

An underwater scene with sunlight filtering through the water, creating a dappled light effect on rocks and coral. The water is clear and blue, with some darker areas where the rocks are. The overall atmosphere is serene and natural.

Notions de physique appliquée à la plongée

Préparation niveau 2

Sommaire

- La pression
- Rapports pressions/volumes
- Autonomie en air
- La flottabilité
- Le son dans l'eau
- La vision sous-marine

Définition de la pression

- La pression est une force appliquée sur une surface

$$P = F / S$$

P : pression en Pascal (Pa)

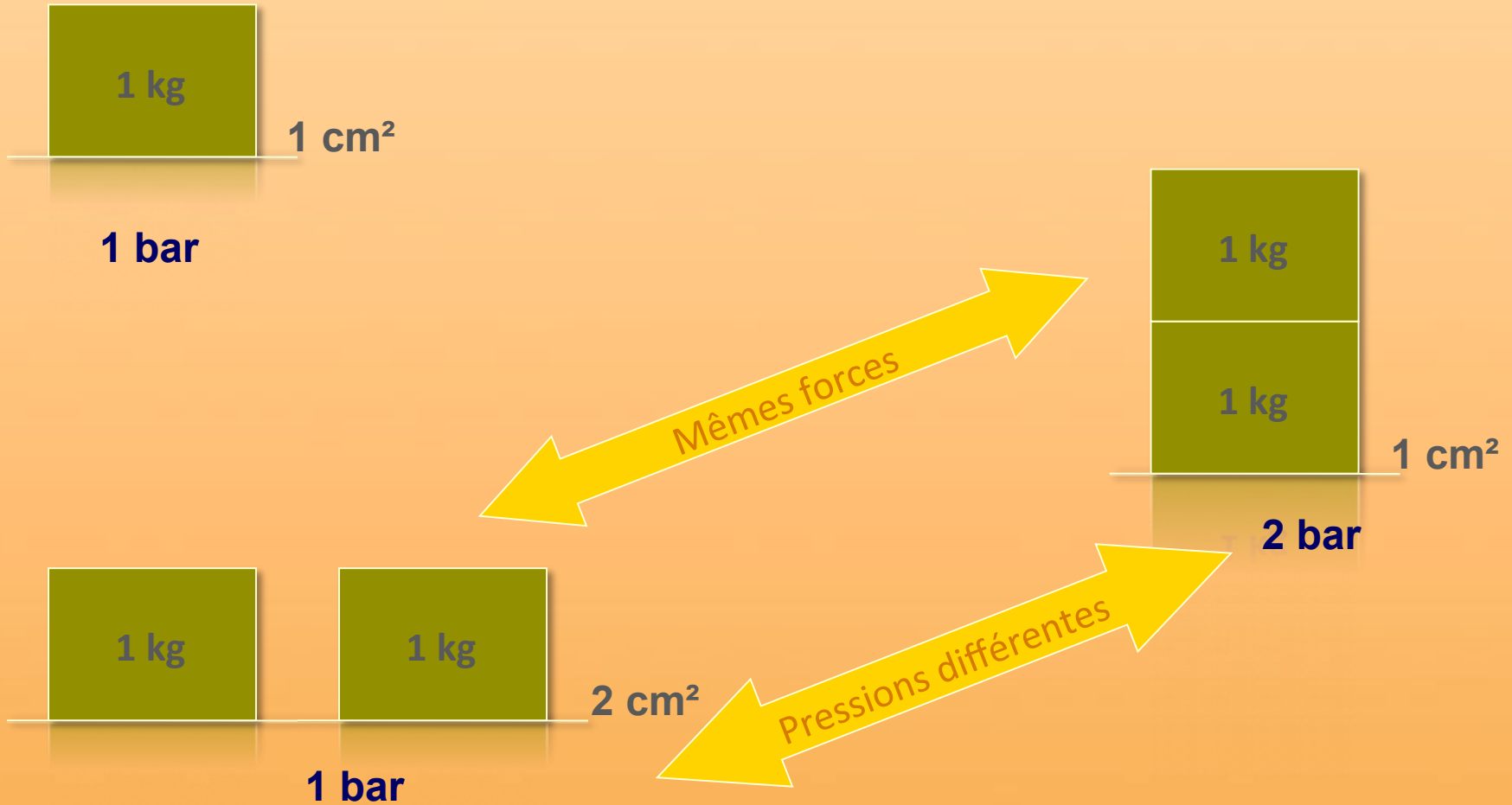
F : force en Newton (N)

S : surface en m²

- En plongée, on utilise principalement le bar (bar) ou l'atmosphère (atm)

$$1 \text{ bar} \approx 1 \text{ atm} \approx 10 \text{ N/cm}^2$$

La pression



La pression en plongée

- Pression **atmosphérique** P_{atm}

C'est le poids de l'atmosphère au niveau de la mer (0 m)

1013 mbar \approx 1 bar \approx 1 atm

- Pression **relative** (ou hydrostatique) P_{rel}

C'est le poids de l'eau au-dessus du plongeur

1 bar tous les 10 m d'eau, donc $P_{\text{rel}} = \text{profondeur}/10$

- Pression **absolue** P_{abs}

Somme des pressions atmosphérique et relative

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{rel}}$$

Exemples d'application

- Quelle est la pression relative à la surface ?

$$P_{rel} = 0/10 = 0 \text{ bar}$$

- À 10 m ?

$$P_{rel} = 10/10 = 1 \text{ bar}$$

- À 18 m ?

$$P_{rel} = 18/10 = 1,8 \text{ bar}$$

- À 30 m ?

$$P_{rel} = 30/10 = 3 \text{ bar}$$

Exemples d'application

- Quelle est la pression qui s'exerce sur le plongeur à la surface ?
- À 10 m ? $P_{abs} = 1 + 0 = 1 \text{ bar}$
- À 25 m ? $P_{abs} = 1 + 1 = 2 \text{ bar}$
- À quelle profondeur faut-il maintenant descendre pour doubler cette pression ? $P_{abs} = 1 + 2.5 = 3.5 \text{ bar}$

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{rel} = 7 \text{ bar}$$

$$P_{rel} = P_{abs} - P_{atm} = 7 - 1 = 6 \text{ bar} \rightarrow \text{à } 60 \text{ m}$$

Les variations de pression

- La pression atmosphérique est constante, mais la **pression relative** augmente de 1 bar tous les 10 m

Profondeur	Pression relative (bar)	Pression absolue (bar)
0 m	0	1
10 m	1	2
20 m	2	3
30 m	3	4
40 m	4	5



Les variations de pression sont très importantes vers la surface

Pression et volume



- Liquides et solides sont incompressibles, pas les gaz.
- Il existe une relation entre la pression d'un gaz, et le volume qu'il occupe :

À température constante, le volume occupé par une quantité de gaz donnée est inversement proportionnel à la pression qu'il subit

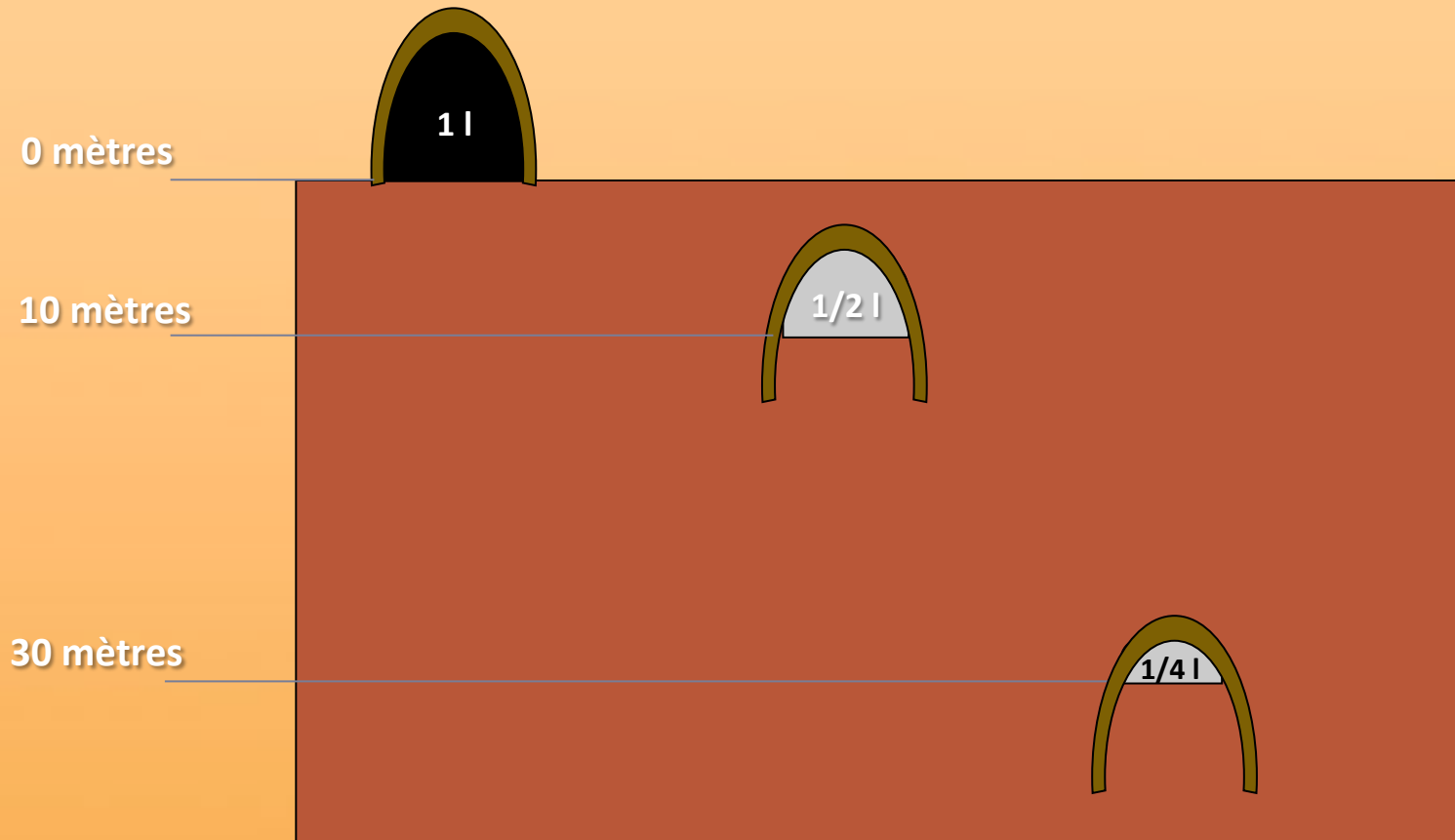
$$PV = \text{constante}$$

P : pression absolue en bars (bar)

V : volume en litres (l)

- Ce qui équivaut à $P_1V_1 = P_2V_2$

$$PV = C^{te}$$



Pression et volume

Un ballon rempli d'air a un volume de 4 l à 20 m.

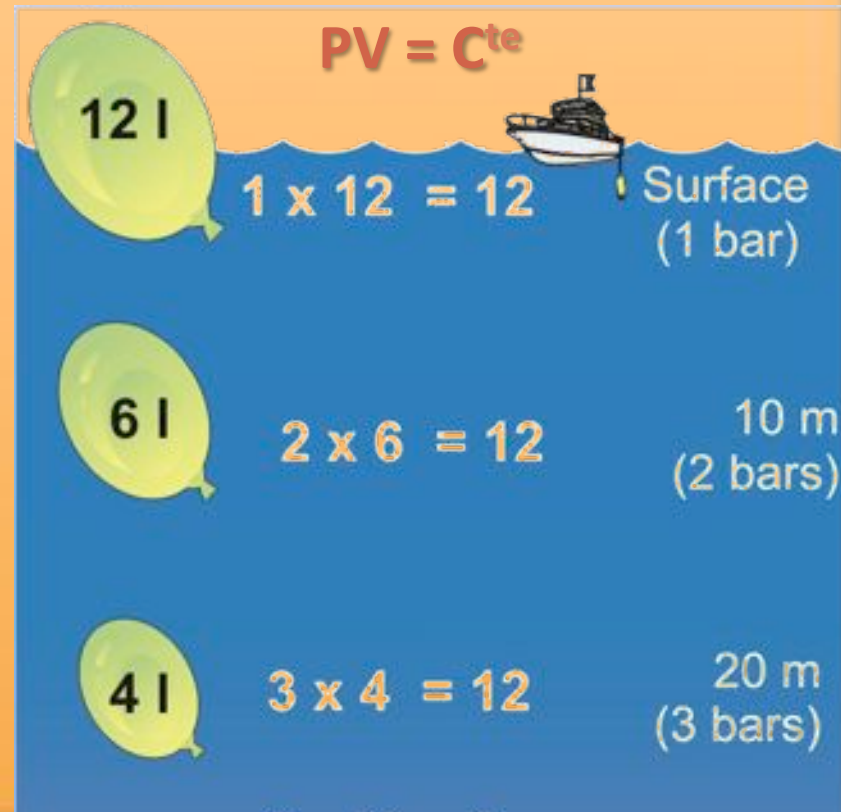
Quel est son volume à 10 m ? À la surface ?

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

- À 20 m, $V_1 = 4 \text{ l}$ $P_1 = 3 \text{ bar}$

- À 10 m, $P_2 = 2 \text{ bar}$
 $V_2 = P_1 V_1 / P_2 = 6 \text{ l}$

- À 0 m, $P_3 = 1 \text{ bar}$
 $V_3 = P_1 V_1 / P_3 = 12 \text{ l}$

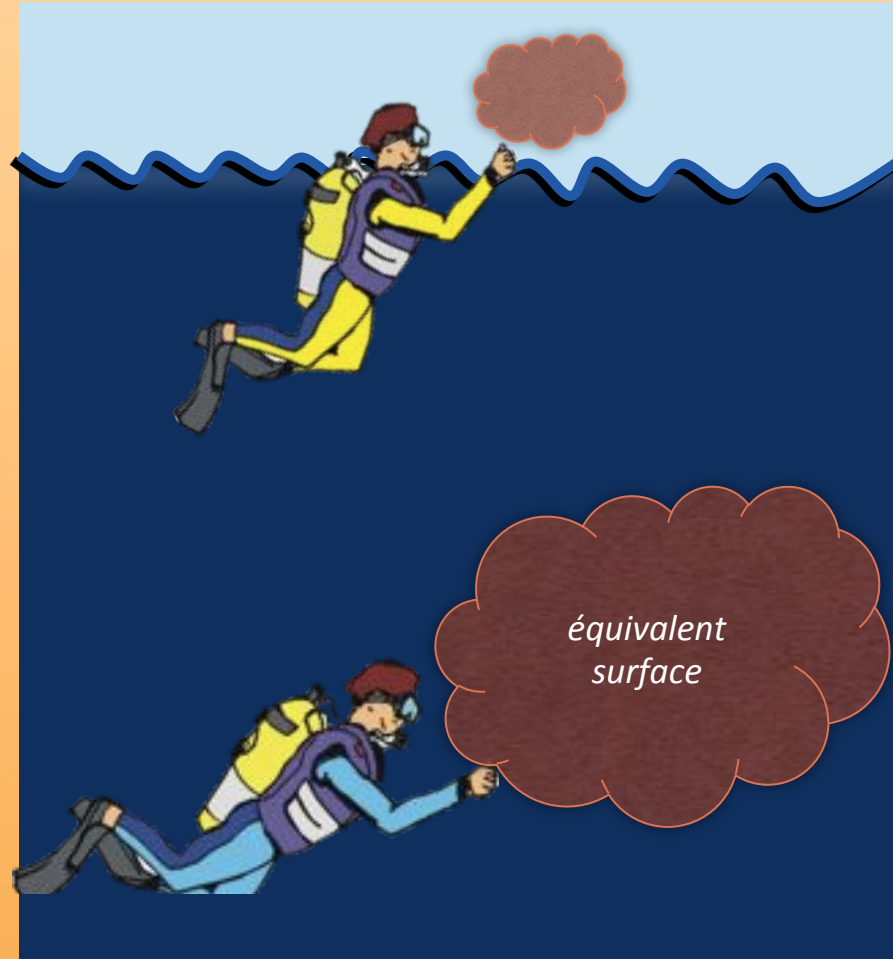


Volumes et pression : conséquences sur le plongeur

- Sur l'organisme : poumons, dents, oreilles, système digestif... *(voir le cours sur les barotraumatismes)*
- Sur le matériel : masque, combinaison, gilet
- Sur la plongée : consommation d'air et saturation/désaturation en azote

Autonomie en air

- À la surface nos poumons ventilent un certain volume d'air. En moyenne, de 15 à 20 l/min
- En profondeur, à cause de la pression, ce même volume contient plus d'air



Autonomie en air

Un plongeur respire 15 l d'air par minute en surface.

Il dispose d'un bloc de 12 l gonflé à 200 bar.
Combien de temps pourra-t-il rester à 20m ?

Deux méthodes possibles :

- rapporter tous les volumes à la **pression de surface**
- faire les calculs à la **pression de la plongée**

Autonomie en air

Méthode 1 : Rapporter les volumes à la pression de surface

- En surface

Volume d'air contenu dans la bouteille :

$$PV = C^{te} = 12 \times 200 = 2400 \text{ l}$$

Sa consommation est $PV = 1 \times 15 = 15 \text{ l/min}$

- En plongée, à 20 m

Le plongeur ventile $PV = C^{te} = 15 \times 3 = 45 \text{ l d'air}$, équivalent surface

- Autonomie en air

Air disponible / consommation

$$2400 / 45 \approx 53 \text{ min}$$

Autonomie en air

Méthode 2 : Calculer à la pression de la plongée

- Air disponible en surface

$$PV = C^{te} = 12 \times 200 = 2400 \text{ l}$$

- Air disponible à 20 m

$$PV = C^{te} = 3 \times ? = 2400 \text{ l} \rightarrow ? = 2400 / 3 = 800 \text{ l}$$

- Autonomie en air à 20 m

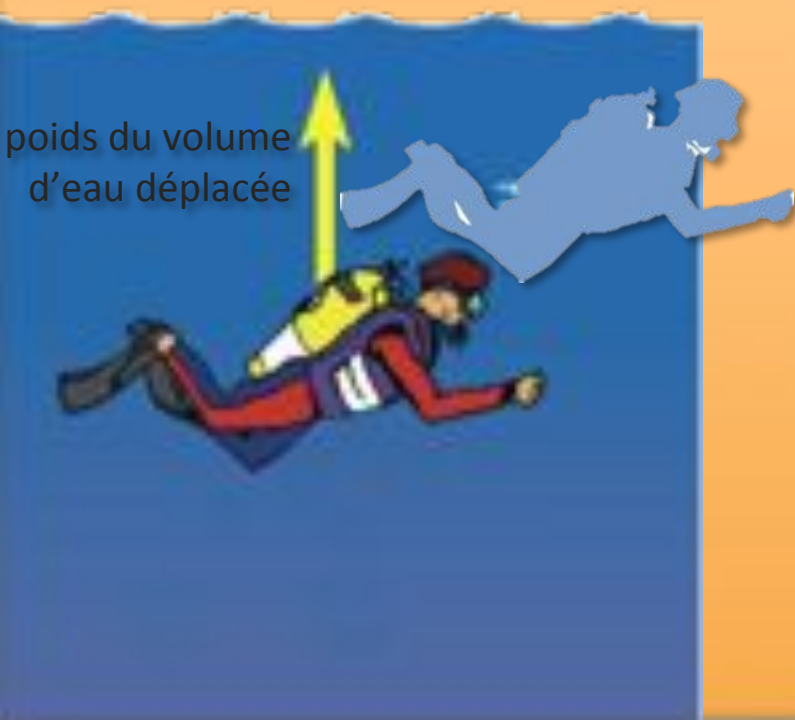
$$800 / 15 \approx 53 \text{ min}$$

Notions de physique appliquée à la plongée

- La pression
- L'autonomie en air
- La flottabilité
- L'audition
- La vision

Poussée d'Archimède

« Tout corps plongé dans un fluide subit une force dirigée de bas en haut et opposée au poids du volume de fluide déplacé »



NB : la poussée d'Archimède est différente en eau douce et eau salée.

Plus l'eau est salée (mer morte, mer rouge), plus elle est importante.

Ici on considère toujours le cas de l'eau douce

Flottabilité

Dans l'eau, le plongeur subit la **poussée d'Archimède**, et a donc un **poids apparent** différent de son **poids réel** :

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - PA$$



Si le poids apparent est

- < 0 , le plongeur flotte (flottabilité positive)
- $= 0$, il est en équilibre (flottabilité nulle)
- > 0 , il coule (flottabilité négative)

Flottabilité : exercices d'application

- Quel est le poids apparent dans l'eau douce d'une amphore de 15 dm^3 et 32 Kg ?

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - PA = 32 - (15 \times 1) = 17 \text{ Kg} \rightarrow \text{elle coule}$$

- Quel poids faut-il ajouter à l'intérieur d'un caisson d'appareil photo de 5 dm^3 et pesant 4 Kg pour l'équilibrer en eau douce ?

$$P_{\text{app}} = 4 - (5 \times 1) = -1 \text{ Kg} \rightarrow \text{il flotte}$$

Le poids à ajouter est de 1 Kg pour avoir un poids apparent nul.

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l}$$

Facteurs influençant la flottabilité

- ① • La ventilation
- ② • La combinaison
- ③ • La bouteille (poids & quantité d'air)
- ④ • Eau douce, eau de mer
- ⑤ • Le lest
- ⑥ • Le gilet



Calculs de flottabilité

- Paul pèse 65 Kg, quel est son volume ?

En général, une personne en maillot de bain est équilibrée, elle a un poids apparent nul :

$PA = P_{\text{réel}} = 65$, donc son volume est 65 dm^3 .

- Paul achète une combinaison deux pièces de 7 mm d'un volume estimé à 4 dm^3 . Quel lestage devra-t-il ajouter pour retrouver une flottabilité nulle en surface ?

$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - PA = 65 - (65+4) = 65 - 69 = -4 \text{ Kg} \rightarrow$ il flotte
Il faut qu'il porte 4 Kg de lest.

NB :

- on considère le cas de l'eau douce
- $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l}$

Notions de physique appliquée à la plongée

- La pression
- L'autonomie en air
- La flottabilité
- L'audition
- La vision

Le son et l'eau

- **L'eau transmet mieux les sons que l'air :**

Air : ~300 m/s Eau : ~1500 m/s

MAIS

- il est très difficile de déterminer l'**origine d'un son**
- les sons **graves** paraissent proches (cargos)
- les sons **aigus** semblent lointains (jet ski)
- les sons passent mal de l'**air à l'eau**



Conseils au plongeur

- Communication depuis la surface
- Communication entre plongeurs
- Orientation et dangers
- Moteur, pétards de rappel, coups sur l'échelle métallique
- Chocs sur la bouteille, shaker, parler dans le détendeur
- Faire un vrai tour d'horizon (360°) à la remontée

Notions de physique appliquée à la plongée

- La pression
- L'autonomie en air
- La flottabilité
- L'audition
- La vision

L'œil et le milieu aquatique

- L'œil est conçu pour fonctionner dans l'air
- Dans l'eau, l'image est floue

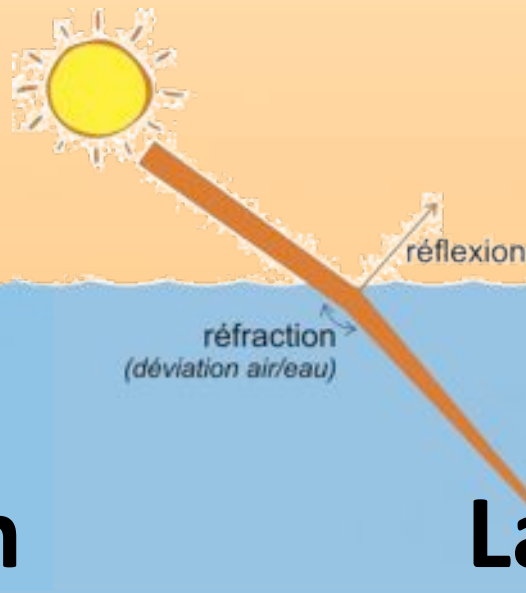
Le masque permet une vision nette dans l'eau, mais il rétrécit le champ visuel

- **Faire les signes face à la personne**
- **Attendre une réponse**
- **Se tourner pour observer**
- **Faire un vrai 360° à la remontée**



La lumière à travers plusieurs milieux





La réflexion

Une partie des rayons du soleil est réfléchi à la surface de l'eau

→ *il fait sombre*

→ *on ne voit pas bien le fond depuis la surface*

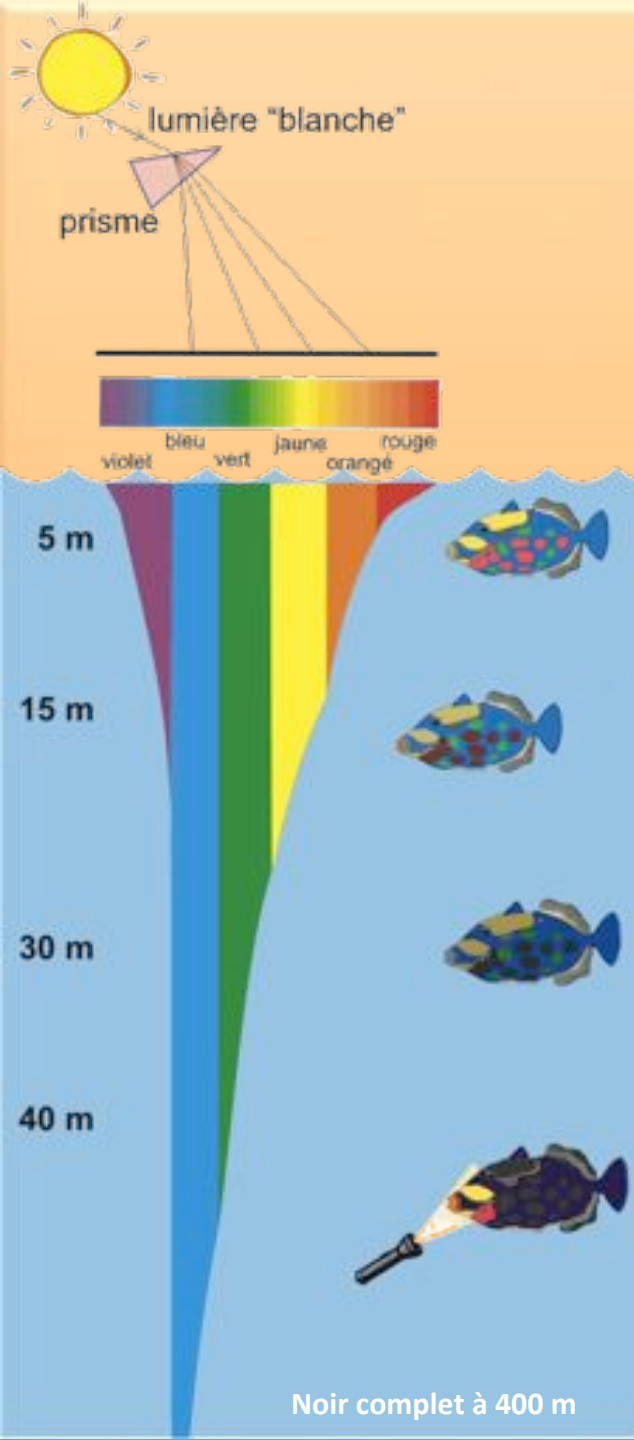
La réfraction

La déviation de la lumière modifie notre perception des objets

→ *ils paraissent 4/3 plus gros*

→ *et 3/4 plus proches*

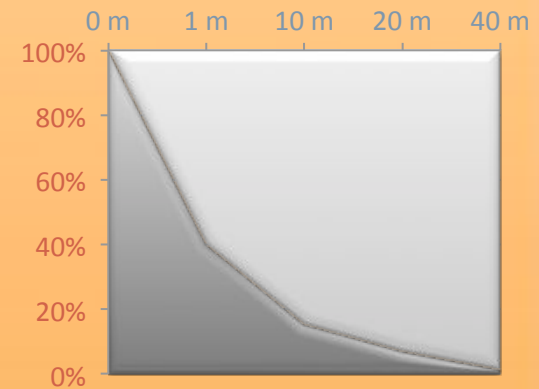




L'absorption

L'énergie lumineuse est progressivement absorbée par l'eau :

- **absorption sélective des couleurs**
- **diminution de l'intensité lumineuse**



- **Évoluer en palanquée groupée**
- **Utiliser une lampe**

La diffusion



Dans de l'eau chargée, les particules en suspension (plancton, sable, limons, algues...) réfléchissent la lumière

L'utilisation d'un phare n'arrange rien

- **Contrôler son palmage**
- **Maîtriser sa stabilisation**
- **Se rapprocher des autres plongeurs**



**Merci, et
bonnes plongées !**

pour les biou8es :