



**ÉCOLE D'APPLICATION DE
SECURITE CIVILE**

Version 2020



L'environnement Nautique

Plongée



Plan du cours

Éléments de physique

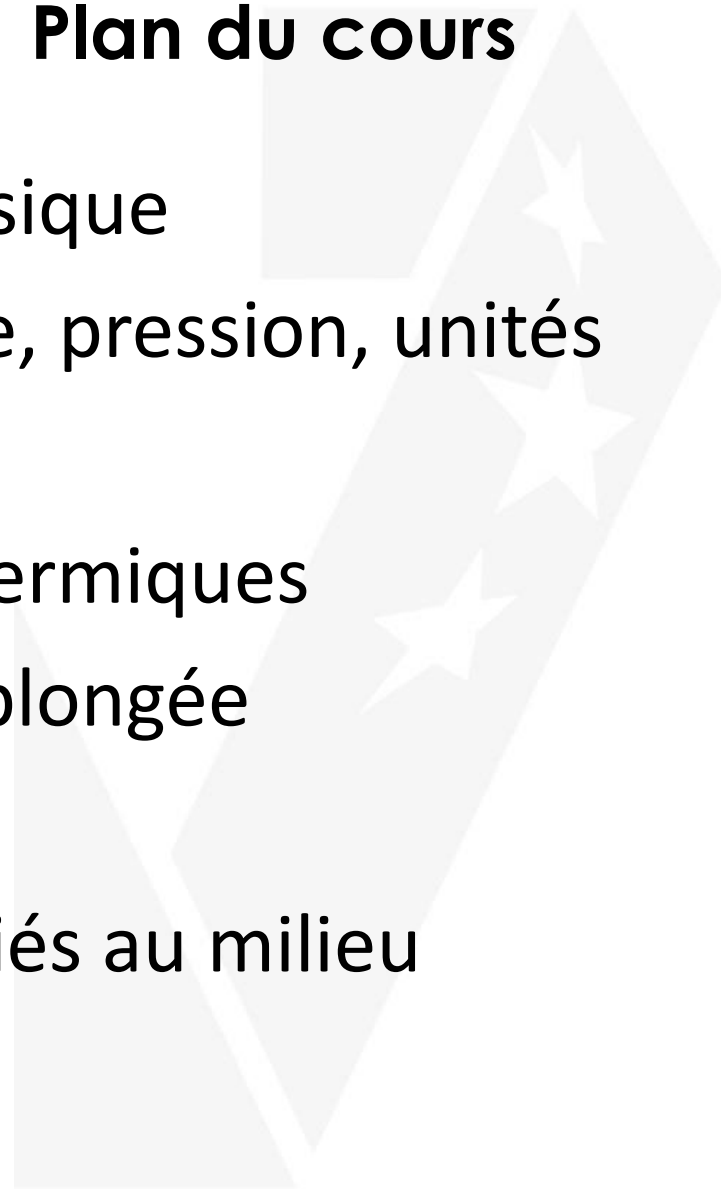
- Force, masse, pression, unités
- Flottabilité
- Échanges thermiques

Risques liés à la plongée

- Le froid
- Les risques liés au milieu

Organisation

Bibliographie



Force, masse, pression

- Force : intensité, direction, sens \Rightarrow ↖, s'exprime en newton (N)
- Poids : force verticale dirigée vers le bas, due à la pesanteur \Rightarrow ↓
- Masse : quantité de matière, s'exprime en kilogramme (kg)
- $P = M \times g$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, approximé à 10 (à 2% près)
- Masse volumique : $\rho = \mathbf{M} / \mathbf{V}$, s'exprime en kg/m^3
- Densité : rapport de la masse volumique à celle de l'eau douce
 \Rightarrow sans unité
- Pression : $\mathbf{p} = \mathbf{F} / \mathbf{S}$, s'exprime en pascal (Pa) $\Rightarrow \mathbf{F} = \mathbf{p} \times \mathbf{S}$
- Pression hydrostatique (ou relative) : poids de la colonne d'eau
- $p = P / S = M \times g / S = \rho \times V \times g / S = \rho \times g \times h = 10000 \times h$ (Pa)
- 1 bar = 100000 Pa
- $p = h / 10$ (bar) en eau douce !

Force, masse, pression

- Force : intensité, direction, sens (↗) \Rightarrow crée ou modifie un déplacement (N)
- Poids : force verticale dirigée vers le bas, due à la pesanteur \Rightarrow
↓
- Masse : quantité de matière (kg)
- Masse volumique : $\rho = \mathbf{M} / \mathbf{V} \Rightarrow$ s'exprime en kg/m^3
- Densité : rapport de la masse volumique à celle de l'eau douce \Rightarrow sans unité
- Pression : $\mathbf{p} = \mathbf{F} / \mathbf{S} \Leftrightarrow \mathbf{F} = \mathbf{p} \times \mathbf{S}$
- Pression atmosphérique : poids de la colonne d'air
- Pression hydrostatique (ou relative) : poids de la colonne d'eau
 $\Rightarrow 1,01 \text{ bar} / 10 \text{ m d'eau de mer (on prend 1 bar)}$
 $\Rightarrow 0,98 \text{ bar} / 10 \text{ m d'eau douce}$

Quelques densités

Béton	2,4
Granit	2,6
Sable	1,6
Fer, acier	7,8
Fonte	7,3
Mercure	13,5
Or, Uranium	19,3
Plomb	11,3
Huile d'olive	0,92
Gasoil	0,85
Essence	0,75
Eau de mer	1,03
Mer Morte	1,24

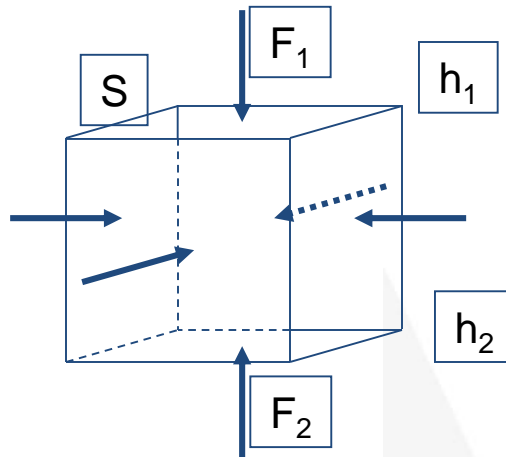
Unités usuelles

- Volume
 - $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$
 - $1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3$
- Force
 - $1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N} \rightarrow$ par soucis de simplification, on utilisera le kg
- Pression
 - $1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$
 - $1 \text{ atm} = 1013 \text{ hPa} = 1,013 \text{ bar} = 760 \text{ mmHg}$
 - $1 \text{ kg/cm}^2 = 0,981 \text{ bar}$
 - $1 \text{ bar} = 14,5 \text{ PSI}$

Unités usuelles

- Volume
 - $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$
 - $1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3$
- Pression
 - $1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar} (\approx 1 \text{ bar}) = 760 \text{ mmHg}$
 - $1 \text{ kg/cm}^2 = 0,981 \text{ bar} (\approx 1 \text{ bar})$
 - $1 \text{ bar} = 14,5 \text{ PSI}$

Flottabilité

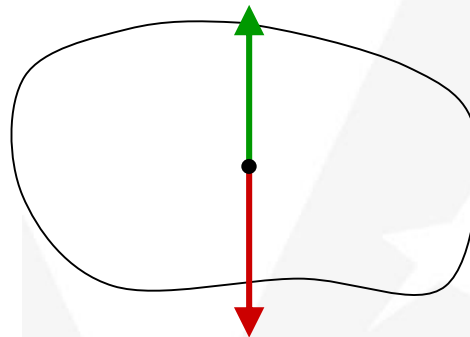


- $F_1 = p_1 \times S$ et $F_2 = p_2 \times S$
 $\Rightarrow F = (p_2 - p_1) \times S \quad (\uparrow)$
- $p = \rho \times g \times h$
 $\Rightarrow (p_2 - p_1) = \rho \times g \times (h_2 - h_1)$
 $\Rightarrow F = \rho \times g \times (h_2 - h_1) \times S$
 $\Rightarrow F = \rho \times g \times V = M \times g = P$
(poids du volume d'eau)

« Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée verticale dirigée de bas en haut, d'intensité égale au poids du fluide déplacé »

poids apparent = poids réel – poussée d'Archimède

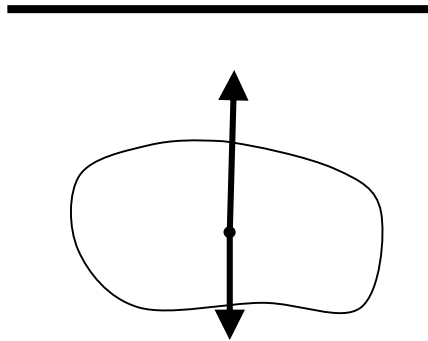
Flottabilité (1)



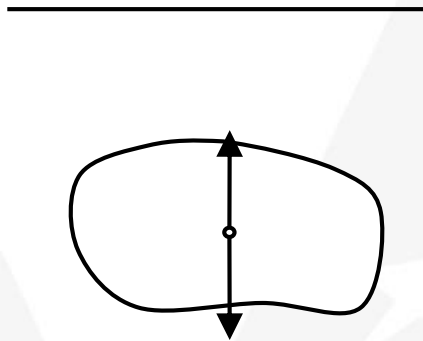
« Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée verticale dirigée de bas en haut, d'intensité égale au poids du volume de fluide déplacé »

poids apparent = poids réel – poussée d'Archimède

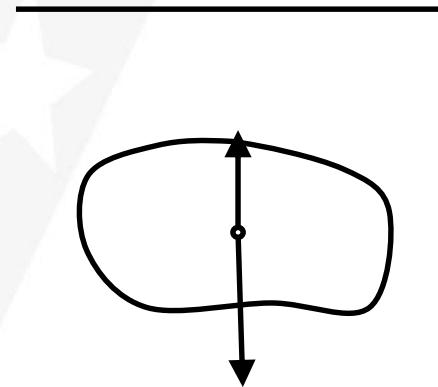
Flottabilité (2)



$P_{app} < 0$
Flottabilité positive



$P_{app} = 0$
Flottabilité neutre



$P_{app} > 0$
Flottabilité négative

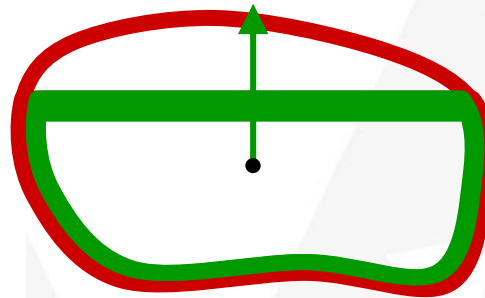
Méthodologie de calcul

$$P_{\text{réel}} \text{ (kg)} = d_{\text{objet}} \times 1 \text{ (kg/L)} \times V_{\text{objet}} \text{ (L)}$$

$$P_{\text{Arch}} \text{ (kg)} = d_{\text{eau}} \times 1 \text{ (kg/L)} \times V_{\text{objet immergé}} \text{ (L)}$$

$$P_{\text{app}} \text{ (kg)} = P_{\text{réel}} \text{ (kg)} - P_{\text{Arch}} \text{ (kg)}$$

Flottabilité (3)



A l'équilibre, le poids du liquide déplacé est égal au poids de l'objet

Flottabilité : applications

- Lestage
- Utilisation du SSG
- Utilisation du parachute de paliers
- Techniques de recherches
- Relevage d'objets immergés
- Équilibrage d'objets immergés
- Équilibre d'objets en surface
- Densité de l'eau de mer = 1,03
- Densité du plomb = 11,3

Flottabilité : applications

Vous voulez relever un coffre de 20L et de densité 15 en eau de mer ($d = 1,03$)

Volume d'air à mettre dans le parachute pour équilibrer le coffre ?

- $P_{app} = 20L \times 15 - 20L \times 1,03 = 279,4kg$
- $V \times 1,03 = 279,4kg \Rightarrow V = 271,3L$

Echanges thermiques

- Équilibre thermique si : **production de chaleur = déperdition de chaleur**
⇒ Homéothermie
- Production métabolique : $\text{GPL} + \text{O}_2 \rightarrow \text{énergie} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- Déperdition :
 - Rayonnement
 - Conduction (conductivité thermique) → couche adipeuse, combinaison
 - Convection (densité)
 - Évaporation
 - Respiration (pression)
- Refroidissement 25 x plus important dans l'eau
- Influence du rapport surface / volume
- Neutralité thermique :
 - Dans l'air : 26°C
 - Dans l'eau : 33°C

Effet physiologique du froid

T° centrale	Symptômes
37°C à 35°C	Accélération de la ventilation, frisson, vasoconstriction périphérique, diurèse, tremblement, désintéressement, assoupissement
34°C	Confusion mentale
32°C	Troubles de la conscience et du rythme cardiaque
30°C	Perte de conscience
27°C	Mort apparente
20°C	Arrêt cardiaque

Prévention du froid

Avant de plonger :

- Être suffisamment couvert afin de ne pas se mettre à l'eau en ayant déjà froid ;
- S'alimenter correctement (sucres lents : pâtes, pain, ...) afin que le métabolisme ait de quoi produire de la chaleur ;
- Être bien reposé (la fatigue augmente la sensibilité au froid).

Pendant la plongée :

- Porter une combinaison adaptée à la température de l'eau, cagoule ;
- Prévenir la palanquée ;
- Remonter à faible profondeur (thermocline, \searrow déperdition par la ventilation, \nearrow épaisseur combinaison) ;
- Éviter la saturation, faire un palier de sécurité ou majorer les paliers de décompression.

Après la plongée :

- Bien se couvrir (prévoir des vêtements chauds, même en été) ;
- Prendre une boisson chaude, mais pas d'alcool (refroidissement par vasodilatation périphérique)

Le choc thermo-différentiel

Mécanisme

- Exposition brutale à un gradient de température entre l'eau et la peau
- Apnée réflexe
- Syncope
- Arrêt cardio-ventilatoire
- Noyade

Prévention

- Test de susceptibilité à l'urticaire au froid
- Protection thermique
- Entrée progressive dans l'eau
- Pas d'exposition prolongée au soleil avant baignade ou plongée
- Pas d'alcool avant baignade ou plongée

Les risques liés au milieu

- Animaux marins :
 - Piqûres venimeuses (vives, rascasses, ...) : venin neurotoxique thermo-sensible ;
 - Piqûres non venimeuses (oursins) : risque d'enkystement et infection ;
 - Brûlures (cnidaires) : rinçage eau de mer, sable, crème anti-histaminique ;
 - Morsures (céphalopodes, congres,...).
- Épaves : risques de coupures infectées (perte de sensibilité dûe au froid), milieu confiné, entraves (stress) (attention SNL)
- Grottes : milieu confiné (attention SNL)
- Filets : entraves
- Les autres usagers de la mer : trafic en surface
- Conditions météo

Animaux à piqure venimeuse



Animaux à piquêre non venimeuse



Animaux urticants



Animaux non urticants

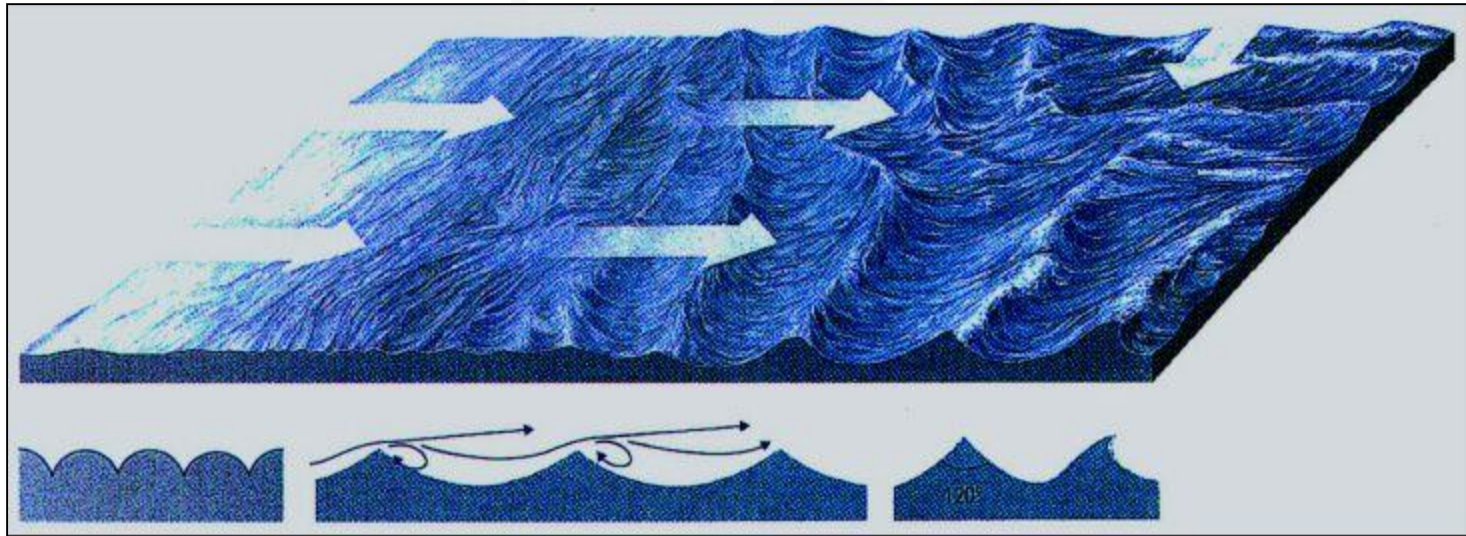


Animaux mordants



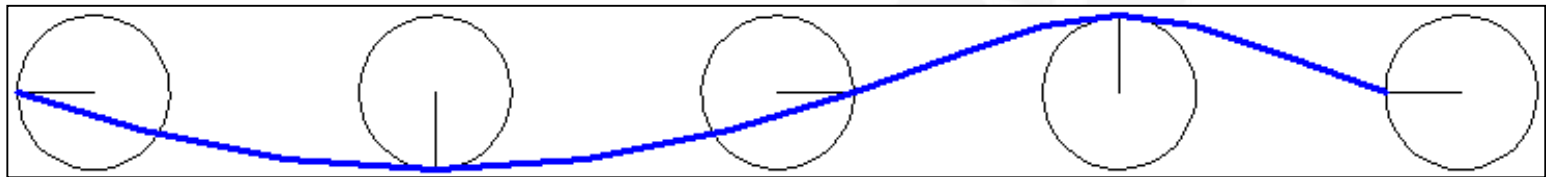
Les vagues

- Ce sont des perturbations de la surface de la mer
- Elles résultent de l'effet de friction du vent
- L'amplitude des vagues dépend de la distance d'action du vent sur la mer (fetch)

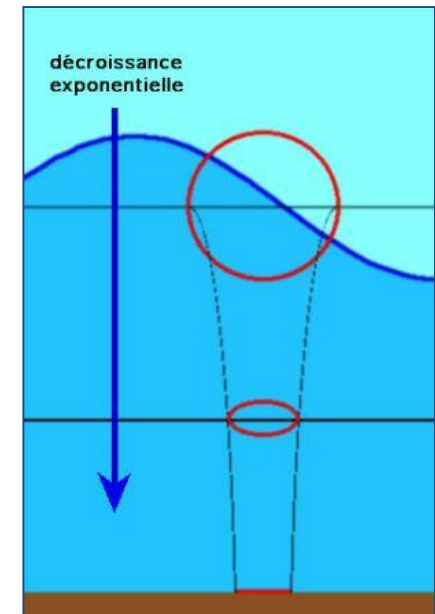


La houle

- C'est une ondulation résultante d'une perturbation
- Elle se propage loin de la source (y/c en profondeur



- Elle ne transporte pas de matière, seulement de l'énergie
- A l'approche de la côte, le mouvement des particules est freiné par le fond dans les couches inférieures
- Il y a déferlement quand la crête rattrape le creux
- Sous la houle, la pression comporte une composante non hydrostatique due aux accélérations des masses d'eau



Force du vent (Echelle Beaufort)

	Termes descriptifs	Vitesse moyenne en nœuds	Vitesse moyenne en km/h	Aspect de la mer	Conditions de navigation et de plongée
0	calme	< 1	< 1	comme un miroir	confortables
1	très légère brise	1 - 3	1 - 5	quelques rides	
2	légère brise	4 - 6	6 - 11	vaguelettes	
3	petite brise	7 - 10	12 - 19	quelques moutons	
4	jolie brise	11 - 16	20 - 28	petites vagues, nombreux moutons	délicates
5	bonne brise	17 - 21	29 - 38	vagues modérées, moutons, embruns	
6	vent frais	22 - 27	39 - 49	lames, crêtes d'écume, embruns	difficiles
7	grand frais	28 - 33	50 - 61	lames déferlantes, traînées d'écume	
8	coupe de vent	34 - 40	62 - 74	tourbillons d'écume, traînées d'écume	dangereuses
9	fort coup de vent	41 - 47	75 - 88	lames déferlantes grosses à énormes, visibilité réduite par les embruns	
10	tempête	48 - 55	89 - 102		
11	violente tempête	56 - 63	103 - 117		
12	ouragan	≥ 64	≥ 64		

Etat de la mer

Termes descriptifs	Hauteur des vagues (m)	Conditions de navigation et de plongée
calme	0	confortables
ridée	0 - 0,1	
belle	0,1 - 0,5	
peu agitée	0,5 - 1,25	délicates
agitée	1,25 - 2,5	dangereuses
forte	2,5 - 4	difficiles
très forte	4 - 6	
grosse	6 - 9	
très grosse	9 - 14	
énorme	> 14	

petite houle : < 2m - houle modérée : 2 à 4m grande houle : > 4m

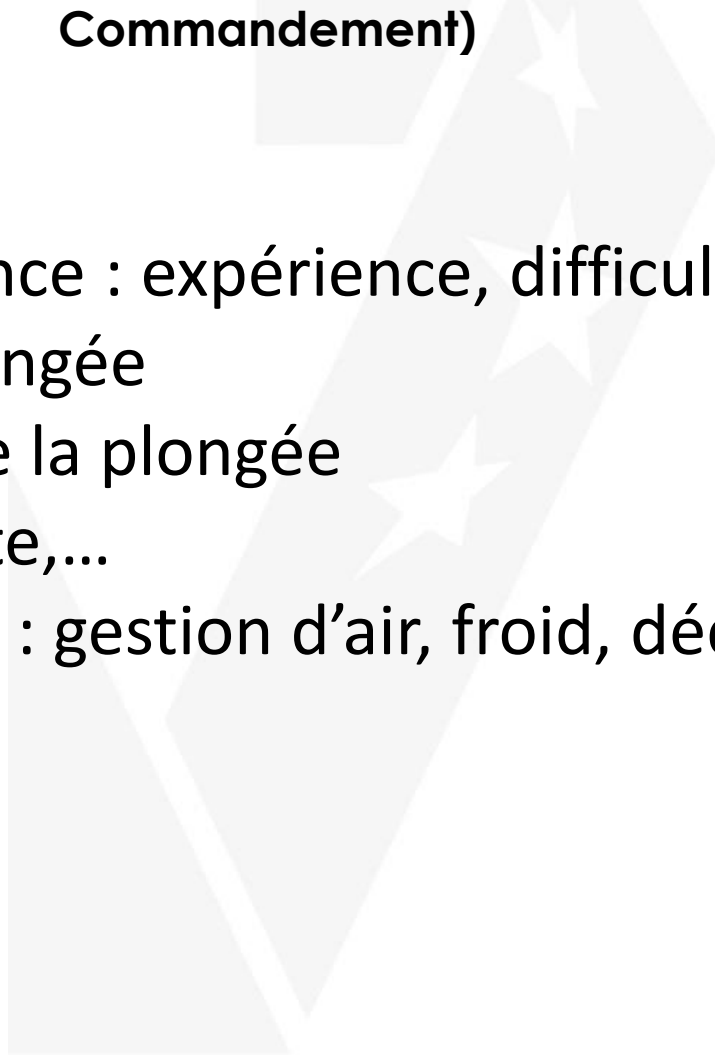
Le rôle du Guide de palanquée

- **Guide de palanquée** : prendre en charge des niveaux inférieurs, détecter et anticiper les éventuels problèmes, intéresser les plongeurs.
 - ⇒ Sécurité : prévenir les risques pour le compte des autres, gérer les problèmes.
 - ⇒ Intérêt : connaissance et respect du milieu vivant, des sites et de leur intérêt (épaves, ...).
 - ⇒ Référent pour le plongeur : maîtrise technique, exemplarité, culture de la plongée.
 - ⇒ Communiquer : se mettre au niveau des membres de sa palanquée.
 - ⇒ Connaître le matériel utilisable par les plongeurs.
 - ⇒ Marin.

Briefing (SAOIEC)-

(Situation, Anticipation, Objectif, Idée de manœuvre, Exécution, Commandement)

- Faire connaissance : expérience, difficultés, intérêts
- Intérêt de la plongée
- Déroulement de la plongée
- Consignes : perte,...
- Communication : gestion d'air, froid, déco

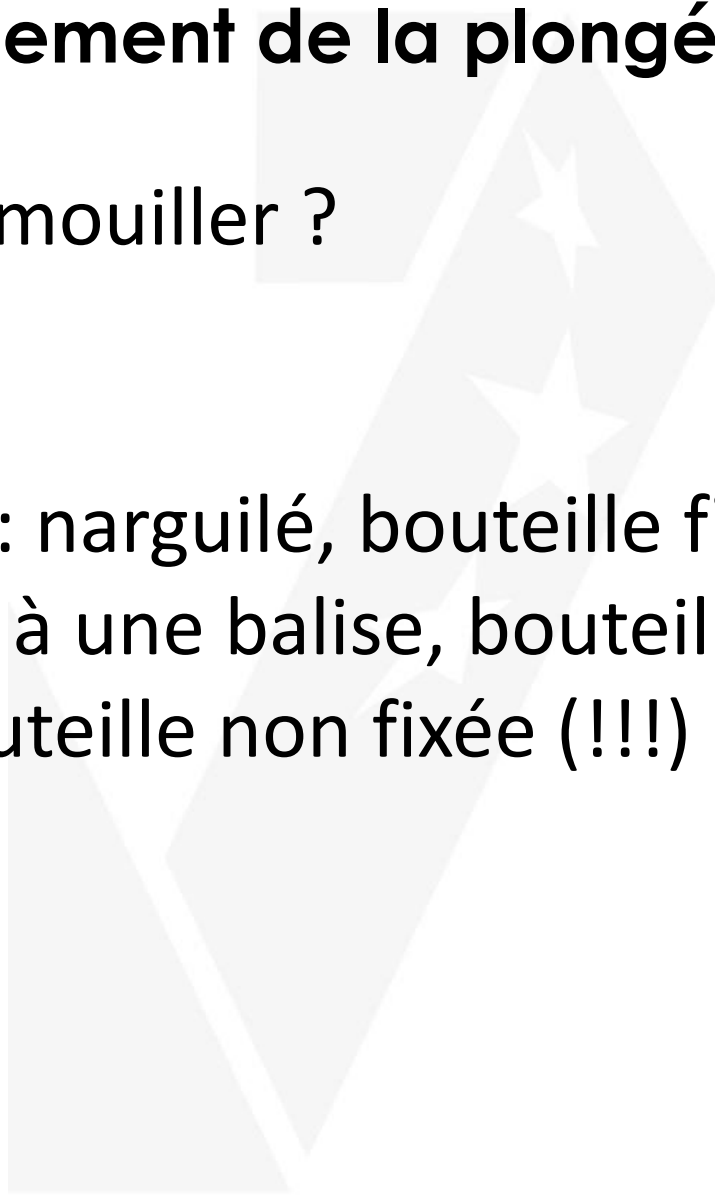


Organisation

- Météo (force et direction du vent, vagues, houle, brouillard)
- Courant, marée (!...)
- Choix du site :
 - But : explo, photo, bio, épave, ...
 - Exposition par rapport aux conditions météo
 - Instrumentation (GPS, sondeur)
 - Niveau "réel" des participants (entraînement, fatigue,...)
 - Confirmer une fois sur place
- Moyens collectifs : moyen de communication, O₂, trousse de secours, tables de plongée, eau douce, pavillon alpha, moyen de rappel des plongeurs, bloc de sécu,
- Moyens individuels : SGS, 2 détendeurs, moyen déco, *parachute*

Déroulement de la plongée

- Mouiller / pas mouiller ?
- Pendeur
- Ligne de vie
- Air de secours : narguilé, bouteille fixée sous le bateau fixée à une balise, bouteille fixée à un flotteur, bouteille non fixée (!!!)



Bibliographie

- Plongée, santé, sécurité – X. Fructus, R. Sciarli – Ed. Ouest-France (1992)
- Les accidents du milieu subaquatique et de la plongée libre – collectif – Masson (1993)
- Guide de préparation au niveau 4 – P. Villevielle – GAP (1995)
- Plongée plaisir niveau 4 – A. Foret, P. Torres – Gap (2002)
- Sécurisez votre plongée – JJ.Grenaud, M. Coulange Ellieps (2008)



ENTENTE-ECASC
ETABLISSEMENT PUBLIC
www.valabre.com

