4 \text{ b}$

$$G = 4 - 0,8 = 3,2 \text{ b}$$

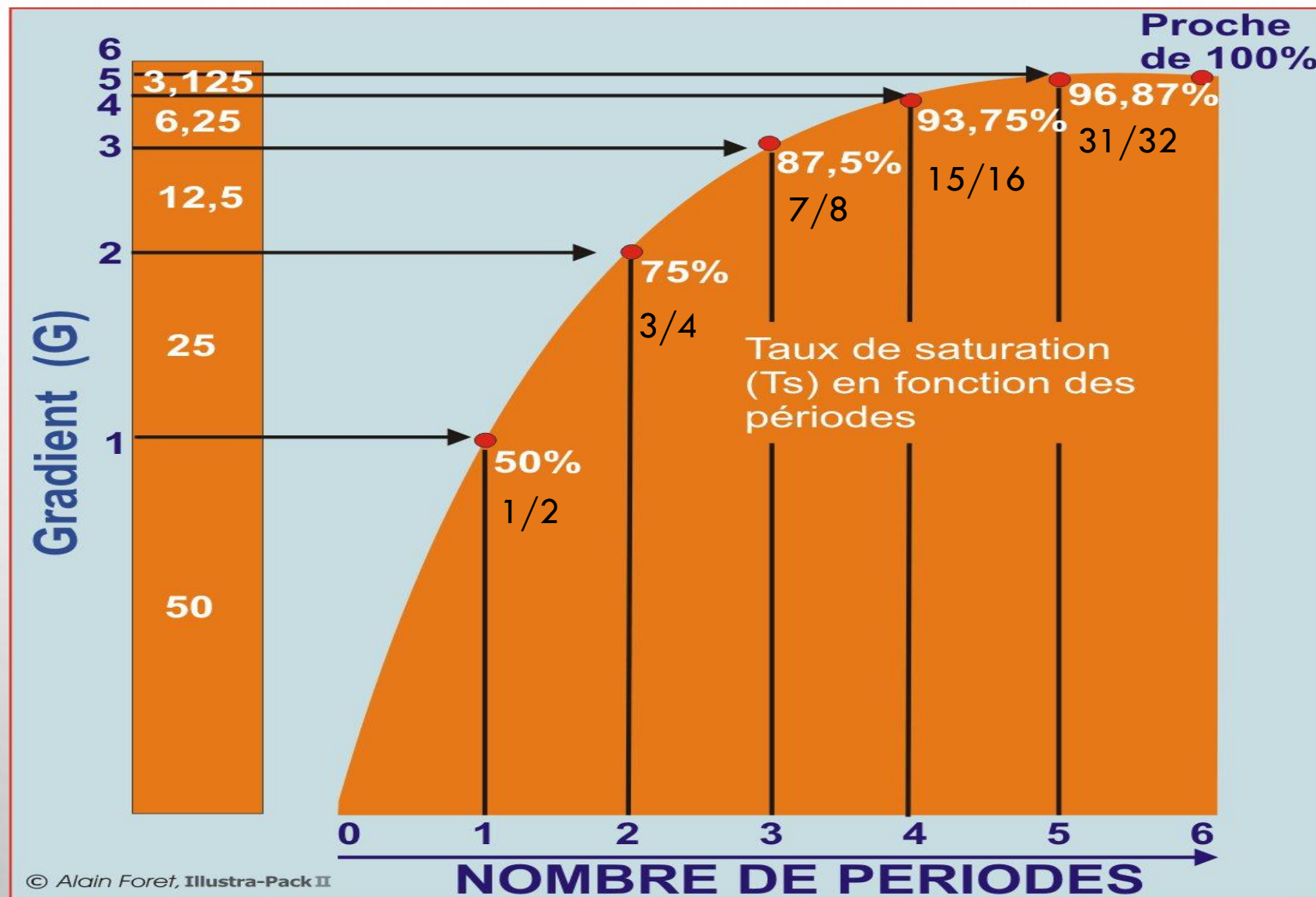
Chaque compartiment est caractérisé par sa **période**.

Au cours d'une période, par définition un compartiment fixe 50 % du gradient. De même, il peut perdre 50 % du gradient.

Exemple : Après une période à 40 m : $N_2 \text{ fixé} = 3,2 / 2 = 1,6$
Tension initiale $= 0,8 \text{ b}$. Il contient
donc désormais $1,6 + 0,8 = 2,4 \text{ b}$

Le choix du nombre de compartiments est arbitraire. J.S Haldane utilisait cinq compartiments. Les MN 90 utilisent 12 compartiments. Les tables Bühlman utilisent 8 compartiments.

3.2 COURBE DE SATURATION



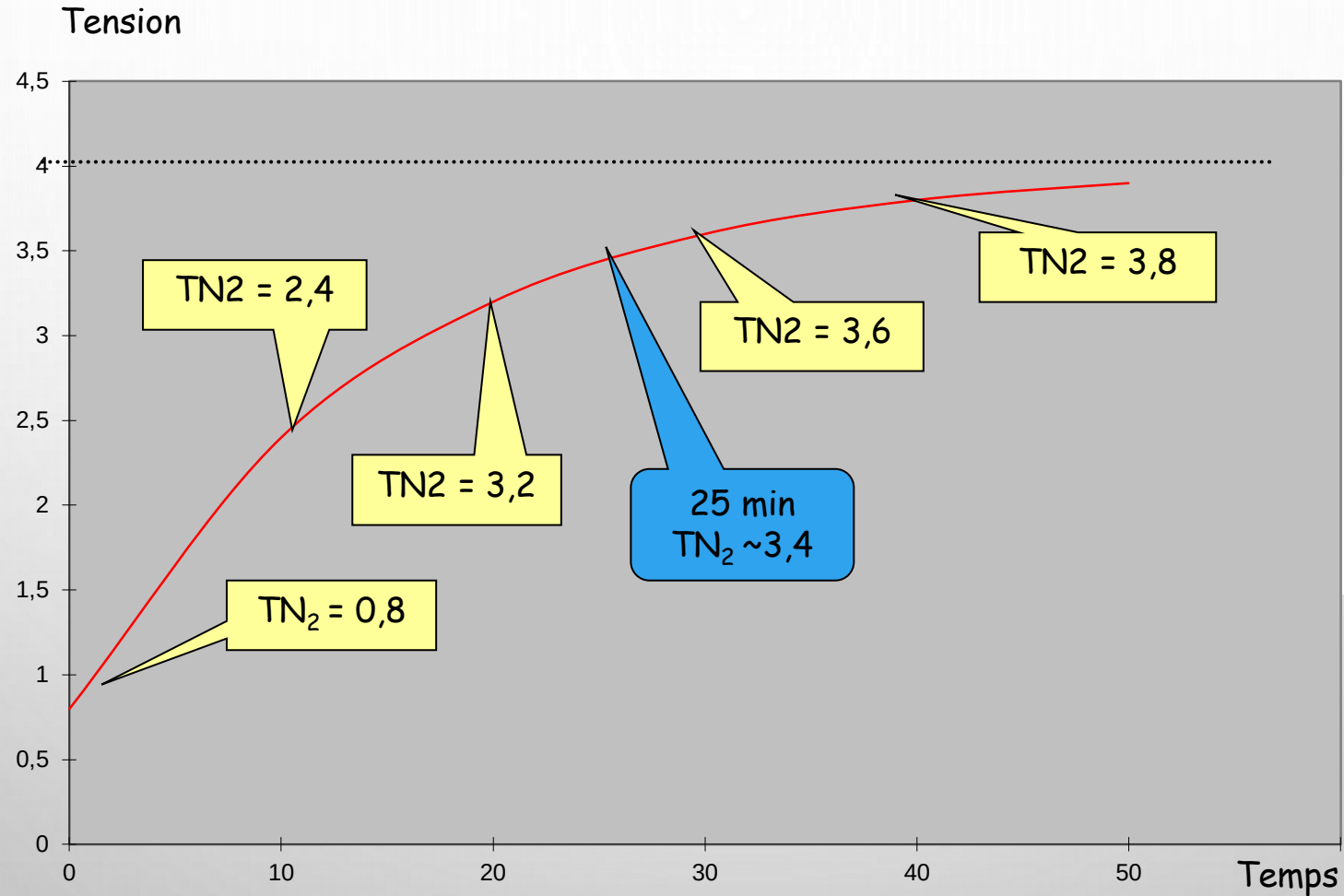
LA QUANTITÉ D'AZOTE FIXÉE PAR UN COMPARTIMENT DE PÉRIODE 10 MINUTES EXPOSÉ À UNE PRESSION PARTIELLE DE 4 B (40 M)

Temps	0	10	20	30	40	50
TN ₂ initial	0,8	0,8	2,4	3,2	3,6	3,8
Gradient		3,2	1,6	0,8	0,4	0,2
1/2 gradient		1,6	0,8	0,4	0,2	0,1
TN ₂	0,8	2,4	3,2	3,6	3,8	3,9

Le retour à la surface après 25 minutes d'immersion

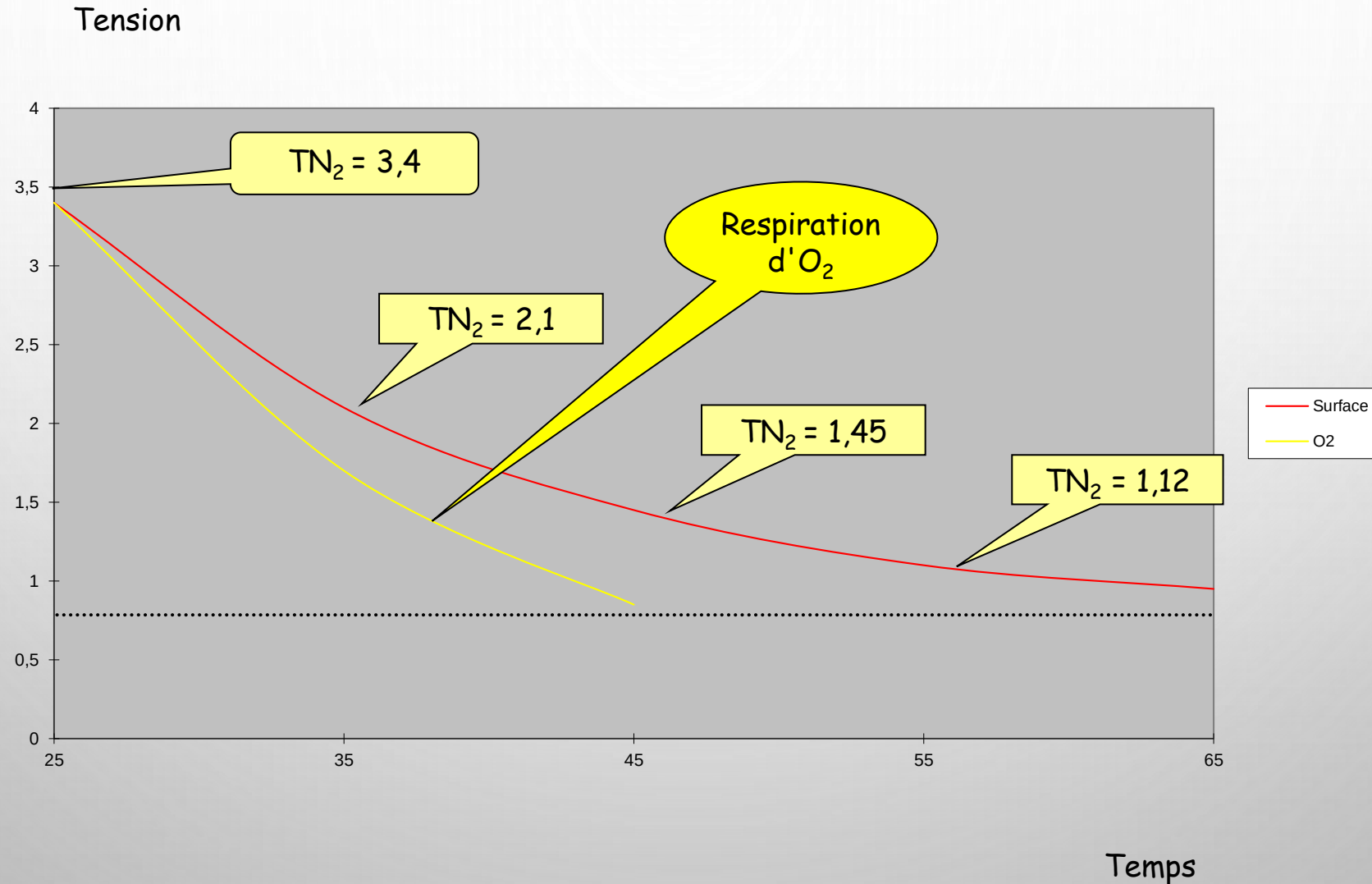
Temps	25	35	45	55
TN ₂ initial		3,4	2,1	1,45
Gradient		2,6	1,3	0,65
1/2 gradient		1,3	0,65	0,325
TN ₂	~3,4	2,1	1,45	1,125

Etude graphique de la tension dans ce compartiment exposé à 40 m



La formule : $TN_2 = T_0 + (T_f - T_0) (\text{Coef } \%)$

ETUDE GRAPHIQUE DU RETOUR À LA SURFACE DU COMPARTIMENT DE PÉRIODE 10 MINUTES APRÈS 25 MINUTES D'IMMERSION

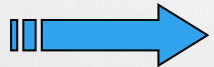


EVALUER LA TENSION ADMISSIBLE DANS UN COMPARTIMENT LORS DU RETOUR VERS LA SURFACE : LA SURSATURATION CRITIQUE



Le principe :

Lors de la remontée vers la surface, si l'écart entre la tension et la pression partielle est trop important, il y aura formation de bulles pathogènes (fictives).

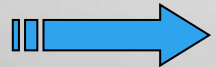


Le coefficient de sursaturation : $S = TN_2 / P_{abs}$



La limite admissible :

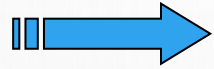
Le coefficient de sursaturation critique. S_c
arbitrairement fixée par le concepteur de la table en fonction du choix de rendre la table plus ou moins exigeante.



Les limites choisies par la table MN 90

P (min)	5	7	10	15	20	30	40	50	60	80	100	120
Sc	2.72	2.54	2.38	2.20	2.04	1.82	1.68	1.61	1.58	1.56	1.55	1.54

DÉTERMINER LA PROFONDEUR PLAFOND ADMISSIBLE : LA PROFONDEUR DES PALIERS.



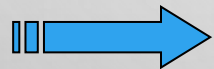
Le principe :

On identifie le compartiment directeur : C'est le compartiment qui impose un arrêt pour que son coefficient de sursaturation critique ne soit pas dépassé.



La pression admissible ne doit pas être dépassée. On en déduit la profondeur plafond.

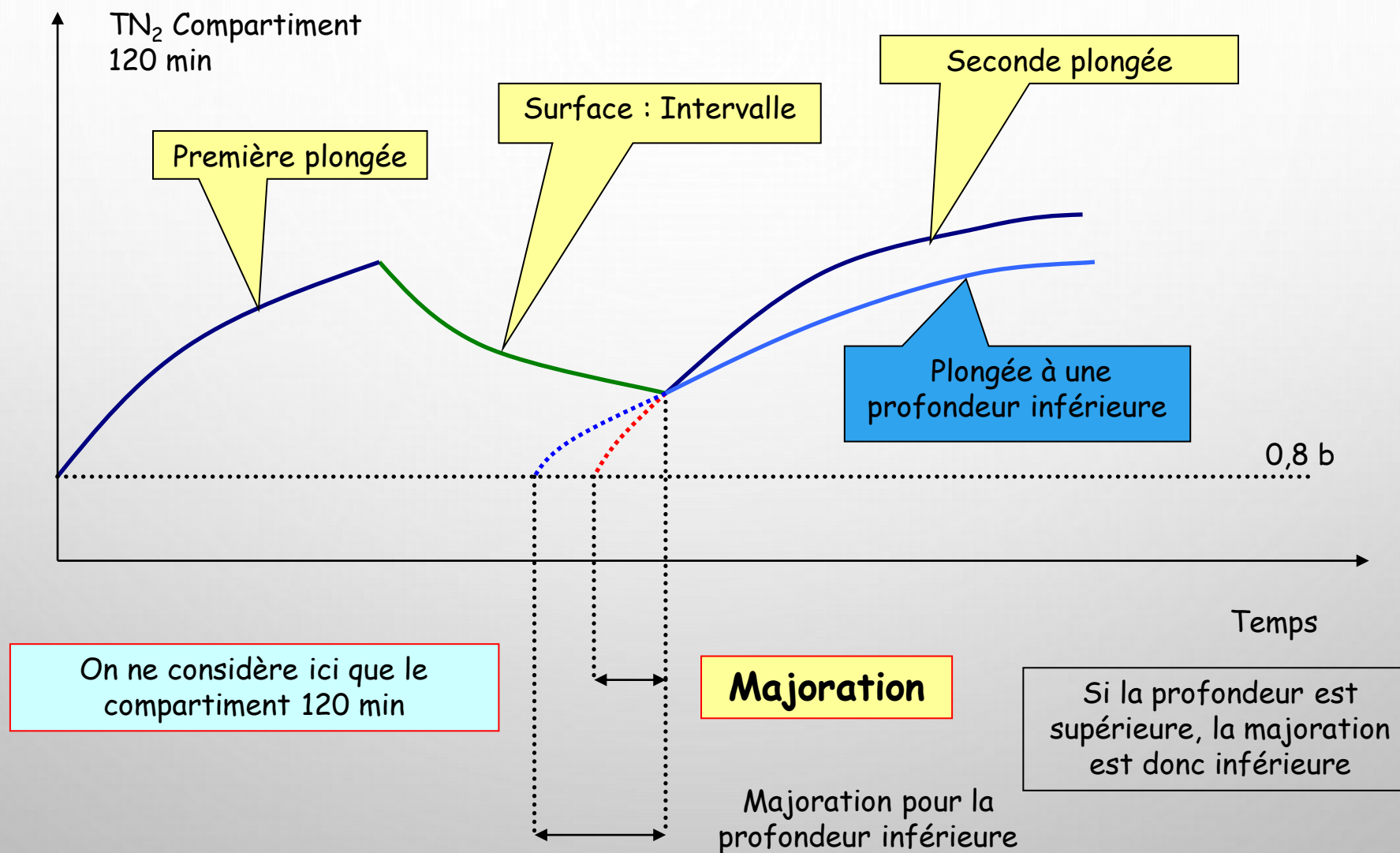
On choisit la profondeur du palier (conventionnellement fixée de 3 en 3 m) immédiatement inférieure à la profondeur plafond.



Pression admissible = $TN\ 2 / Sc$ du compartiment directeur

La détermination de la durée du palier résulte d'un calcul mathématique à partir de la formule exponentielle. Ce calcul est hors sujet.

LA NOTION DE MAJORATION



3.1 LES PARAMÈTRES/FACTEURS DE LA DISSOLUTION (POUR MERCREDI LE 11 DÉCEMBRE 2024)

[illegible]

**EXEMPLE CHIFFRÉ
: (PLONGÉE DE
120MN À 50
MÈTRES, COMP.
5', 30', 60', 120'.)
NBR DE PÉRIODES
ET TF N2 ?**

PRESSION ABSOLUE À 50M = 6 BARS.

PPN2 = TENSION FINALE MAX DE N² = 0,8 X 6 = **4,8 BARS**

NOMBRE DE PÉRIODES POUR LE COMP. 5' ET TF N2 ? :

120 / 5 = 24 PÉRIODES = TF = **4,8 BARS**

NOMBRE DE PÉRIODES POUR LE COMP. 30' ET TF N2 ? :

120 / 30 = 4 PÉRIODES = (4,8 – 0,8) X 93,75 / 100 + 0,8 = **4,55 BARS**

NOMBRE DE PÉRIODES POUR LE COMP. 60' ET TF N2 ? :

120 / 60 = 2 PÉRIODES = (4,8 – 0,8) X 75 / 100 + 0,8 = **3,8 BARS**

NOMBRE DE PÉRIODES POUR LE COMP. 120' ET TF N2 ? :

120 / 120 = 1 PÉRIODES = (4,8 – 0,8) X 50 / 100 + 0,8 = **2,8 BARS**

SUITE : PALIERS C5, C30, C60, C120 ?

P (min)	5	7	10	15	20	30	40	50	60	80	100	120
Sc	2.72	2.54	2.38	2.20	2.04	1.82	1.68	1.61	1.58	1.56	1.55	1.54

PROFONDEUR DES PALIERS POUR C5 (TF N2=4,8B) ? C30 (TF N2=4,55B) ? C60 (TF N2=3,8B) ? ET C120 (TF N2=2,8B) ? :

COMPART. 5' = $4,8 / 2,72 = 1,76$ BARS = **7,60 MÈTRES**

COMPART. 30' = $4,55 / 1,82 = 2,5$ BARS = **15 MÈTRES**

COMPART. 60' = $3,8 / 1,58 = 2,40$ BARS = **14 MÈTRES**

COMPART. 120' = $2,8 / 1,54 = 1,81$ = **8,10 MÈTRES**

LE COMPARTIMENT DIRECTEUR EST LE C30 QUI IMPOSE LE PREMIER PALIER À 15 M.



LA DÉSATURATION

MN90 LES 12 COMPARTIMENTS ET LES COEFFICIENTS SC

5'	7'	10'	15'	20'	30'	40'	50'	60'	80'	100'	120'
2,72	2,54	2,38	2,20	2,04	1,82	1,68	1,61	1,58	1,56	1,55	1,54

LA TABLE GERS 65

➤ GERS 1965 = GROUPE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES SOUS-MARINE.

➤ QUATRE COMPARTIMENTS:

7'	30'	60'	120'
2,56	1,84	1,60	1,60

4. LES M-VALUES (ROBERT WORKMAN)

LES M-VALUES

- M-VALUE VEUT DIRE VALEUR MAXIMALE.
- POUR UNE PRESSION AMBIANTE DONNÉE, LA M-VALUE EST LA PRESSION MAXIMALE QU'UN COMPARTIMENT PEUT SUPPORTER SANS PRÉSENTER DES SYMPTÔMES DE LA MALADIE DE DÉSATURATION.
- WORKMAN UTILISAIT LA PRESSION RELATIVE, ALORS QUE BÜHLMANN UTILISAIT LA PRESSION ABSOLUE QUI EST DE 1 BAR SUPÉRIEUR.

DIFFÉRENCES ENTRE SC ET M-VALUES

- MN90 = 12 COMPARTIMENTS
- CHAQUE COMPARTIMENT POSSÈDE UN SC PROPRE
- CHAQUE SC EST FIXE QUELQUE SOIT LA PROFONDEUR.

5'	7'	10'	15'	20'	30'	40'	50'	60'	80'	100'	120'
2,72	2,54	2,38	2,20	2,04	1,82	1,68	1,61	1,58	1,56	1,55	1,54

- LES M-VALUES DÉTERMINENT UN SC POUR CHAQUE COMPARTIMENT, MAIS À LA DIFFÉRENCE DES MN90 CETTE VALEUR EST VARIABLE SELON LA PROFONDEUR.



LES MODÈLES DE DÉSATURATION

LE MODÈLE DE DÉSATURATION (ALBERT BÜHLMANN)

REPRENANT LES TRAVAUX SUR LE MODÈLE HALDANIEN, IL APPORTE DES MODIFICATIONS CONCERNANT LA COMPOSITION DE L'AIR EN PRENANT NON PAS LA COMPOSITION **DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE**, MAIS LA COMPOSITION **DE L'AIR ALVÉOLAIRE**.

C'EST ELLE QUI VA RÉELLEMENT PARTICIPER AUX ÉCHANGES GAZEUX.

IL UTILISERA ÉGALEMENT LES M-VALUES (VALEUR MAXIMALE DE ROBERT WORKMAN) AU SEIN DE CHAQUE COMPARTIMENT, MAIS EN UTILISANT LA PRESSION ABSOLUE.

LE MODÈLE DE DÉSATURATION (ALBERT BÜHLMANN)



LES DEUX MODÈLES LES + UTILISÉS:

ZHL – 8 C ADT.

ZHL – 16 C ADT.

ZH = ZURICH

L = LIMITE

16 = 16 COUPLES DE M-VALUES

C = VARIANTE

LE MODÈLE VPM (MODÈLE À PERMÉABILITÉ VARIABLE)

DÉCOULANT D'UN GRAND TRAVAIL DE DAVID E. YOUNT, C'EST UNE RUPTURE AVEC LE MODÈLE HALDANIEN.

CES CRITÈRES LIMITES DE REMONTÉE NE S'APPUIENT PLUS SUR DES RATIOS DE SURSATURATION ENTRE **LA TENSION DES COMPARTIMENTS ET LA PRESSION AMBIANTE**, MAIS SUR DES **VOLUMES GAZEUX TOLÉRABLES POUR L'ORGANISME**.

ON NE NIE PAS L'EXISTENCE DES BULLES, MAIS ON LES ÉTUDIE, LES QUANTIFIE, ET ON LES QUALIFIE POUR PRÉDIRE DES PROFILS DE REMONTÉE PLUS PROCHE DE LA PHYSIOLOGIE HUMAINE.

LE MODÈLE VPM EST UTILISÉ DANS QUELQUES ORDINATEURS AINSI QUE DANS LE LOGICIEL VPLANNER.

LE MODÈLE RGBM (MODÈLE À RÉDUCTION DES BULLES)

EN 1990, BRUCE WIENKE DÉVELOPPE UNE ADAPTATION DU VPM QU'IL NOMMERA RGBM (REDUCED GRADIENT BUBBLE MODEL).

ON RETROUVE CES MODÈLES DANS LES ORDINATEURS SUUNTO, MARES, CRESSI, MAIS IL SEMBLERAIT QU'ILS NE SOIENT PAS TOUT À FAIT AFFRANCHIS DES MÉTHODES DE DÉCOMPRESSION HALDANIEN.



LE MODÈLE RGBM (MODÈLE À RÉDUCTION DES BULLES)

LES CRITÈRES DE REMONTÉE SEMBLANT ÊTRE BASÉS SUR LES LIMITES TRADITIONNELLES AUXQUELLES ON A RAJOUTÉ UN CONTRÔLE LIMITATIF SUR LE MODÈLE À BULLES.

LE RGBM N'A JAMAIS ÉTÉ PUBLIÉ SCIENTIFIQUEMENT, ET IL EST DIFFICILE DE L'ÉVALUER, CAR LES BASES DE CALCULS SONT BREVETÉES.



RENDRE L'ORDINATEUR PLUS SÉCURISANT

PROTECTIONS DES MICROBULLES (SUUNTO)

Niveau personnel	Explication
Plus agressif (-2)	Conditions idéales, niveau d'aptitude physique excellent, hautement expérimenté et ayant récemment effectué de nombreuses plongées
Agressif (-1)	Des conditions idéales, une aptitude physique correcte, ayant récemment effectué beaucoup de plongées
Valeur par défaut (0)	Conditions idéales (valeur sélectionnée par défaut)
Conservateur (+1)	Des facteurs ou conditions de risque existent
Plus conservateur (+2)	Plusieurs facteurs ou conditions de risque existent

PROTECTIONS DES MICROBULLES (UWATEC – SCUBAPRO)

ORDINATEUR G2 :

➤ 10 NIVEAUX DE SÉCURISATION

L0  L9

L0  L2 OU 3



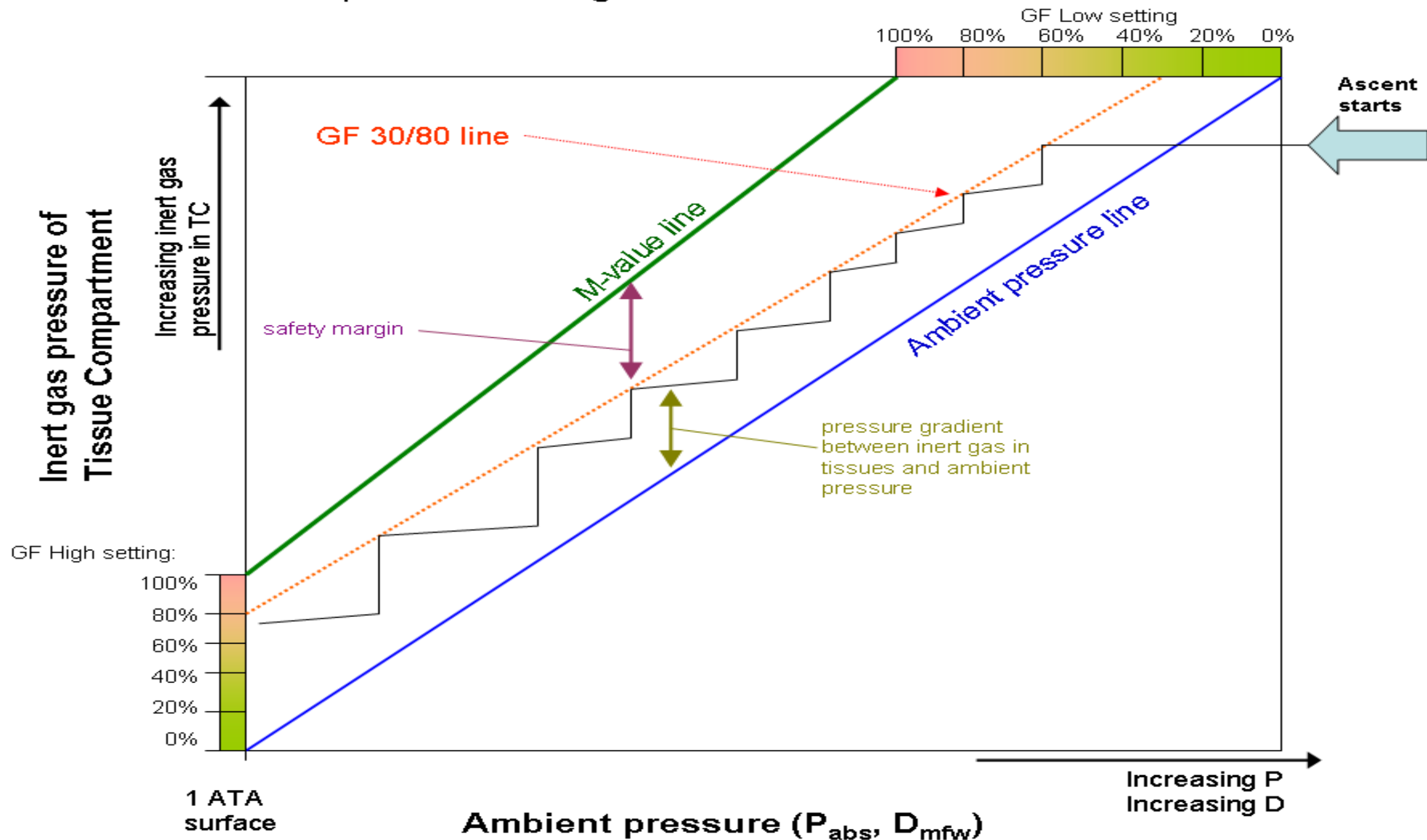
LES GRADIENT FACTORS

LES FACTEURS DE GRADIENT

ILS PERMETTENT DE GÉRER UN CONSERVATISME POUR LA DÉSATURATION EN
POUVANT INFLUENCER :

- SUR LA PROFONDEUR DU 1^{ER} PALIER (GF BAS-**LOW**)
- EN DÉTERMINANT LA DURÉE DES PALIERS PROCHE DE LA SURFACE (GF HAUT
HIGHT)

Decompression using Gradient Factors



EXEMPLE DE FACTEURS DE GRADIENT

	Principal	Réchappe
Air	80/80	100/100
Trimix avec plus d'azote	50/80	80/80
Trimix avec plus d'hélium	20/70	30/80

Facteurs de gradient Bühlmann

Time at level with different Gradient Factors:

Depth m (ft):	GF 10/90	GF 20/70	GF 30/85	GF 36/95	GF 100/100
50m (165 ft)	20	20	20	20	20
30m 100 ft)	1				
27m (90 ft)	1	1			
24m (80 ft)	1	1	1		
21m (70 ft)	1	2	1	1	
18m (60 ft)	1	3	2	2	
15m (50 ft)	3	3	3	2	
12m (40 ft)	3	5	3	3	2
9m (30 ft)	7	19	7	5	3
6m (20 ft)	5	6	5	4	4
3m (10 ft)	8	13	9	7	7
Total dive time:	54	67	54	48	40



5.1 VISION DANS L'EAU

1) LA VISION DANS L'EAU (OPTIQUE)

LES LOIS DE L'OPTIQUE, DANS LE MILIEU AQUATIQUE, SE TRADUISENT PAR UNE SÉRIE DE PHÉNOMÈNES DUS AUX RAYONS LUMINEUX, QUI CONDITIONNENT LA VISION DANS L'EAU.

LA LUMIÈRE: RADIATIONS ÉMISES PAR DES CORPS ÉLEVÉS À HAUTE TEMPÉRATURE (**INCANDESCENCE**) OU DES CORPS EXCITÉS (**LUMINESCENCE**)

UNE PARTIE DE LA LUMIÈRE SOLAIRE SE RÉFLÉCHIT DANS L'EAU, ET L'AUTRE PÉNÈTRE DANS L'EAU PLUS OU MOINS PROFONDÉMENT. LA QUANTITÉ DE LUMIÈRE DIMINUE RAPIDEMENT AVEC LA PROFONDEUR

VITESSE DE LA LUMIÈRE:

DANS L'AIR = **300.000 KM/SECONDE**

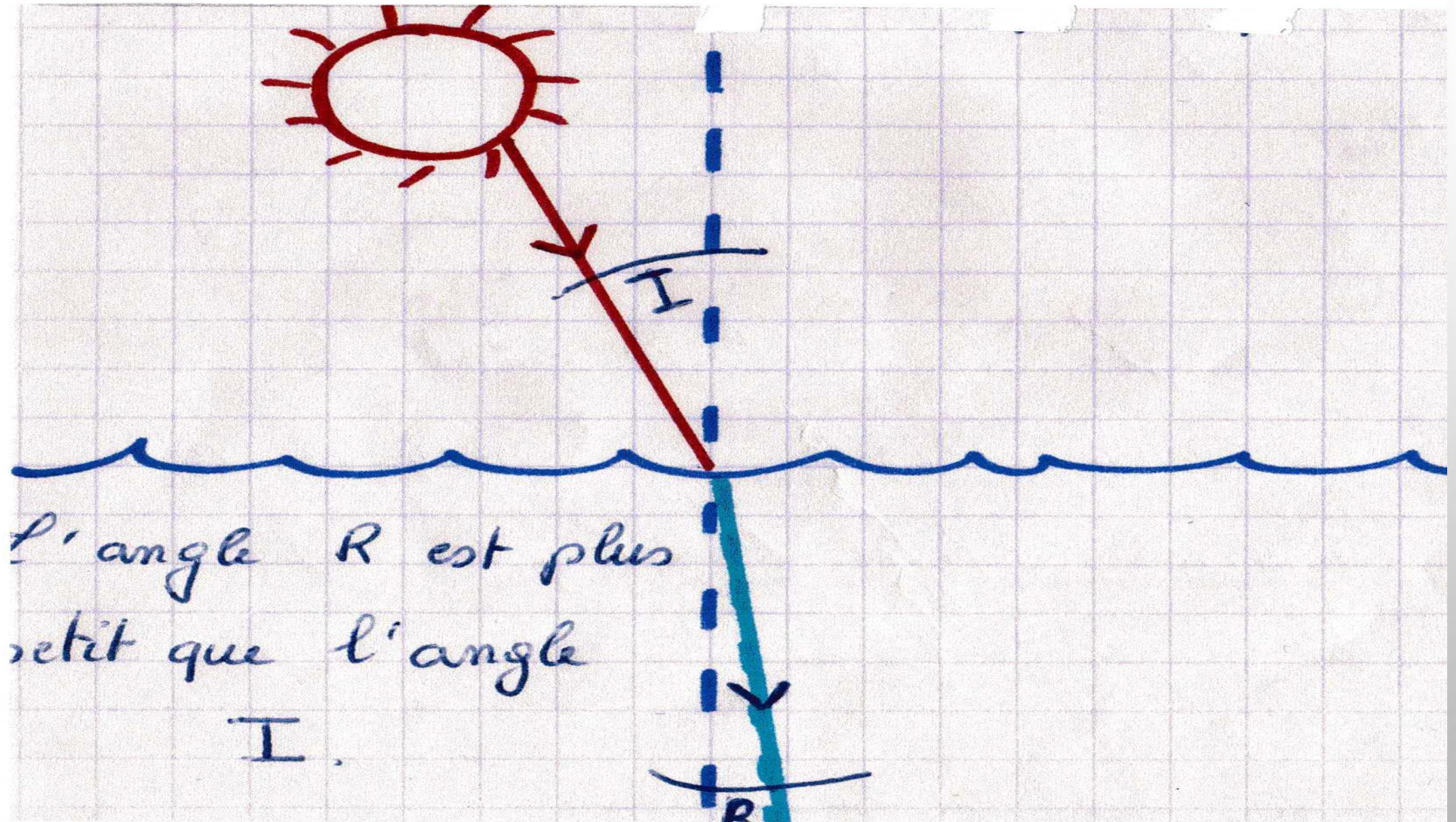
DANS L'EAU = **225.000 KM/SECONDE**

OPTIQUE - SUITE

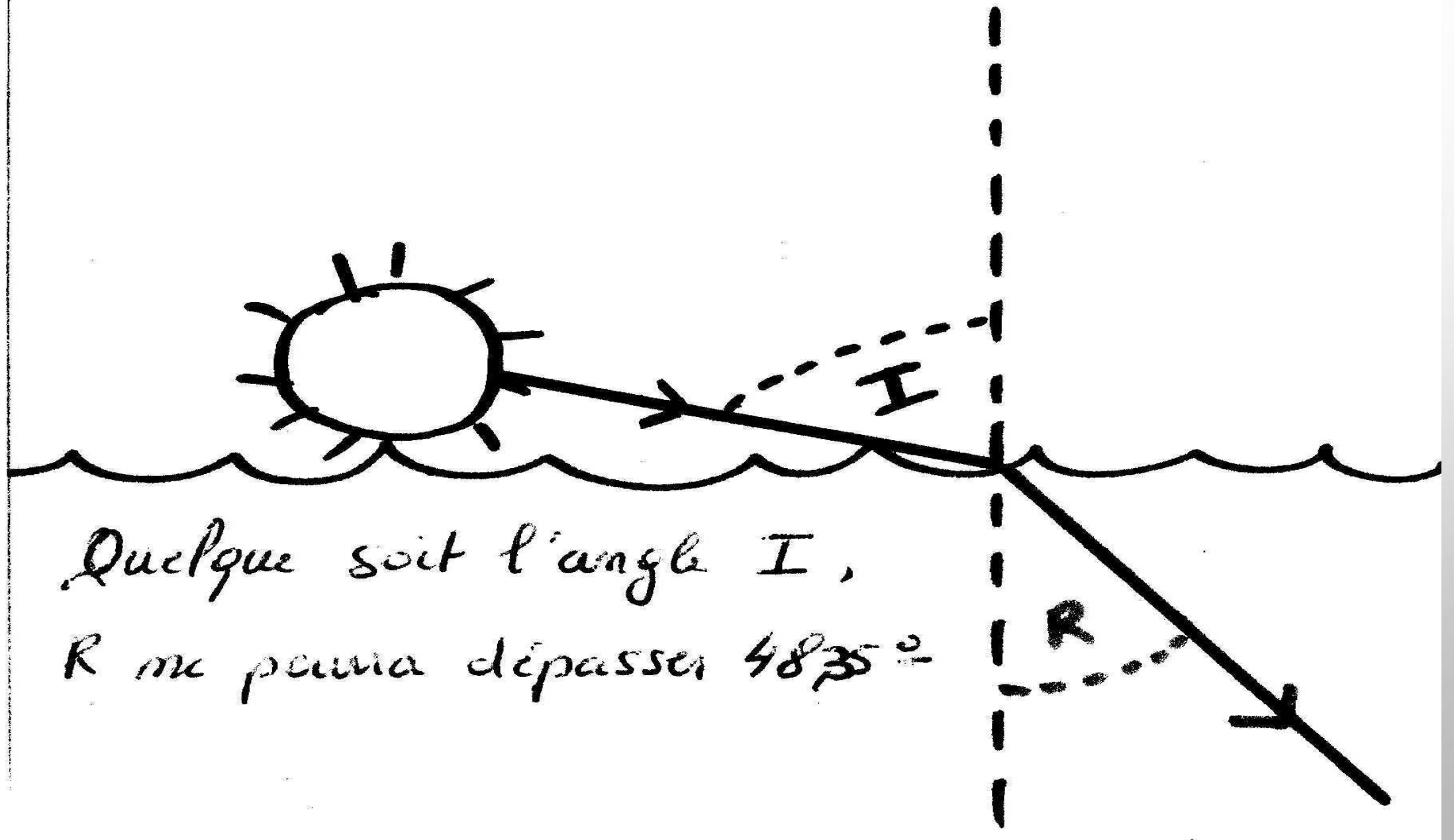
- EN ATTEIGNANT LA SURFACE DE L'EAU, ET EN Y PÉNÉTRANT, LES RAYONS LUMINEUX SONT SOUMIS À QUATRE PHÉNOMÈNES:
-
- ❑ **LA RÉFLEXION:** PARTIES DE LA LUMIÈRE QUI NE PÉNÈTRENT PAS DANS L'EAU, MAIS QUI SONT RÉFLÉCHIS, **L'ANGLE DE RÉFLEXION EST IDENTIQUE À L'ANGLE D'INCIDENCE**

 - ❑ **LA RÉFRACTION:** UN RAYON LUMINEUX NE PÉNÈTRE PAS DANS L'EAU SUIVANT LA MÊME DIRECTION QUE CELLE QU'IL AVAIT DANS L'AIR, ON DIT QU'IL EST RÉFRACTÉ (BÂTON QUI PARAÎT BRISÉ DANS L'EAU)
-
- L'ANGLE DE RAYON RÉFRACTÉ SERA PLUS PETIT QUE L'ANGLE D'INCIDENCE, ET L'ANGLE DE RAYON RÉFRACTÉ NE POURRA PAS DÉPASSER $48,35^\circ$ QUELQUE SOIT L'ANGLE D'INCIDENCE.

EXEMPLES

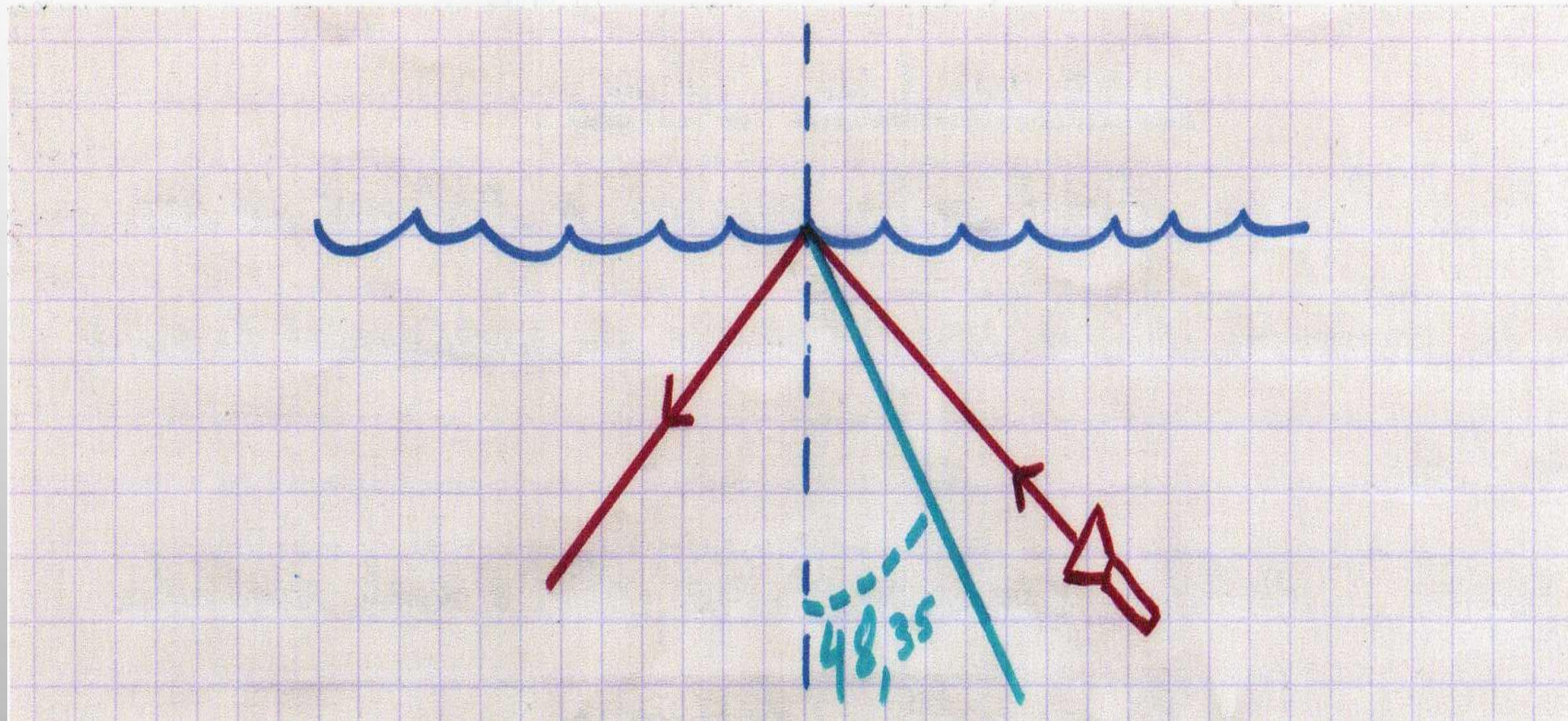


SUITE



SUITE

- DE MÊME QU'UN RAYON LUMINEUX PROVENANT DU FOND PAR UNE TORCHE, SI L'ANGLE QU'IL FAIT AVEC LA VERTICALE EST SUPÉRIEUR À $48,35^\circ$, LES RAYONS LUMINEUX NE TRAVERSENT PLUS LA SURFACE.



❑ **L'ABSORPTION:** C'EST LA PERTE RAPIDE DE SON INTENSITÉ LUMINEUSE UNE FOIS ENTRÉE DANS L'EAU. L'ÉNERGIE DE LA LUMIÈRE SE TRANSFORME EN CHALEUR.

❑ 0M = 100%

❑ 1M = 40%

❑ 10M = 14%

❑ 20M = 7%

❑ 40M = 1,5%

❑ 70M = 1%

SUITE

- ❑ **LA DIFFUSION:** LA DIFFUSION RÉSULTE DE L'EAU (DIFF. DE DENSITÉ) , ET DES PARTICULES EN SUSPENSION QUI DÉVIENT LES RAYONS LUMINEUX, LES MODIFIENT PAR RÉFRACTION, OU LES RÉFLÉCHISSENT, CE QUI PEUT PROVOQUER UN EFFET DE BROUILLARD.

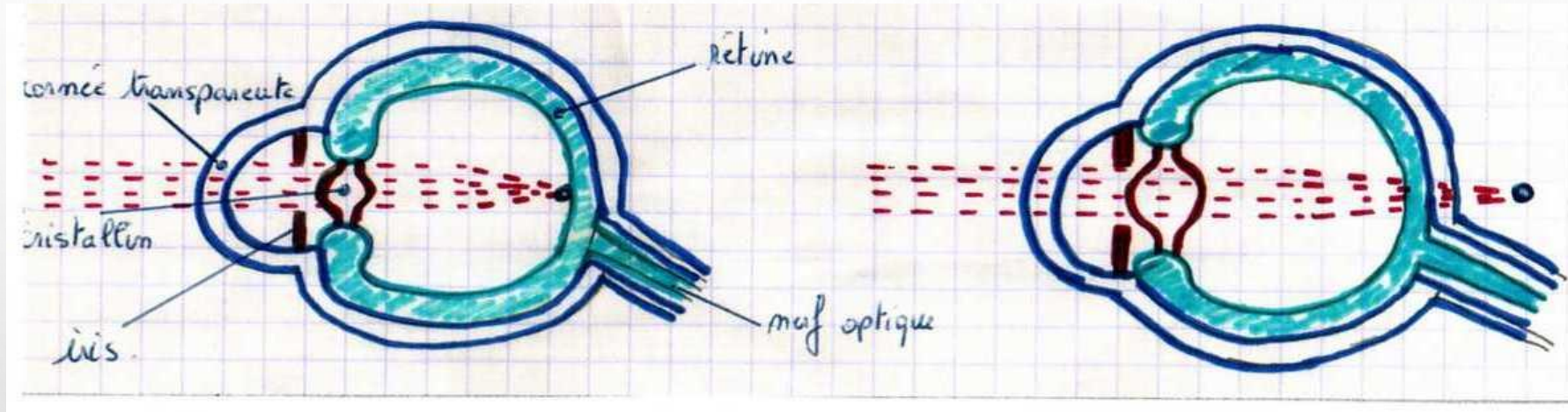
LES COULEURS

LA LUMIÈRE BLANCHE EST COMPOSÉE DE **SEPT COULEURS** COMME L'ARC EN CIEL.

- ❑ LE VIOLET
- ❑ L'INDIGO
- ❑ LE BLEU
- ❑ LE VERT
- ❑ LE JAUNE
- ❑ L'ORANGE
- ❑ LE ROUGE

2) VISION DANS L'EAU

EN OUVRANT LES YEUX SOUS L'EAU, ET SANS MASQUE, L'IMAGE EST FORMÉE EN ARRIÈRE DE LA RÉTINE (HYPERMÉTROPE) ET DONC LA VISION EST FLOUE.

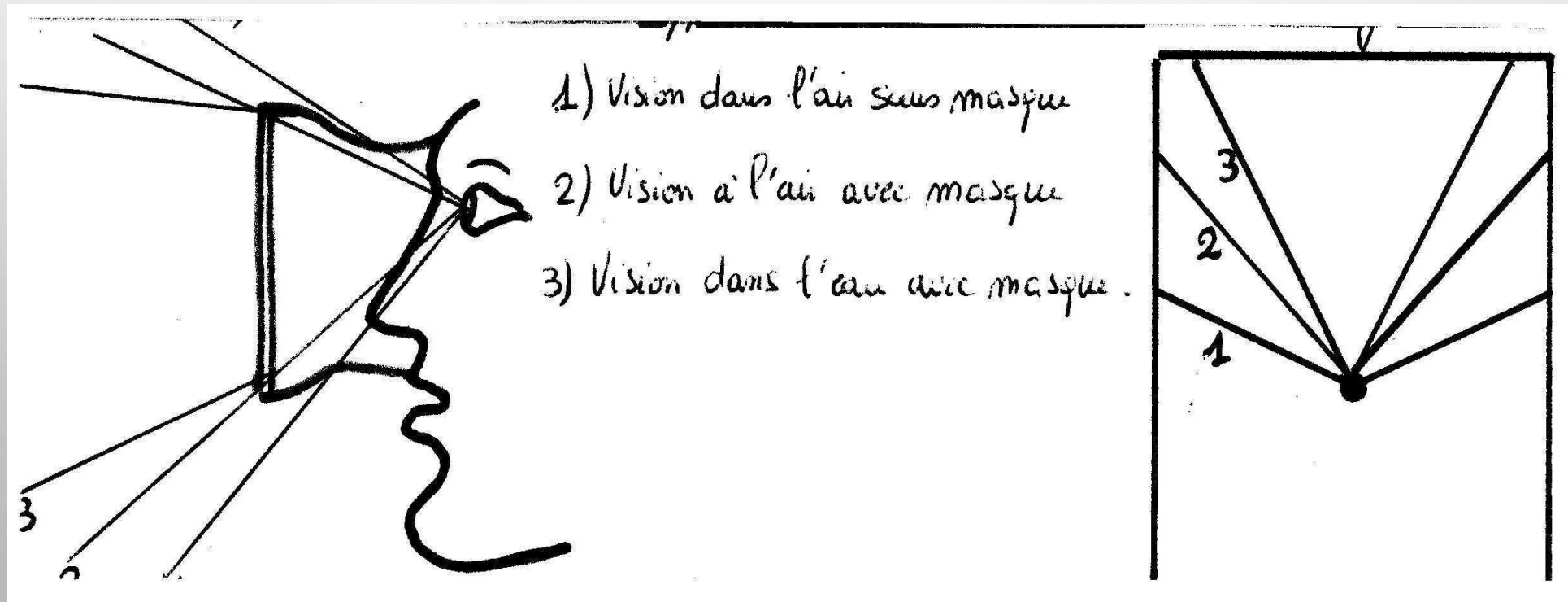


LE CRISTALLIN S'ACCOMMODE COMME UNE LENTILLE RÉGLABLE D'UN APPAREIL DE PROJECTION POUR QUE L'IMAGE SE FORME SUR LA RÉTINE. ELLE S'Y FORME À L'ENVERS ET EST TRANSMISE AU CERVEAU PAR LE NERF OPTIQUE. C'EST LE CERVEAU QUI ANALYSE L'IMAGE ET QUI RÉTABLIT LA VISION À L'ENDROIT.

SOUS L'EAU SEUL LE MASQUE PEUT RÉTABLIR LA VISION, EN METTANT DE L'AIR ENTRE L'EAU ET LES YEUX.

LES INCONVÉNIENTS DU MASQUE

- ❑ LES OBJETS VUS AU TRAVERS D'UN MASQUE SONT GROSSIS PAR UN PHÉNOMÈNE DE LOUPE, ET SONT $1/3$ PLUS GRAND QUE LA RÉALITÉ.
- ❑ LES OBJETS SEMBLANT PLUS PROCHES, LA DISTANCE APPARENTE EST ÉGALE AU $3/4$ DE LA DISTANCE RÉELLE.
- ❑ LE CHAMP DE VISION EST DIMINUÉ, LE MASQUE FAISANT OFFICE D'ŒILLÈRES DANS L'AIR. DANS L'EAU CE PHÉNOMÈNE EST ACCENTUÉ PAR LA RÉFRACTION.



SUITE

CE CHAMP DE VISION DIMINUÉ AVEC LE MASQUE OBLIGE LE PLONGEUR À TOURNER FRÉQUEMMENT LA TÊTE POUR VOIR AUTOUR DE LUI.

LA VISION DANS L'EAU DÉPEND ÉGALEMENT DE LA QUANTITÉ DE LUMIÈRE QUI PÉNÈTRE DANS L'EAU, (NUAGES, HAUTEUR DU SOLEIL, DE LA PROFONDEUR) ET DE LA TRANSPARENCE DE L'EAU.

EN MER LA VISIBILITÉ PEUT ALLER À 60M, À 20M ELLE EST CONSIDÉRÉE COMME BONNE.

4.2 L'ACOUSTIQUE

ACOUSTIQUE

LA VITESSE DE PROPAGATION D'UN SON **DANS L 'AIR** EST DE **330M/S**.

- **LE SON DANS L'AIR**

LA DISTANCE ENTRE LES DEUX OREILLES NOUS PERMET DE TROUVER SA PROVENANCE EN FONCTION QU'ELLE ARRIVE DE LA DROITE OU DE LA GAUCHE .

DISTANCE = VITESSE / TEMPS

$$D = V / T$$



ACOUSTIQUE

LE SON DANS LE MILIEU AQUATIQUE SE PROPAGE PAR VOIE OSSEUSES.

- **LE SON DANS L'EAU**

DANS L'EAU LA **VITESSE DU SON EST DE 1530 M/S.**

CETTE VITESSE, ET L'EAU AUTOUR DU CRANE EMPÊCHE L'OREILLE DE SAVOIR D'OÙ VIENT LE SON.



ACOUSTIQUE

LE FAIT DE MIEUX ENTENDRE LE SON, MAIS DE NE PAS SAVOIR D'OÙ IL VIENT NOUS OBLIGE À QUELQUES PRÉCAUTIONS:

- **LE SON ET SES DANGERS**

- FAIRE UN ARRÊT ENTRE 5 ET 3M.
- BIEN ÉCOUTER.
- FAIRE UN TOUR D'HORIZON.
- SE SIGNALER AVEC UN PARACHUTE.
- REMONTER DOUCEMENT À LA SURFACE EN SE TOURNANT.

BON COURAGE POUR LA SUITE

