

Le plongeur et la connaissance maritime

Auteur Bernard PHILIPPE
Année 2007



Mémoire du cursus d'Instructeur Fédéral Régional



Remerciements

Mes remerciements les plus chaleureux vont à :

- mes parrains, Michel Denais et Laurent Boyer, qui ont su m'aider efficacement dans certaines périodes un peu compliquées, me prodiguer des conseils forcément éclairés,
- Michel Van Vaerenbergh, Thérèse Guilbaud, Marc Gogny et Céline Redon pour leur intérêt marqué pour l'objet du présent mémoire, leur soutien et leur amitié sans faille,
- Les instructeurs du collège régional Bretagne Pays de Loire, pour leurs recommandations avisées,
- Les lecteurs du présent document, pour l'attention que cette lecture leur demandera.

Introduction - *La connaissance maritime dans les formations*

Que cela lui plaise ou non, un plongeur est un marin dès lors qu'il pratique son activité sur la mer. Dans les formations de plongeur, nous attachons une grande importance à la connaissance de phénomènes physiques et physiologiques relativement complexes et à des techniques fines destinées à prévenir les accidents afin de conduire des plongées dans des conditions optimales. La place réservée à la « connaissance maritime » reste modeste. Il arrive néanmoins que des navires de plongée quittent leur mouillage à la suite d'une manipulation malencontreuse de l'ancre, qu'ils talonnent sur des roches clairement identifiées, qu'ils ne trouvent pas l'épave dont le point GPS est pourtant bien connu, que la manœuvre d'accostage ne se fasse pas dans la bonne humeur, ou encore que la récupération des plongeurs devienne une vraie « galère », voire tourne au drame.

Dans un récent mémoire daté de Janvier 2007¹, l'Officier Principal du Corps Technique et Administratif des Affaires Maritimes Marc BONNAFOUS présente les résultats d'une analyse de 615 opérations de sauvetage de plongeurs réalisées en Méditerranée entre 2001 et 2005. Parmi ses nombreuses conclusions, ce mémoire met en évidence la nécessité d'une amélioration de la connaissance maritime des plongeurs, particulièrement des moniteurs. Il insiste sur l'importance du respect des procédures de communication VHF et sur celle des délais de transfert de l'accidenté.

Il semble qu'il y ait encore matière à réflexion et que le simple fait de passer un permis plaisance et de connaître (mal) trois nœuds ne soit pas suffisant. La mer est un milieu naturel sauvage, qui nécessite une observation attentive et une vigilance constante : nous devons mettre de notre côté tous les éléments nous permettant d'en déjouer les pièges. L'objet du présent mémoire est de proposer une réflexion sur certains sujets mal connus des plongeurs, mais qui devraient être utiles pour développer un « sens marin » nécessaire à un certain stade de la formation de tout plongeur. Dans son mémoire d'Instructeur Régional², daté de 2004, Gilles Foubert donne une grande quantité d'informations de qualités sur les nœuds, le matelotage, et les méthodes et les appareils de

¹ Bonnafous M. *Les accidents de plongée traités par le CROSS-MED – Constat et propositions d'amélioration Enseignement Militaire Supérieur 1^{er} degré*, 2007. <http://www.aqua-web.net/joom/content/view/630/45/1/1/>

navigation. Nous éviterons donc au cours du présent mémoire de reprendre les notions de matelotage déjà abordées dans le cadre fédéral.

Nous éviterons aussi la question de l'interprétation des bulletins météorologiques, pourtant cruciale, mais qui n'est même pas abordée dans les permis bateau.

Dans la première partie, nous nous interrogerons d'abord sur les connaissances maritimes apportées aux plongeurs pendant leurs formations, en dressant un **état des lieux de la situation actuelle**.

Dans les deuxième et troisième parties, parmi les connaissances complémentaires qu'il pourrait être utile d'apporter, nous avons choisi de proposer des explications sur :

- **la navigation**, sous l'angle du positionnement et des repères géodésiques, pour nous intéresser à un monde sphérique, et prendre un peu conscience des limites d'utilisation du GPS. Etant donnée la « démocratisation » de la vente et de l'usage des GPS, de très nombreux plongeurs en sont aujourd'hui équipés. Quelles connaissances simples permettent d'en éviter les pièges ?
- **la manœuvre des bateaux**, dont les principes élémentaires sont souvent ignorés des plongeurs. Quelles notions de base permettraient d'éviter d'en arriver à des incidents cocasses, voire à des accidents graves ?

Cette analyse permettra de constituer **une liste de priorités dans les connaissances complémentaires à acquérir** dans le cadre de ce que l'on appelle communément et peut-être de manière réductrice le « matelotage ».

Enfin, nous proposerons dans une ultime partie **quelques évolutions à apporter et à évaluer dans la « matière maritime » selon les niveaux de plongeur**.

² Foubert G. *Matelotage et plongée*. Mémoire d'Instructeur Régional RABA, FFESSM, 26.11.2004.

1. L'ANALYSE DE LA SITUATION

La formation maritime dispensée au plongeur se résume à quelques connaissances relativement succinctes. Les connaissances théoriques et pratiques spécifiques à la plongée représentent un volume important et sont justifiées par le caractère très technique de l'activité.

Le manuel du moniteur définit les compétences minimales à acquérir, dans tous les domaines utiles, y compris dans le domaine maritime. Ces compétences, constituées de connaissances, de « savoir faire » et de « savoir être », résultent des prérogatives réglementaires, définies par les arrêtés ministériels qui encadrent la plongée sportive en structure :

1.1 Au Niveau 1

Un plongeur niveau 1 n'a pas de prérogative d'autonomie, hormis dans un cadre très précis décrit dans l'arrêté du 22 juin 1998 article 14. Il s'agit d'un plongeur débutant qui découvre la plongée et qui évolue en palanquée, encadré par un plongeur de niveau 4 minimum. **Le contenu de formation** en matière maritime est **inexistant**. Ce plongeur découvre ainsi sur le tas la façon dont il doit se comporter, ou plus souvent ce qu'il ne doit pas faire. Afin de ne pas gêner, il peut avoir tendance à éviter de participer aux manœuvres des bateaux, aux opérations de mouillage.

1.2 Au Niveau 2

Les prérogatives d'un plongeur niveau 2 sont l'autonomie en équipe ou en palanquée sur autorisation du directeur de plongée, dans l'espace médian, et la possibilité de plonger encadré par un plongeur niveau 4 minimum dans l'espace lointain. Dans les contenus de formation, **peu de choses concernent la connaissance maritime**. En particulier, il n'y a rien sur la navigation ni les manœuvres d'accostage ou de mouillage. L'ignorance qui s'accumule en la matière n'incite pas le plongeur à poser des questions sur des sujets pourtant encore simples.

La seule réelle mention d'un début de connaissance maritime se trouve dans la compétence n°5, qui concerne l'autonomie du niveau 2 en palanquée. Elle fait référence à l'utilisation d'un compas ou d'une boussole sous-marine. Les critères de réalisation restent cependant assez flous et les contenus de formations correspondants, déclinés dans les clubs, sont très variables. Nous savons que la maîtrise de ces appareils, pour réellement permettre au plongeur de s'orienter, nécessite une pratique importante et un entraînement régulier. Nous savons également que l'emploi d'un compas ou d'une boussole vient le plus souvent en complément d'autres éléments d'orientation. Une compréhension minimale du principe de fonctionnement de l'appareil devrait faire partie de l'apprentissage nécessaire.

1.3 Au Niveau 3

Un plongeur Niveau 3 est autonome et est autorisé par le directeur de plongée à plonger en autonomie avec d'autres plongeurs de niveau 3 ou supérieur, dans le respect de l'arrêté du 22 juin 1998. En l'absence du directeur de plongée, les niveaux 3 peuvent plonger entre eux et choisir le lieu, l'organisation et les paramètres de leur plongée. Ils **peuvent** ainsi être amenés (même si c'est occasionnel) à **gérer seuls** la navigation, le repérage et le mouillage sur site, ainsi que les opérations de mise à l'eau et de récupération des plongeurs.

C'est la raison pour laquelle il est fait mention dans le contenu de formation de ce niveau d'une compétence en matelotage qui précise que le niveau 3 doit savoir faire **un nœud de chaise ainsi que deux tours morts et une demi-clé**, et doit savoir mettre en place un bloc de palier, des pendeurs et des lignes dérivantes... Cette compétence peut sembler **insuffisante** dans le cadre d'opérations de plongée conduites en l'absence d'un directeur de plongée. En effet, il ne lui est pas demandé de connaissance particulière en navigation.

L'autonomie du niveau 3 dans l'espace lointain (compétence n°5) implique, comme pour les niveaux 2, la capacité à utiliser un compas. La compréhension du fonctionnement de l'appareil, alliée à un entraînement approfondi, mais aussi la compréhension et la connaissance du milieu sont indispensables à la réalisation d'une conduite de palanquée efficace et sûre, dans des espaces d'évolution qui ne laissent que peu de place aux erreurs.

1.4 Au Niveau 4

Un plongeur niveau 4 est un plongeur autonome et un guide de palanquée. Il doit être capable de **conduire sa palanquée** en surface et en immersion dans des conditions optimales de sécurité et de confort. En particulier la capacité à s'orienter nécessite une connaissance précise de l'utilisation d'un compas. Il est en effet nécessaire que cet instrument (le plus souvent magnétique) ne nuise pas, mais au contraire participe efficacement à la conduite de la palanquée.

En tant que guide de palanquée, le niveau 4 est également amené à **seconder le directeur de plongée**. Les connaissances et savoir-faire afférents sont définis dans la compétence n°5 (comportement général du guide de palanquée). A ce titre, il doit savoir aider à mouiller un bateau, mettre en place un pendeur, une ligne de vie, une bouteille de palier (air, O₂ ou narghilé). Il doit également savoir rappeler des palanquées en immersion, envoyer un message de détresse et tenir les documents.

A l'examen final, on demande au candidat de :

- savoir exécuter les nœuds marins usuels en situation avec divers scénarios, d'une manière rapide et efficace, en choisissant le nœud adapté à la circonstance,
- connaître ou savoir faire les manœuvres d'appareillage, de mouillage et d'accostage d'un bateau,
- connaître les règles élémentaires de sécurité et de navigation en mer.

Cette évaluation a lieu durant l'épreuve dite de « **matelotage** », qui fait partie du deuxième groupe (plongée scaphandre), coefficient 2 sur un total de coefficients de 14.

Enfin le plongeur niveau 4 doit avoir une **connaissance de la réglementation des bateaux de plongée, et des types de permis plaisance**. Cette connaissance est décrite dans la partie législation de la compétence n°7, qui concerne la partie théorique de la formation et de l'évaluation.

En résumé :

On demande au futur niveau 4 de savoir aider au mouillage, mettre en place un pendeur, une ligne de vie, une bouteille de palier et de savoir rappeler des palanquées en immersion. Il doit aussi savoir envoyer un message de détresse et tenir les documents.

Il sera évalué sur sa capacité à exécuter des nœuds, à savoir manœuvrer un bateau, et connaître les règles élémentaires de sécurité et de navigation en mer.

Il ne lui est pas demandé de détenir un permis plaisance, ni un certificat restreint de radiotéléphoniste.

1.5 Au niveau 5

Le niveau 5 de plongeur n'est pas un brevet mais une **qualification**. La transmission de l'expérience des autres directeurs de plongée et des moniteurs du club est à la base de l'acquisition de cette qualification. Le directeur de plongée en exploration (P5) a pour charge de définir le site de plongée, tenant compte des conditions météorologiques, de l'état de la mer, des circonstances du moment, des prérogatives des plongeurs, et des objectifs de la plongée.

Sur le plan de la connaissance maritime, il lui est demandé une **connaissance des sites habituels de plongée** et la **capacité à trouver des sites adaptés aux niveaux des plongeurs**. Il n'est pas défini d'objectif de formation.

Il ne lui est pas demandé de détenir un permis plaisance, ni un certificat restreint de radiotéléphoniste (CRR).

Souvent, la qualification N5 est délivrée à un N4 qui n'a jamais été évalué réellement sur son aptitude à organiser des sorties dans différentes conditions de mer et de vent. Ainsi, nous pouvons nous poser des questions sur sa capacité à réagir lorsque la situation sort du domaine des habitudes, ce qui risque de se produire dès qu'un incident ou un accident vient perturber le déroulement de la conduite de la sortie. Il semblerait pertinent qu'il possède une connaissance, même faible, en matière maritime, afin **d'être capable de s'adapter rapidement** à des situations imprévues.

1.6 Au MF1

Le moniteur fédéral est, entre autres, directeur de plongée. A ce titre il devra le plus souvent conduire le bateau de plongée, définir le site en fonction des niveaux des palanquées et des conditions de mer et de vent. Il devra également, réagir de manière

adaptée en cas d'accident en plongée. Ses connaissances en matière de navigation peuvent donc être déterminantes.

Cependant, nous constatons que les connaissances qui lui sont demandées, et qui doivent donc lui être apportées, sont limitées à la **connaissance des textes spécifiques à la pratique**. Entre autres, ceux régissant le **matériel**, dont les **embarcations**. (stage initial, UC1, cadre réglementaire). A l'examen, ces connaissances sont évaluées dans l'épreuve de réglementation (coefficient 2).

Pour se présenter à l'examen, il doit **détenir un titre de conduite pour navire de plaisance à moteur** (permis côtier minimum), tel que défini dans les *conditions de candidature*.

Il n'est pas demandé ni même conseillé de détenir de certificat restreint de radiotéléphoniste (CRR).

2. LA NAVIGATION

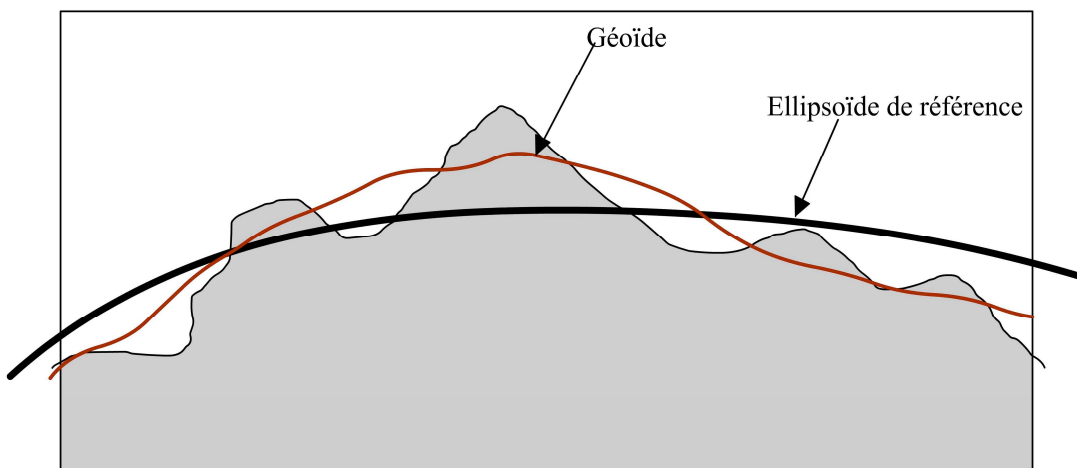
2.1. La forme de la terre

2.1.1. La réalité

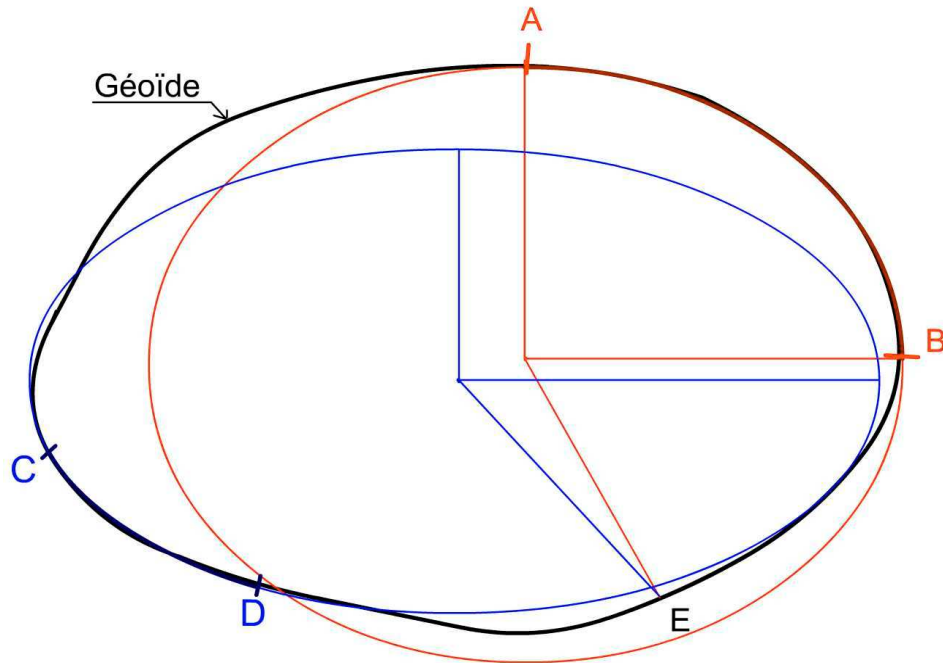
Vue de très près, c'est à dire telle que nous l'observons chaque jour, la terre apparaît plane. Vue de loin, de la lune par exemple, la terre ressemble à une sphère. Lorsque l'on s'en rapproche, on constate de petites irrégularités : des montagnes, des vallées, des océans. Lorsque l'on cesse de se contenter du coup d'œil et que l'on effectue des mesures, on s'aperçoit que la forme générale n'est pas sphérique. Le rayon de la « sphère » diminue de l'équateur vers les pôles. La différence n'est pas négligeable : elle est de l'ordre de 20 km. Pire, l'axe de rotation n'est pas fixe : les pôles se déplacent. On s'aperçoit rapidement qu'il est difficile de modéliser la terre en «3D ». Aujourd'hui, on ne parle plus de sphère mais d'ellipsoïde, et de géoïde.

2.1.2. Les approximations - Le Géoïde, les divers ellipsoïdes

Au début du siècle dernier, distance lunaire oblige, la forme officielle de la terre est un ellipsoïde. On mesure un nombre incalculable de fois l'aplatissement terrestre sans réussir à le déterminer de manière satisfaisante. On définit finalement une surface, perpendiculaire en tout point à la verticale locale. C'est le **géoïde**. Sur ce géoïde, tous les méridiens ont une forme différente. La forme irrégulière du géoïde rend très compliqués les calculs qui déterminent les coordonnées de chaque point. La plupart des pays adoptent un ellipsoïde qui simplifie les calculs des coordonnées des points de leur territoire.



On conçoit aisément que mieux l'ellipsoïde choisi «colle » à la surface nationale, plus les calculs sont simples.



On remarque que le pays « AB » a intérêt à adopter l'ellipsoïde rouge, alors que le pays « CD » a intérêt à se servir de l'ellipsoïde bleu. Remarquons que les coordonnées du point E ne sont pas les mêmes dans les deux ellipsoïdes. Les différences peuvent se chiffrer en kilomètres ! Un nombre impressionnant d'ellipsoïdes de référence voit le jour.

Systèmes géodésiques

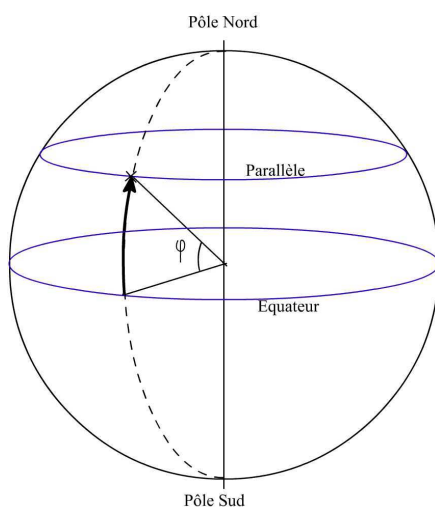
Les pays ont défini leurs propres systèmes, associés à l'ellipsoïde qui leur convient le mieux. En France, nous utilisons plusieurs systèmes géodésiques, donc plusieurs ellipsoïdes en métropole et pour les départements et territoires d'outre mer. Les systèmes géodésiques concernant les territoires français ont pour nom IGN suivi de deux chiffres (IGN 51 pour la Guadeloupe). La France n'est pas un cas particulier. Il existe

plusieurs centaines de systèmes géodésiques à travers le monde. Notons qu'en Europe le système géodésique adopté s'appelle ED 50, parfois nommé Europe 50.

Afin de permettre une localisation des satellites artificiels, il a été nécessaire de créer un nouveau système géodésique de couverture mondiale : le système WGS 84. Ce système repose sur un ellipsoïde unique centré sur le centre de gravité de la terre. Il ne coïncide pas avec les systèmes géodésiques locaux.

2.1.3 Les coordonnées géographiques

Tout point de la terre est défini par ses coordonnées géographiques : la latitude (ϕ) et la longitude (G).

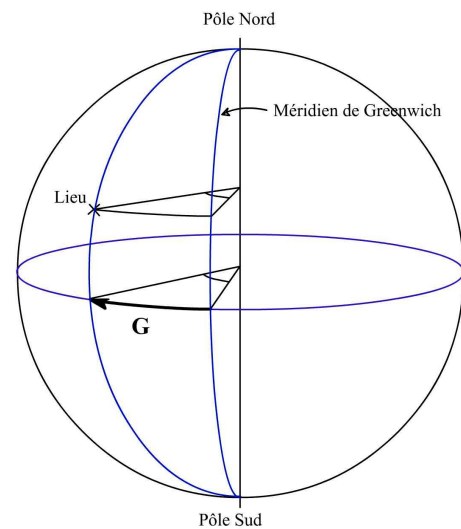


La latitude : désignée par la lettre grecque Phi (ϕ), elle représente l'angle au centre de la terre mesuré entre l'équateur et le cercle horizontal parallèle à l'équateur, appelé « parallèle », qui passe par le lieu considéré. Elle est exprimée en degrés, minutes et secondes d'arc, mais plus souvent en ce qui concerne les GPS, en degrés, minutes et centième ou millièmème de minutes.

Selon l'hémisphère dans lequel se trouve le lieu considéré, elle sera complétée de l'indication nord (N) ou sud (S). Par exemple la latitude du phare principal de Belle-Isle (Goulphar) est $47^{\circ} 18',71$ N.

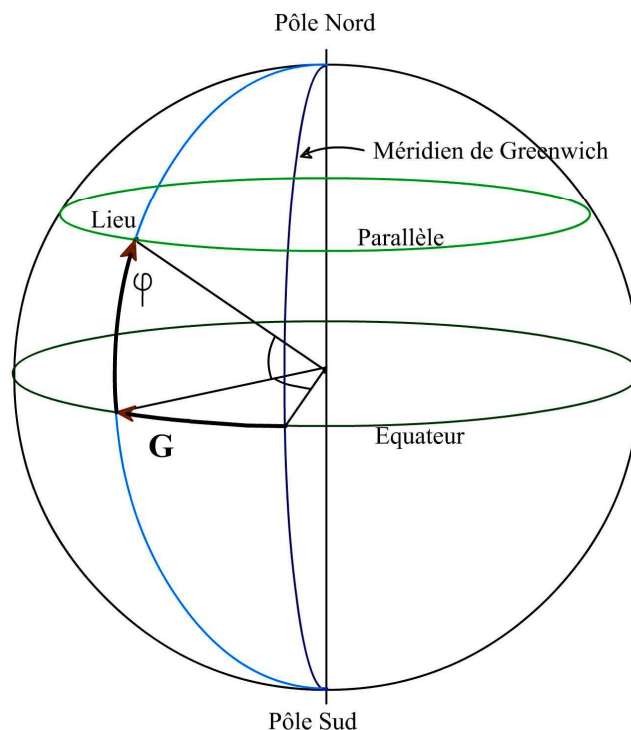
Remarque : Un mille marin correspondant à une minute de latitude, soit environ 1852 mètres sous nos latitudes, un millièmème de mille (0,001) vaut donc 1,85 mètres...

La longitude (G): Les demi cercles qui joignent les pôles sont appelés « méridiens ». Le méridien d'origine (longitude égale à 0°) est le demi-cercle qui joint le pôle nord au pôle sud en passant par Greenwich en Angleterre. Désignée par la lettre G, la longitude est égale à l'angle au centre de la terre entre le méridien de Greenwich et celui qui passe par le point considéré. Elle est notée Ouest (W) ou Est (E) selon le cas.



Par exemple, la longitude de Goulphar (Belle-Isle) est : $003^\circ 13',52$ W

Latitude et Longitude



2.2 GPS et WGS 84

Le système de localisation par satellite a supplanté pratiquement tous les autres systèmes de navigation existants. Son principal défaut vient de l'excellence de sa précision moyenne. L'homme aime être émerveillé, il ne demande qu'à croire au Père Noël.

Après avoir utilisé un GPS de voiture qui vous a déposé exactement en face de votre domicile, vous êtes convaincus que votre GPS, celui que vous avez acheté, est précis à cinq mètres près. Aujourd'hui, c'est vrai, demain c'est moins sûr. Il faut faire la distinction entre la **précision moyenne** d'un système et la précision que le système peut garantir.

La position fournie par le GPS peut être altérée par une série de perturbations. Il est bien rare que toutes ces perturbations s'accumulent pour donner une erreur maximale. En général, certaines erreurs se compensent, ce qui a pour effet de donner une excellente **position moyenne**. Il peut cependant arriver que ces erreurs s'accumulent, l'erreur sur la position obtenue dans ce cas, est ce que l'on appelle la **précision garantie**. Se baser sur la précision moyenne plutôt que sur la précision garantie pour naviguer, revient à traverser une rue les yeux fermés en se basant sur les statistiques de fréquentation de la rue. Dans tout ce qui suit, nous ne parlerons que du GPS le moins précis, le seul qui nous soit généralement accessible.

2.2.1 Le principe

Le principe du GPS est très simple : on mesure le temps mis par une onde radio pour aller d'un satellite jusqu'au récepteur. Connaissant la vitesse de propagation des ondes radio, on peut déterminer une sphère de position centrée sur ce satellite. Deux satellites permettent d'obtenir deux sphères dont l'intersection est un cercle. Un troisième satellite et donc une troisième sphère permettent d'obtenir deux points. L'un de ces points est situé à plusieurs centaines de kilomètres de la surface terrestre, seul l'autre est donc valable.

En pratique, il en va tout différemment :

1. Il n'est pas possible, financièrement parlant, de placer dans un récepteur une horloge de précision suffisante pour mesurer le temps mis par l'onde radio.
2. La vitesse de propagation de cette onde n'est pas constante.
3. Le satellite ne connaît pas précisément sa propre position à chaque instant.

Ces difficultés sont contournées de la façon suivante :

1. L'imprécision de l'horloge du récepteur ne permet pas d'obtenir les deux points d'intersection des trois sphères. On utilise un quatrième satellite. Comme l'erreur est la même sur les quatre mesures de temps, on décale l'horloge du récepteur jusqu'à obtenir un seul point d'intersection.
2. La vitesse de propagation des ondes radio dans l'ionosphère³ dépend en grande partie de l'activité solaire. En fonction de l'heure et des positions du satellite et du récepteur, on effectue une correction « forfaitaire ».
3. Quatre fois par jour, des stations au sol déterminent la position exacte de chaque satellite et l'erreur de son horloge. Ces éléments sont envoyés vers le satellite afin qu'il les transmette aux récepteurs.
4. Malgré ces corrections, l'erreur n'est jamais totalement éliminée et, pire, elle varie selon le moment de la journée et les conditions météorologiques.

2.2.2 Description du système

Le système NAVSTAR – GPS (NAVigation Satellite Time And Ranging – Global Positionning System) est un système de radiolocalisation développé par le département de la défense des USA. Il a été pleinement opérationnel en 1995.

³ L'ionosphère est une couche de gaz ionisé entourant la terre à très haute altitude (80 à 800 km), et qui agit fortement sur les rayonnements électromagnétiques. Elle subit des variations diurnes très importantes et perturbe énormément la propagation des ondes entre les satellites et les récepteurs GPS.

On distingue trois secteurs :

A) Le secteur spatial

Il est constitué d'une constellation de 21 satellites opérationnels (plus 3 en réserve) tournant autour de la terre à une altitude d'environ 20200 km.

La période de révolution des satellites est de 11 heures 58 minutes. Chaque satellite émet des signaux sur deux fréquences. Ces fréquences sont ensuite codées, et les utilisateurs peuvent selon leur statut utiliser une seule ou les deux fréquences. Les premiers lancements de satellites ont eu lieu en 1978, et la mise en service de la troisième génération de satellites est prévue pour 2010.

B) Le secteur utilisateur

La réception et l'interprétation des signaux se font grâce à une antenne et un récepteur équipé d'un cadran.



Les récepteurs GPS sont fréquemment équipés d'une cartographie électronique plus ou moins sommaire, mais certains modèles indiquent la position du navire uniquement en coordonnées géographiques. Les points que l'on peut mémoriser (les way-points) ne sont donc pas forcément visualisés sur carte.

Il en existe de nombreux modèles, fixes ou portables. Ils diffèrent selon :

- le nombre de satellites qu'ils peuvent acquérir,
- les modalités d'acquisition (séquentielles ou simultanées sur un ou plusieurs canaux de réception),
- le nombre de fréquences utilisées

Les récepteurs « marine » ont comme caractéristiques :

- la réception d'une seule fréquence
- l'utilisation de un ou plusieurs canaux à acquisition séquentielle (les plus modernes, qui coûtent encore très cher, sont à acquisition simultanée sur plusieurs canaux.)

Les utilisateurs autorisés à exploiter les deux fréquences sont essentiellement les militaires, américains ou alliés, ainsi que certains scientifiques. L'acquisition séquentielle introduit une diminution de la précision du point, puisque le récepteur ne peut s'intéresser qu'à un seul satellite à la fois.

Enfin, il existe des dispositifs de protection contre les brouillages et la dégradation volontaire du signal, ceci est réservé à des utilisateurs autorisés exclusivement militaires. Le signal émis par le satellite traverse l'ionosphère qui perturbe la propagation de l'onde. Il y a donc une déviation du signal qui se manifeste par un retard de réception. L'erreur sur la distance d'un satellite atteint 50 mètres. L'utilisation d'une seule fréquence ne permet pas de calculer en temps réel l'influence réelle du passage du signal à travers l'ionosphère. Il est généralement possible de choisir le système géodésique employé et certains récepteurs sont équipés d'une cartographie électronique.

C) Le secteur « commande et contrôle » :

Composé de 8 stations terrestres réparties sur l'ensemble du globe, son rôle est, entre autres, de vérifier la position des satellites, d'envoyer à chaque satellite les informations permettant leur exploitation par les récepteurs. Les informations sont transmises sous forme d'éphémérides et indiquent notamment l'effet de la traversée des couches de

l'ionosphère sur le calcul de la distance du satellite. Cette information est une donnée statistique qui ne peut tenir compte des variables instantanées. Le chargement de ce message par le récepteur dure 12,5 minutes. Avant l'expiration de ce délai, le récepteur n'est pas en capacité de réception optimale.

2.2.3 La précision du GPS et ses limites

Les sources d'erreur ont quatre origines possibles :

- naturelles : retard de propagation du signal,
- techniques : imprécision des horloges, des éphémérides,
- volontaires : dégradation du signal. Le département de la défense américaine a *officiellement* mis fin à la dégradation volontaire en mai 2000,
- matérielles : choix d'un mauvais repère géodésique, matériel non performant.

Afin d'obtenir une position exploitable, le récepteur doit être en vue de quatre satellites. La réception de trois satellites ne permet un positionnement qu'en deux dimensions. La réception d'un plus grand nombre de satellites n'augmente pas la précision du point obtenu.

Théoriquement, le système est conçu pour qu'en tout point du globe terrestre, quatre satellites puissent être reçus. Cependant la couverture n'est pas optimale, et des pertes de précision très importantes sont observées pendant des durées et sur des zones limitées.

De plus la hauteur des satellites au-dessus de l'horizon influe sur les résultats. C'est pourquoi on pourra voir au cours d'une journée une oscillation de la position indiquée par un récepteur GPS fixé au sol. La répartition des satellites dans l'espace et leur géométrie jouent donc un rôle dans la précision de la position. La précision du système en utilisation standard dépend essentiellement de la précision de la mesure de la distance du satellite. Cette mesure est perturbée par l'imprécision (toute relative) des horloges atomiques embarquées.

Les normes internationales de fonctionnement des récepteurs marine imposent que ceux-ci puissent **avoir une précision de détermination de la position de l'antenne à 100 mètres près dans 95 % des cas, sous forme de coordonnées du système géodésique mondial (WGS84).**

Le GPS fait maintenant partie du matériel élémentaire du navire de plongée. Il n'est pas obligatoire : il est incontournable, et pour tout dire, sacré. La fonction magique « GOTO » donne la solution au problème des alignements difficiles à repérer, parfois invisibles à contre-jour ou par temps légèrement brumeux. Il affranchit de l'obligation de regarder soigneusement l'environnement parfois lointain, dans lequel il faudra repérer l'élément indispensable au repérage du lieu de plongée, puisqu'il suffit de contempler l'écran du GPS, de plus en plus clair, lumineux, et facile à interpréter. Ainsi il n'est presque plus jamais nécessaire de regarder dehors.... **Au final, le navigateur, à cause du confort qu'apporte l'appareil, peut négliger la veille, précaution élémentaire qui consiste à s'assurer de l'absence de risque de collision avec d'autres navires ou avec tout objet flottant voire fixe. Cette négligence est cause d'accidents.**

La nécessité de franchir certains passages resserrés (entrée de port, par exemple) et le recours à l'utilisation de « waypoints » pour ces passages ne sont pas sans risque : les utilisateurs auront envie de définir un waypoint au milieu du passage, ce qui crée une convergence des navires vers le point le plus probable des collisions à venir... tout ceci en veillant attentivement sur l'écran à atteindre le dit point, précision dans la navigation oblige.

2.2.4 Les améliorations

Le DGPS

Afin d'améliorer la précision moyenne du GPS, on a imaginé d'implanter à terre des stations dont le rôle est de déterminer la différence entre la position réelle, connue et la position obtenue par le système GPS. La station retransmet alors, par onde radio VHF, cette correction aux récepteurs à portée. La précision moyenne est alors d'environ 5 mètres, la précision garantie est de 1 à 10 mètres avec une probabilité de 95% dans un rayon d'environ 100 km autour de la station de référence. L'erreur augmente avec la distance de la station de référence. Le « D » de DGPS est l'initiale de Différentiel. Pour

recevoir ces informations, le récepteur doit être équipé d'un module DGPS supplémentaire. Le prix de cet équipement est tel que peu de navires de plaisance en sont équipés.

Le système WAAS (Wide Area Augmentation System) :

Le système WAAS correspond à une demande de l'administration de l'aviation fédérale des USA. Il a pour objectif d'atteindre une précision de 3m en positionnement absolu horizontal et vertical et intéresse particulièrement les aviateurs, mais se retrouve sur des GPS marine. Il est composé de 3 satellites géostationnaires (c'est-à-dire tournant à la même vitesse que la terre et situés à la verticale de points précis de l'équateur) et 25 stations au sol transmettant au récepteur GPS des informations correctives en temps réel sur les données horloge, les orbites des satellites, les couches électriques, l'état de fonctionnement des satellites GPS. Tous les récepteurs ne sont pas équipés pour recevoir ces informations.

Le système EGNOS

Similaire au WAAS, mais européen, ce système composé de trois satellites géostationnaires est pour l'instant en phase d'expérimentation.

Le système GALILEO

Ce système, doté de sa propre constellation de satellites, d'une précision peut-être meilleure que le NAVSTAR-GSP américain, conçu par les Européens ne sera pas opérationnel avant 2011...

2.2.5 Lien avec les cartes

2.2.5.1 Historique

Les notions traitées dans le présent chapitre permettent de comprendre les raisons pour lesquelles les cartes n'ont qu'une précision toute relative. On trouvera à la fin de ce chapitre (page 26) un encadré résumant certains points importants.

A terre

Les premières cartes sont relevées en supposant la terre plane. On part d'un point connu et d'une direction de référence, le sud par exemple. On relève la direction et la distance des autres points. Lorsque l'on s'éloigne du point de départ, la moindre erreur sur la direction devient catastrophique. D'une part elle génère une erreur proportionnelle à la distance et d'autre part elle se répercute sur la mesure de tous les points suivants. De plus il est très difficile de mesurer précisément la distance qui sépare deux points suite aux inégalités du sol et aux obstacles. A quelques kilomètres du point de départ, les erreurs se chiffrent déjà en centaines de mètres.

Le Hollandais Snellius invente la triangulation, telle que nous la connaissons. On ne part plus d'un point connu mais de deux. La ligne qui joint ces deux points s'appelle une base. Chacun des points à relever forme par rapport à cette base le sommet d'un triangle. On mesure les angles formés entre la base et les deux côtés du triangle. Un premier contrôle est obtenu à chaque série de mesure puisque la somme des angles du triangle devrait être de 180° . A l'exception de la base, on ne mesure plus aucune longueur. La distance de chaque point n'est plus mesurée mais calculée. Deux points ainsi calculés peuvent constituer une nouvelle base.

La précision de ce système est bien meilleure que celle du système précédent. On s'aperçoit toutefois qu'en s'éloignant de la base, les triangles « se referment de moins en moins bien ». L'erreur commise en supposant la terre plane est négligeable lorsqu'il s'agit de relever le plan d'une ville, mais il n'en va plus de même lorsque l'on établit la carte d'un pays. A 333 km de la base l'erreur atteint 38 m, à 666 km, l'erreur est de 305 m et à 1000 km, l'erreur est de 1028 m. L'erreur est à peu près proportionnelle au cube de la distance. Lorsque l'on tient compte de la sphéricité de la terre, les mesures obtenues par triangulation restent utilisables mais les calculs font appel non plus à la trigonométrie plane mais à la trigonométrie sphérique.

Cette précision n'est pas du goût de tout le monde. Ainsi, le roi de France qui fit relever la carte de son royaume en faisant appel à la triangulation et à la trigonométrie sphérique eut la désagréable surprise de voir la superficie du pays, c'est à dire de ses possessions, réduite de près d'un quart par rapport à ce que les anciennes cartes renseignaient. Chaque pays établit une base proche d'un observatoire « central », dont la position astronomique est déterminée avec grande précision. A la fin du XVIII^{ème} siècle,

la position des divers points du territoire national accessibles sans se mouiller les pieds est connue avec une précision qui se révélera pratiquement suffisante jusqu'à l'avènement du GPS. Comme ces points ont été déterminés sur une terre supposée sphérique, il est aisé de déterminer leur latitude et leur longitude.

En mer

Les premières cartes marines sont établies sur le même principe que les premières cartes terrestres. Les « martelloio » sont constitués des routes et des distances qui joignent divers ports. Les distances sont mesurées en « jours de navigation ». Bien que présenté sous forme de cartes, l'ensemble pourrait être remplacé par une table numérique. Le pourtour du bassin méditerranéen est ainsi couvert.

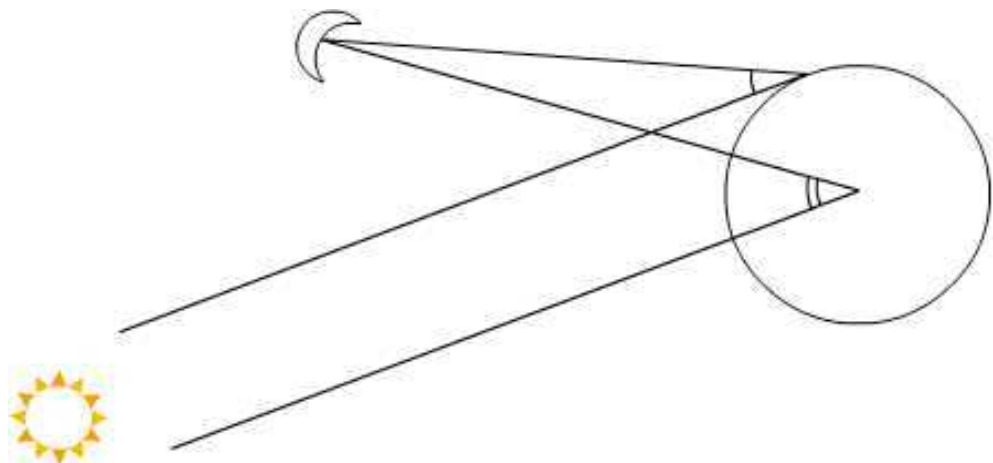
Lorsque l'on commence des navigations plus importantes, lorsque des terres nouvelles sont découvertes, deux besoins se font sentir. D'une part la possibilité de déterminer précisément la position géographique des nouvelles terres, afin qu'on puisse les retrouver, d'autre part l'obtention d'une méthode simple pour déterminer la route à suivre pour les rejoindre.

La position géographique

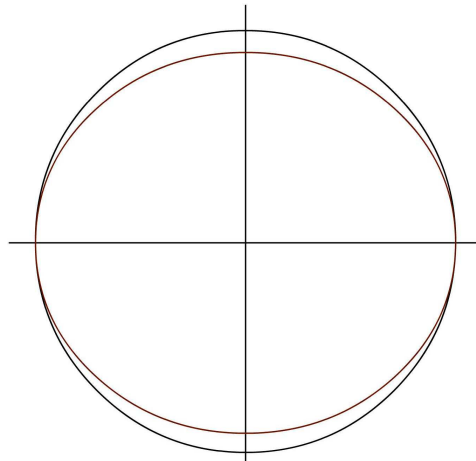
En ce qui concerne la position géographique, si la latitude se détermine facilement, il en va tout différemment de la longitude. La terre tourne sur elle-même et effectue une rotation complète, 360° en 24 heures. Pour mesurer la différence de longitude entre deux points, on observe le passage d'un astre au méridien du premier point et on mesure le temps qui s'écoule jusqu'à ce que cet astre passe au méridien du deuxième point. On convertit ensuite la différence de temps en différence de longitude. Ecrit ainsi cela paraît simple, en pratique, il en va tout autrement. Les montres situées dans les observatoires ont une bonne précision... tant qu'elles restent sur place. Dès qu'on les transporte, leur marche s'altère. Pour savoir à un endroit, l'heure qu'il est à un autre, il faut... des mois. On observe à chaque observatoire un phénomène unique, visible simultanément des deux observatoires. On utilise, par exemple, l'instant où un des satellites de Jupiter est occulté par cette planète. Pour autant qu'il fasse beau aux deux endroits au bon moment, chacun peut envoyer à l'autre, par courrier (le téléphone mobile n'apparaîtra qu'à la fin du XX^{ème} siècle...), l'heure qu'il était à l'instant de l'observation. Il va sans dire qu'il faut quelques dizaines d'observations pour obtenir, avec une précision acceptable, la différence d'heure et donc de longitude, entre deux observatoires. Lorsqu'un

explorateur français découvre une nouvelle île, il lui faut attendre et observer l'occultation d'au moins un satellite de Jupiter. Il lui reste à espérer qu'à cet instant, le ciel n'était pas couvert à Paris. A son retour, un an plus tard, il sera possible, ou pas, de déterminer la longitude de l'île par rapport au méridien de Paris. Sinon, il reste à espérer qu'au prochain voyage, l'année suivante, l'explorateur retrouvera l'île !

Le problème se corse lorsqu'il s'agit de déterminer la position de récifs ou d'îles où on ne peut débarquer. En mer, jusqu'en 1850 environ, il n'est pas possible de déterminer la longitude, si ce n'est par l'estime. A la fin du XVIII^{ème} siècle, on commence à utiliser comme phénomène unique, observable depuis le pont instable d'un bateau, la distance angulaire entre la lune et le soleil ou entre la lune et une étoile. On parle de distance lunaire. La méthode n'est pas encore très fiable car si la mesure est possible, elle reste difficile car les tables de position de la lune manquent de précision. Le sextant remplace rapidement l'octant qui ne pouvait mesurer des angles supérieurs à 90 degrés. Il est muni d'optiques de meilleure qualité, ce qui facilite l'observation. Au début du XIX^{ème}, Laplace détermine une technique précise de calcul de la position de la lune. La méthode est au point, elle sera en usage jusqu'au début du XX^{ème} siècle. Dès le début du XIX^{ème} siècle, l'usage du chronomètre de marine entre en concurrence avec la méthode des distances lunaires. Dans les premiers temps, le chronomètre est trop cher et encore peu fiable. Mais rapidement, il devient un concurrent redoutable car son utilisation est beaucoup plus simple. Les distances lunaires exigent de longs calculs, et la moindre erreur de mesure se paie cher. La principale difficulté des distances lunaires provient de la proximité de la lune qui est située à environ soixante rayons terrestres. Les mesures sont effectuées depuis la surface terrestre, il faut les ramener (les réduire) à ce que l'on aurait mesuré depuis le centre de la terre.



Au début, on suppose la terre sphérique. Pour concurrencer la précision croissante des chronomètres, il faut rapidement éliminer les petites erreurs engendrées par cette approximation sphérique. Pour cela, il faut déterminer très précisément le rayon terrestre en chaque point de la terre. La forme sphérique est abandonnée au profit de l'ellipsoïde.



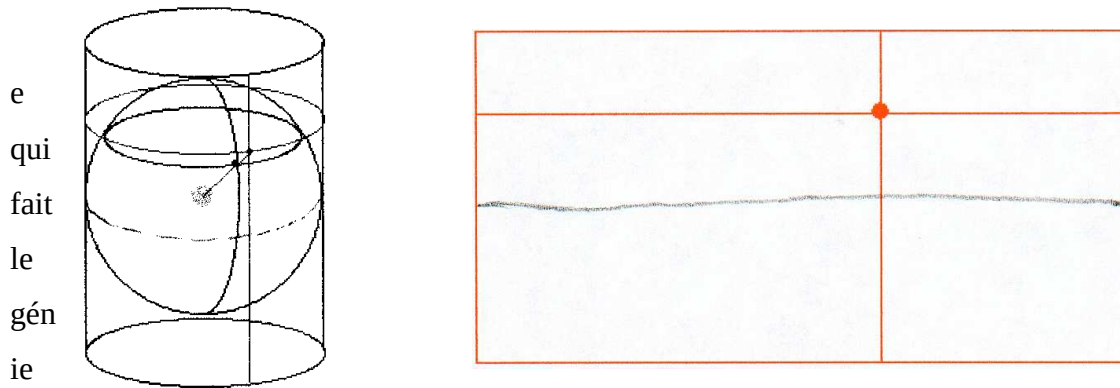
Vers 1900, le chronomètre supplante définitivement la méthode des distances lunaires.

Pratiquement, il a fallu attendre 1850 pour pouvoir mesurer la longitude depuis le pont d'un bateau. Ce n'est que vers 1930, lorsque la généralisation de la TSF à bord des navires a permis la transmission des signaux horaires, que la longitude des îles et récifs isolés en mer a été connue avec certitude... pour autant qu'il s'agisse d'îles situées sur des routes régulièrement fréquentées ! Vers 1950, des petites îles, mal repérées, semblaient encore apparaître et disparaître régulièrement.

Le problème de la transformation de la maquette en carte est résolu dès le deuxième siècle par Ptolémée qui invente diverses projections. Mais la détermination de la route à suivre pour aller d'un point à un autre ne trouve de solution qu'au XVI^{ème} siècle grâce à Mercator. Il projette chaque point de la sphère depuis son centre sur un cylindre tangent à l'équateur. Ensuite, il déroule le cylindre et obtient une carte plane.

C'est très osé pour l'époque car la représentation déforme énormément la terre. Un igloo construit à quelques mètres du pôle occupe sur cette carte pratiquement la même place que l'équateur tout entier ! Les méridiens qui devraient converger aux pôles, sont des

droites parallèles. Les parallèles sont représentés par des droites perpendiculaires aux méridiens. La carte apparaît comme une série de rectangles de même largeur et de hauteur croissante à mesure que l'on se rapproche du pôle.



de Mercator, c'est qu'il n'utilise pas la projection pure. Il déplace, vraisemblablement au jugé, la position des parallèles de manière telle que les routes mesurées sur la carte deviennent égales aux routes mesurées sur la terre. La ligne droite qui joint deux points sur la carte représente la route à cap constant (**loxodromie**) entre ces deux points sur terre. Ce n'est donc pas l'équivalent de la ficelle tendue (**orthodromie**) mais elle facilite tellement la navigation qu'on l'utilise, de moins en moins il est vrai, encore aujourd'hui. Bien qu'elle déforme énormément la terre aux latitudes élevées, c'est une carte que nous avons tellement l'habitude de voir que nous devons faire un effort intellectuel pour nous rendre compte que les vikings avaient plus vite fait d'effectuer leurs courses au Labrador que dans les supermarchés de Normandie. A l'heure actuelle, si l'on excepte le SHOM, les instituts cartographiques n'utilisent plus la projection Mercator que pour la zone équatoriale. Sous nos latitudes, on utilise des cartes gnomoniques ou des cartes transverses (qui portent à tort le nom de transverse Mercator). Ces cartes, surtout la gnomonique, sont beaucoup mieux adaptées à l'usage du GPS en mode «go to » car la ligne droite sur la carte représente la ficelle tendue sur terre.

La carte de Mercator ne sert malheureusement à rien à son époque car, comme on l'a lu ci-dessus, on est encore incapable d'y placer correctement les nouvelles terres.

Il faut distinguer, sur les cartes marines, les points en vue de terre, dont la localisation est très précise, et les points situés en pleine mer. Pour ces derniers, par exemple des lignes de sonde, la détermination des coordonnées a été réalisée de manière astronomique jusqu'à la fin de la deuxième guerre mondiale. La précision est au mieux de l'ordre du demi mille marin. Après la guerre, les systèmes de positionnement radio électriques (Consol, Decca, Loran, Oméga) ont permis une précision bien meilleure en général, mais qui reste de l'ordre du quart de mille dans les cas défavorables. C'est la précision d'une grande partie des cartes dont nous nous servons aujourd'hui. L'erreur sur une position est la somme de deux erreurs : celle des coordonnées du point sur la carte et celle du système de localisation. Ainsi, le GPS différentiel, dont la précision est de quelques mètres, ne permettra pas à coup sûr de retrouver une sonde sur une carte établie dans les années 1950.

2.2.5.2 WGS 84 et autres repères dont ED50

On l'a dit, afin de permettre une localisation des satellites artificiels, un nouveau système géodésique de couverture mondiale a vu le jour : le système WGS 84. Ce système repose sur un ellipsoïde unique centré sur le centre de gravité de la terre. Il ne coïncide pas avec les systèmes géodésiques locaux. Pour un point donné, il existe un écart de position entre le système mondial WGS 84 et un autre système géodésique. Cet écart existe dans le sens de la verticale, ce qui nous intéresse peu, mais aussi dans le plan horizontal. Cet écart horizontal est d'environ 160 m entre le système géodésique WGS 84 et le ED 50, mais il atteint 1500 mètres pour le système géodésique utilisé pour dresser les cartes de certaines îles françaises de l'océan indien (La Réunion – IGN47).

Les différences de coordonnées posent un problème dès l'avènement des missiles de croisière. La préoccupation prioritaire des militaires est essentiellement humanitaire : la réalisation de frappes chirurgicales. Cela n'est possible que si les coordonnées de tous les points de la terre sont connues dans un géoïde unique. Ce sera le WGS84. A la base, les coordonnées fournies par le système GPS sont calculées dans ce système. La

conversion précise des coordonnées obtenues dans un ellipsoïde différent n'est pas simple. Les algorithmes simples utilisés dans les petits récepteurs GPS introduisent à leur tour une erreur lors de la conversion. Si l'on se sert de cartes établies en ED 50, par exemple, il est plus précis d'utiliser le récepteur GPS en mode WGS84 et d'apporter la correction indiquée sur la carte plutôt que de laisser le récepteur GPS effectuer la conversion «ED 50-WGS84 ». En théorie. En pratique, l'homme étant ce qu'il est, on constate qu'il vaut mieux laisser le récepteur effectuer une correction imparfaite mais systématique, plutôt que d'oublier d'apporter la correction à la position WGS84 !

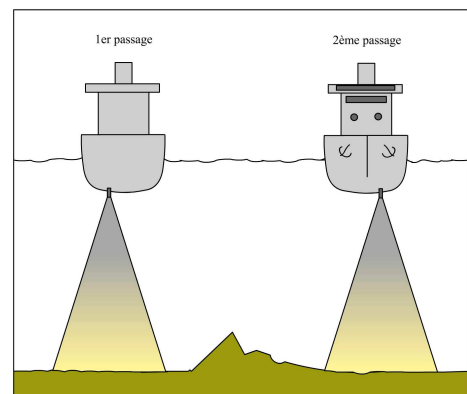
2.2.6 Précision des levés de sondage

La précision des cartes est moins grande que celle des GPS. Les sondages sont effectués par des levés réguliers, selon des lignes espacées d'un centimètre au maximum en tenant compte de l'échelle de la carte considérée. Sur une carte à l'échelle 1 : 10 000, l'espacement maximum entre deux sondages est donc de 100 mètres en cas de fond régulier et sera réduit si nécessaire. Il est donc possible qu'une roche isolée, ou une épave, n'ait pas été détectée.

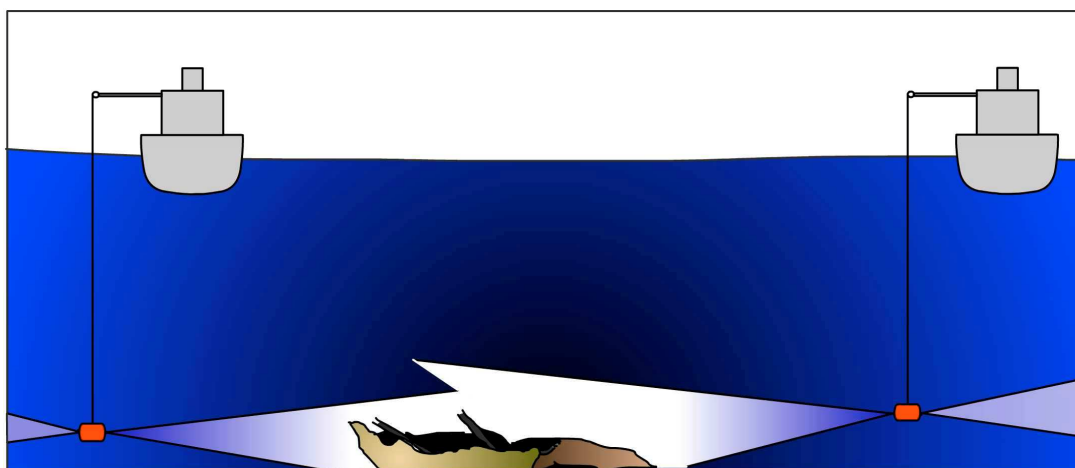
Sur la presque totalité des cartes, nous trouvons un cartouche qui indique les dates des sondages des différentes zones de la carte. Nous pouvons constater que nombre de ces sondages ont été réalisés à une époque où les sondeurs électro-acoustiques n'existaient pas. La technique utilisée avant l'époque moderne était celle du plomb de sonde, suite de sondages ponctuels laissant des intervalles non connus entre chaque sondage.

Ces sondages sont de nos jours effectués :

- au **sondeur acoustique vertical**, qui ne sonde que suivant un faisceau relativement étroit (ouverture 30° par faible profondeur). Ce sondage est une étape conduisant à l'inscription d'une sonde sur la carte. Il peut arriver qu'un relief ne soit pas détecté.



- au **sondeur latéral**, sondeur immergé maintenu à une faible distance du fond, par lequel on obtient une image du fond sur les deux côtés de la ligne suivie. Cette technique est utilisée pour vérifier la profondeur minimale des chenaux d'accès, et permet à la suite d'un passage de chaque côté d'un objet (épave) ou d'un haut fond, de le « visualiser ». Les plongeurs ont l'occasion de voir ces images d'épaves en relief. Ce sondage doit être complété par un sondage vertical afin de déterminer la sonde.



Il existe donc encore certainement des zones dans lesquelles des haut fonds n'ont pas été détectés. Une des raisons en est leur faible fréquentation par les professionnels (pêcheurs et navires de commerce ou de guerre). C'est pourquoi il convient d'appliquer la règle du pouce : sur une carte, la distance minimale à laquelle on peut passer d'un danger indiqué, est la largeur du pouce appliqué sur la carte.

Par ailleurs les sources d'erreurs sont nombreuses :

- Erreur sur la mesure effectuée au moment du sondage : environ 0,2 m.
- Erreur sur la hauteur de marée, variable fonction de la pression atmosphérique, du vent, différence entre le lieu et le port de référence : jusqu'à 1 mètre.

Il y a donc lieu d'admettre une erreur de l'ordre du mètre sur les sondes.

Ces erreurs, qui concernent la mesure de la sonde, dans la phase de réalisation de la carte, s'ajoutent à celles existantes au moment où le navigateur utilise la carte, et qui concernent spécifiquement la marée.

Implications sur l'usage d'une carte électronique :

L'utilisation d'une carte électronique offre l'avantage de zoomer à volonté. Il est tentant lorsque l'on s'approche du point choisi pour la plongée dans l'espoir d'augmenter la précision du mouillage, de dépasser l'échelle nominale de la carte.

Cependant il faut comprendre que pour les raisons énoncées plus haut, il est dangereux d'utiliser une échelle plus grande que celle de la carte initiale. Les échelles utilisables pour une carte donnée sont indiquées dans l'onglet du zoom. Tout dépassement de l'échelle de la carte est donc à proscrire.

Dans certaines zones du globe, il n'existe pas de carte à grande échelle, le risque de céder à l'envie de zoomer sera élevé. Cependant il est indispensable de comprendre que lorsque aucune carte détaillée n'existe, c'est que les détails de la zone ne sont pas connus ; il conviendra d'être encore plus vigilant. Dans nos régions mieux explorées, le dépassement de l'échelle nominale de la carte ne donne pas une précision supplémentaire : il introduit juste une incertitude supplémentaire.

2.2.6 Conclusion

Il est donc possible de formuler un ensemble de recommandations simples qui permettent de limiter le risque de déconvenues lors de l'utilisation d'un GPS. Elles concernent à la fois la connaissance de son GPS et son utilisation pratique.

Connaissances

Ce n'est pas le GPS qui décide, c'est vous ! (ou plutôt, le GPS n'est pas là pour éviter de réfléchir). Toute décision s'appuie sur la connaissance :

1. du repère géodésique de son GPS.
2. du fonctionnement de son GPS (y compris comment l'éclairer)
3. de l'erreur de positionnement du système GPS, et l'incertitude de positionnement sur les cartes
4. des différences entre un GPS de voiture (correction du positionnement par le logiciel en fonction du tracé des routes) et un GPS marine (pas de correction)
5. du risque qu'il y a à « zoomer » sur la carte au-delà de l'échelle nominale.

Pratiques à adopter

Il s'ensuit un « guide de bonnes pratiques » de l'usage du GPS, dont les plus simples sont :

1. l'assurance d'une autonomie suffisante (piles ou batterie)
2. la possession de la carte marine de la zone concernée, en plus du GPS
3. l'usage du GPS à découvert, toute zone fermée détériorant le signal et augmentant l'erreur de positionnement
4. l'usage prudent de la fonction « GOTO », qui trace une route en ligne droite pouvant passer par une zone dangereuse, voire... à terre lors du trajet le long d'une côte !
5. l'usage de la règle du pouce, limitant le risque de mauvaise surprise.



Navire échoué sur un récif de corail

Naviguait-il au GPS dans un autre repère géodésique ?

3. LA MANŒUVRE DES NAVIRES

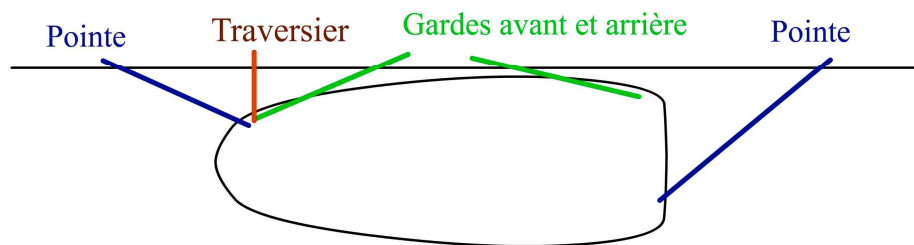
3.1 Généralités

La manœuvre des navires est un art difficile. Il n'y a en la matière pas de règle absolue. Telle manœuvre qui fonctionne parfaitement un jour, sera plus compliquée le lendemain sans qu'on sache précisément pourquoi. Les facteurs qui influencent une manœuvre sont très nombreux. Le but du présent chapitre est d'apporter des éléments de réflexion sur la globalité de la manœuvre, au port, mais aussi en mer alors que des plongeurs sont à l'eau. Quelques accidents parfois dramatiques surviennent dans ces moments critiques. Certains termes méritent d'être précisés, car leur usage implique une réaction rapide et efficace, en tout cas adaptée, ce qui est impossible sans leur compréhension.

3.1.1 Définitions - L'amarrage, les ordres

- L'amarrage d'un navire à quai

Nous utiliserons le terme « navire » pour désigner un engin de transport sur l'eau (en ce qui nous concerne la mer), quelle que soit sa dimension. Ceci est à peu près conforme à la définition donnée par le *Règlement International pour Prévenir les Abordages en Mer*. Le but est de parvenir à amener le navire le long du quai, le plus parallèle possible, et de l'amarrer selon un schéma approchant celui ci :



Le **traversier** représenté sur ce schéma, qui peut être installé à l'avant et/ou à l'arrière n'est pas toujours indispensable. Il peut compléter l'amarrage et parfois remplacer une des deux gardes.

Un semi-rigide pourra sans doute être amarré plus simplement, mais il faut se méfier des amarrages mal finis, qui ne garantissent pas la tenue du navire à quai, et rendent parfois hasardeux les embarquements et débarquements des plongeurs et du matériel. Le passage des amarres à quai devra se faire le plus tôt possible. Il est cependant préférable d'attendre l'ordre pour passer les amarres à terre. Parfois, il faudra passer très vite une amarre pour « faire avant sur la garde » et pouvoir accoster malgré un vent contraire. La volonté d'aider peut parfois nuire à la manœuvre (étaler sans en avoir reçu l'ordre, etc.). Il arrive que la manœuvre dure un peu, si les éléments sont défavorables ; en ce cas, la patience est avantageuse.

- **Les ordres**

Donnés par le manœuvrier, ils doivent être exécutés sans délai, avec efficacité. Il est indispensable que chaque participant n'oublie pas le but énoncé plus haut qui est de mettre le navire à quai et parallèle à celui-ci. En voici quelques uns :

Etale : Faire raidir l'amarre (par un tour mort par exemple) pour accoster le navire ou pour le stopper s'il avance. Cette opération requiert un minimum de doigté pour ne pas écraser le navire sur le quai. Il n'est pas forcément indispensable de bloquer brutalement l'amarre en question, et il vaut mieux rechercher une certaine progressivité. L'apprentissage par la pratique est nécessaire.

Tourne : tourner une amarre, c'est la bloquer sur un taquet à bord, en faisant des « 8 ».

Choque : C'est donner du mou en desserrant son amarrage sur un taquet pour la laisser filer un peu.

Choquer à la demande : choquer dès que nécessaire en maintenant l'amarre juste tendue sans jamais la bloquer. Ainsi on peut être prêt à étaler dès que nécessaire.

Largue : défaire le nœud, ramener l'amarre à bord.

Avoir de l'erre : se dit d'un navire qui se déplace en avant ou en arrière par rapport à la surface de l'eau.

- Pas d'hélice : distance théorique parcourue par l'hélice en un tour. On dit que l'hélice a un « pas à droite » si elle tourne dans le sens horaire quand on la regarde de l'arrière et qu'elle est « pas à gauche » si elle tourne dans le contraire des aiguilles d'une montre. *Voir l'illustration au chapitre 2.3*
- Safran : Partie utile du gouvernail. Désigne la partie immergée que l'on peut orienter, parfois appelé « gouvernail ».
- Bâbord : le côté gauche du navire quand on est tourné vers l'avant.
- Tribord : l'autre côté, bien sûr.

Pour s'en souvenir : En regardant un navire qui s'éloigne. Imaginons qu'il est inscrit sur sa poupe le mot « batterie » : le « bâ » est à bâbord et le « tri » à tribord...

3.1.2 Briefing

Beaucoup de plongeurs n'ont que fort peu de connaissances sur le déroulement des manœuvres et restent très passifs. Il peut même arriver qu'ils gênent la manœuvre. Le pilote du navire, celui qui dirige la manœuvre, se doit donc d'expliquer clairement son intention, le déroulement de la manœuvre et de préciser le rôle attendu des uns et des autres.

Même s'il est plus simple de laisser faire ceux qui savent, et de procéder en silence et avec une efficacité maximale, on a tout intérêt à expliquer et transmettre ce que l'on sait, à impliquer pratiquement les plongeurs, afin de leur donner la possibilité de s'intéresser et de progresser. Naturellement selon le contexte il ne sera pas toujours possible de prendre le temps, mais ceci est généralement prévisible. De plus l'apprentissage ne se fera pas sans encadrement.

Une situation à éviter absolument est celle où le responsable finit par « engueuler » un plongeur à qui il a, au dernier moment, demandé de faire ceci ou cela, et qui n'y arrive pas. Les mises à l'eau et la récupération des plongeurs sont des phases délicates dès qu'il y a du courant ou du vent. Le responsable doit préciser la façon de procéder, qui est fonction des circonstances. Il doit s'assurer que tout le monde a compris.

Nous verrons plus loin certains cas particuliers. Prendre le temps d'expliquer les choses, se dit parfois en français « faire un briefing ».

3.2 Technique

Une embarcation sans moyen de propulsion est soumise à deux *forces* qui lui donnent de la dérive.

3.2.1 Le courant

C'est un élément bien connu des plongeurs un peu expérimentés. Son origine peut être variable. La direction et la vitesse des courants de marée sont fonction de la hauteur de marnage, du lieu, et de l'écart avec l'heure de la pleine mer. Le courant varie également avec la profondeur.

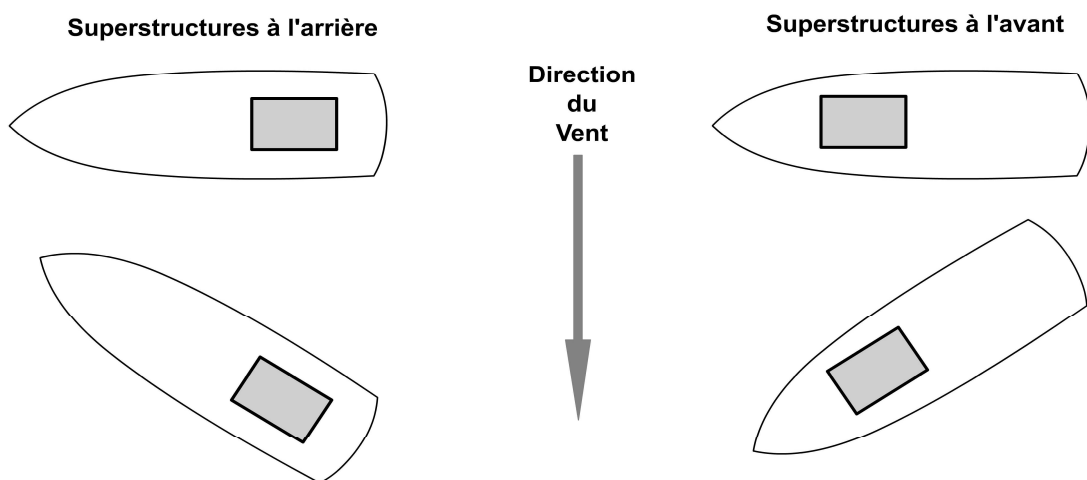
Si le navire est au mouillage, le courant tend à éloigner du navire les plongeurs en surface. Un bout de sécurité balisé permet aux plongeurs de se déhaler pour revenir vers le bateau.

Dans la cas d'une plongée « en dérive », les plongeurs qui se tiennent en surface et le navire dérivent à la même vitesse. Il y a alors moyen d'oublier cette dérive. Il est parfois prudent ne pas envoyer toutes les palanquées en même temps, ce qui permet une surveillance et une gestion plus sûre des plongeurs. Le risque d'une mauvaise gestion est l'ignorance de la position probable des palanquées. Au cours de telles plongées, il faut connaître la dérive due au courant en surface, ce que le GPS fera très bien. Afin d'optimiser la mise à l'eau et la récupération des différentes palanquées, il faut essayer de déterminer le plus précisément possible l'endroit où les plongeurs feront surface, ce qui n'est pas simple, les courants au fond n'étant pas forcément connus. La prudence impose donc de donner des consignes quant à la durée de la plongée (briefing). Si les mises à l'eau se font à un endroit repéré (bouée par exemple), Il faut déterminer les moments de la mise à l'eau des palanquées successives afin d'avoir le temps de faire des aller-retour entre les zones de récupération et de mise à l'eau.

3.2.2 Le vent

Sous l'influence du vent, un navire se déplace à la surface de l'eau, il dérive. Il va prendre une position d'équilibre qui dépend des superstructures, qui offrent une prise au vent, et de sa carène, partie immergée de la coque, qui est freinée par l'eau.

Un navire dont les superstructures sont plutôt à l'arrière viendra plutôt « bout au vent » tandis qu'un navire dont les superstructures sont plutôt à l'avant viendra « cul au vent ».



Il est indispensable de connaître cette position du navire de plongée. Ainsi il sera peut-être possible d'utiliser l'influence du vent et la position d'équilibre naturel du navire pour les manœuvres d'accostage. Cette connaissance est également très importante dans le cas d'une récupération de plongeurs en dérive. Il est souvent possible de maintenir le bateau dans une position donnée par rapport au vent en utilisant l'hélice et la barre, en allure réduite, le bateau ayant un peu d'erre. Cependant, pour que les plongeurs parviennent à remonter à bord, il faut que le navire soit stoppé (l'hélice ne tourne pas) et sans erre !

L'embarquement de plongeurs peut imposer pour le navire une position différente de sa position d'équilibre dans le vent. Il ne peut pas rester longtemps dans la position désirée. Rapidement le navire « tombe » dans le vent et dérive. Très naturellement, les plongeurs tentent de rester à proximité, ce qui peut rendre dangereux le repositionnement du bateau. Il est donc très important que les guides de palanquée comprennent cette

difficulté, et qu'ils fassent patienter leur palanquée là où elle se trouve. Ainsi le pilote peut repositionner le bateau sans danger.

Les facteurs qui imposent une position du bateau différente de sa position dérivante naturelle sont :

- la nécessité d'abriter les plongeurs lors de leur récupération,
- la nécessité de dériver le moins possible car les plongeurs ne dérivent pas au vent
- la nécessité de contrôler les mouvements de roulis et de tangage du bateau.

3.2.3 Le navire

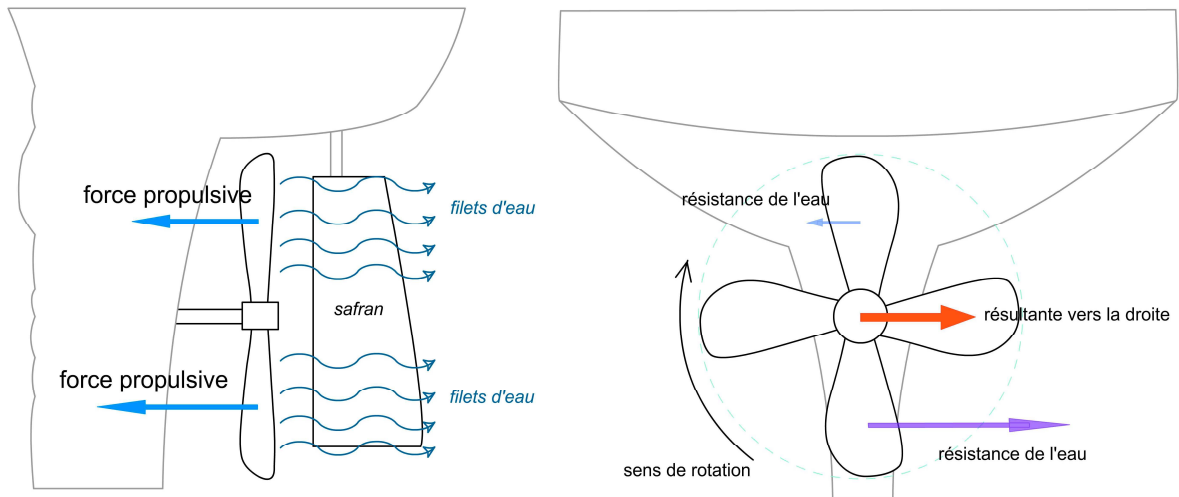
La forme de la coque a une influence considérable sur les possibilités de manœuvre d'un navire. Un semi-rigide ne se manœuvre pas comme un navire en bois de 4 tonnes.

3.2.3.1 Les navires à hélice fixe

- L'effet du pas d'hélice

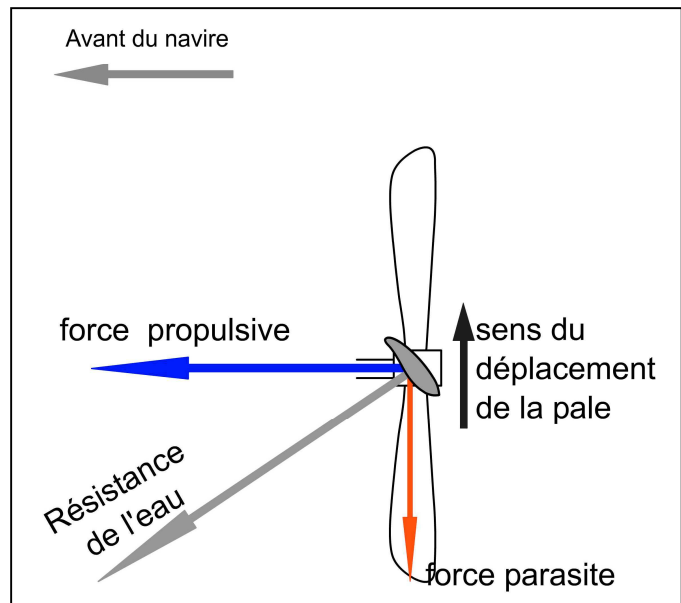
Comme on l'a dit, une hélice dite « pas à droite » tourne dans le sens des aiguilles d'une montre quand on la regarde depuis l'arrière du navire. Comme l'hélice est destinée à créer une force de propulsion longitudinale en partant d'un mouvement de rotation, elle est composée de pales obliques par rapport à l'axe de rotation. Ces pales en se déplaçant subissent une résistance de l'eau, perpendiculaire à leur surface.

La résistance de l'eau est plus importante sur la pale située en profondeur que sur celle située plus près de la surface, en raison de l'augmentation de pression avec la profondeur (*voir schéma ci-dessous*). Sur une hélice pas à droite qui tourne en avant, il en résulte une force dirigée vers la droite appliquée sur l'arbre d'hélice. Le bateau a donc tendance à venir à gauche.

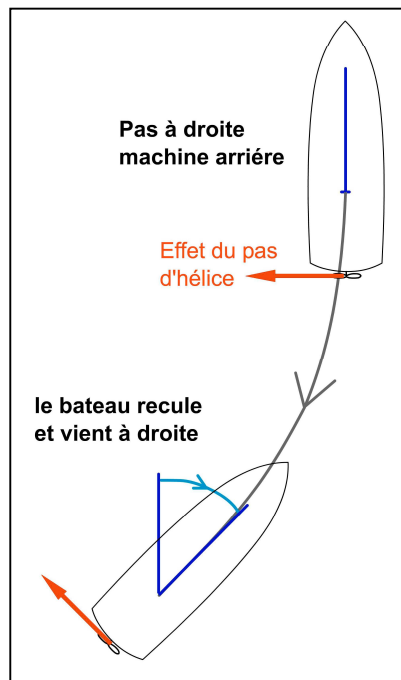


Le schéma ci-dessous, montre comment, sur une hélice, on peut décomposer la résistance de l'eau en deux forces :

- la force propulsive, dans l'axe du navire,
- une force « parasite » perpendiculaire à l'axe longitudinal du navire. La résultante de toutes ces forces « parasites » sur l'ensemble des pales est une force qui dévie le bateau vers la gauche (hélice pas à droite)



Cette force « parasite » est très facile à vaincre en marche avant, un tout petit angle de barre à droite suffit à la compenser. Sur un navire à moteur hors bord, cette compensation est visible sur l'embase du moteur, où elle est réalisée de façon permanente au moyen d'une anode légèrement courbée.

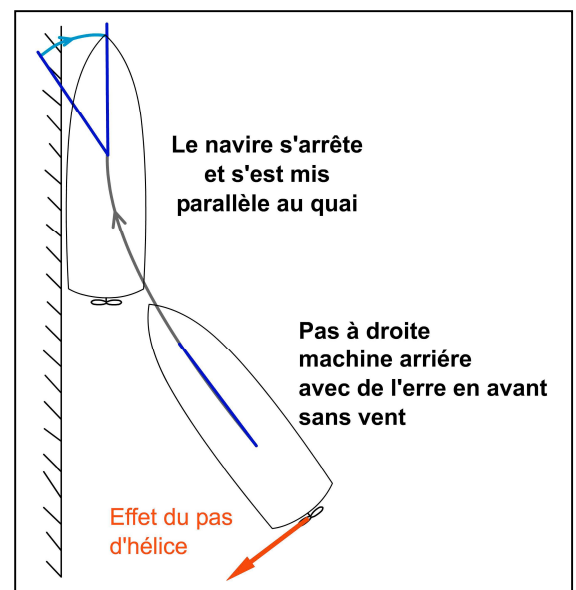


Par contre lorsque l'on bat en arrière, ce qui risque d'arriver en manœuvre, les filets d'eau ne sont plus projetés sur le safran, celui-ci n'a pratiquement plus d'effet, si le navire n'a pas d'erre. L'effet du pas est alors très important. L'hélice tournant dans le sens inverse, il en résulte une force vers bâbord sur l'arbre d'hélice. Le bateau vient donc à droite (son axe tourne vers la droite = son cap augmente).

Cet effet est très utile pour accoster un navire.

Par exemple il est assez simple d'accoster bâbord à quai un navire muni d'une hélice « pas à droite », puisqu'il va venir à droite quand on battra en arrière. (voir ci-contre)

Par contre, accoster tribord à quai avec un navire pas à droite est plus compliqué. Il faut arriver en longeant le quai quasiment sans erre, envoyer rapidement une garde, étaler doucement dessus, et finir d'accoster l'arrière en mettant la barre tout à droite et en faisant avant. Le bateau pivote sur la garde et vient à quai.



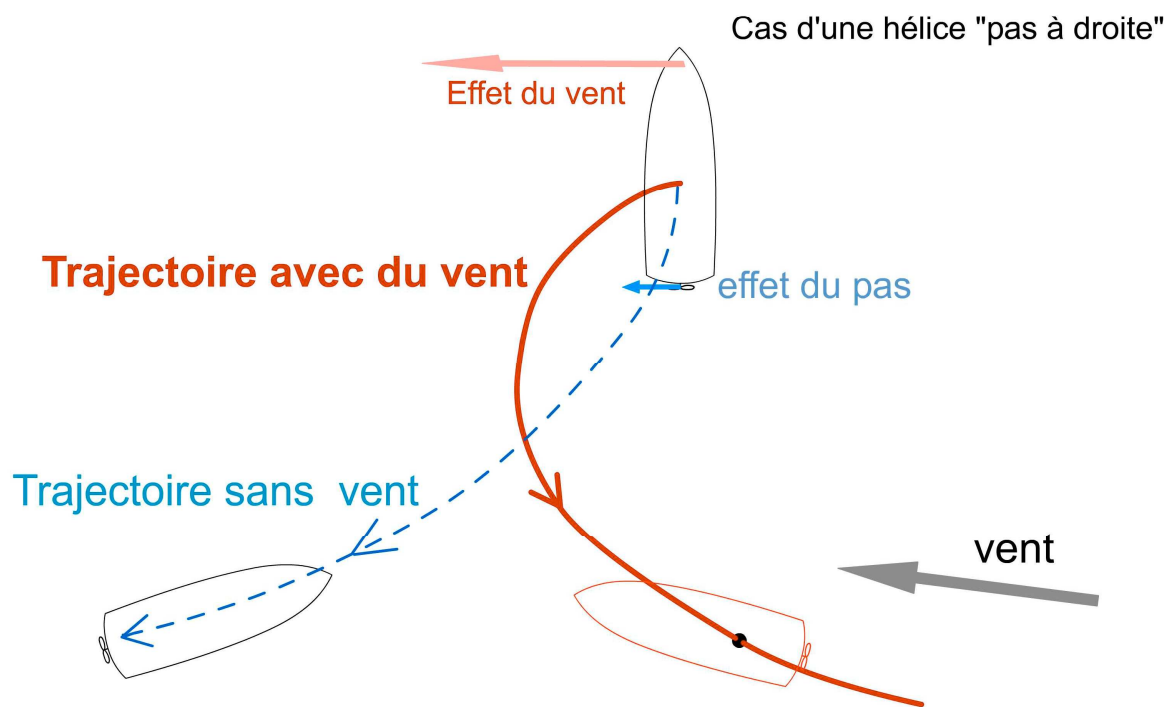
En cas de vent éloignant le bateau du quai, la manœuvre est compliquée du fait de la dérive.

Dans le cas d'une hélice pas à gauche, les effets sont inverses.

- L'effet du vent

Un bateau qui a de l'erre en arrière remonte l'arrière au vent, quelque soit son pas d'hélice. Ceci veut dire qu'un bateau dont le pas d'hélice est à droite, qui reçoit le vent de tribord, qui bat en arrière et qui recule effectivement, viendra à gauche en remontant au vent. (trajectoire rouge).

Sans vent il vient à droite et recule (trajectoire bleue).



En quelque sorte, le navire « pivote » autour de son hélice pour se mettre dans l'axe du vent. L'hélice est un point d'accroche dans l'eau. Le bateau se comporte comme un drapeau, dont l'hélice serait le mat et le bateau lui-même le tissu.

Cet effet a permis bien des fois de se sortir de situations mal engagées. On peut en donnant de l'erre en arrière, remonter au vent très efficacement. On peut même doser finement la force propulsive en arrière pour diriger le bateau. Attention cependant : tant que le bateau n'a pas d'erre, il peut dériver rapidement.

3.2.3.2 Les semi-rigides

Un semi-rigide a peu de formes immergées, et **dérive donc très rapidement** au gré du vent. La puissance du moteur est souvent importante et la manette manque généralement de progressivité, il n'a pas de gouvernail, mais on peut orienter l'hélice. Ceci en fait un engin **apparemment facile à manœuvrer**, mais qui peut devenir difficile à contrôler quand il y a du **vent**.

Il est difficile de développer une théorie concernant ces engins dont la caractéristique principale est de **dériver** énormément dès qu'ils n'ont plus de vitesse. Leur sensibilité au vent peut rendre délicat le suivi de plongeurs en dérive. L'utilisation de la puissance parfois brutale du moteur est dangereuse si des plongeurs sont dans l'eau à proximité. Elle permet de modifier rapidement le cap, mais son contrôle est délicat et sa facilité de mise en œuvre n'en diminue pas les risques. Il faut manœuvrer avec le moins de vitesse et de puissance possible. Dès que sa vitesse est faible, la dérive due au vent est importante. Sans erre il ne reste pas « bout au vent » (face au vent), mais tombe en travers. Si les plongeurs sont sous le vent du bateau, le bateau peut leur passer dessus ; s'ils sont au vent du bateau, ils peuvent ne pas parvenir à rattraper le bateau qui dérive. La **récupération des plongeurs** doit être rapide, les plongeurs ont souvent besoin d'aide. Une échelle mobile est fréquemment installée à l'arrière, à proximité du moteur, afin de faciliter l'embarquement.

3.2.4 Le mouillage

Il n'existe pas d'ancre parfaite. Toutes les ancres actuelles ont leur limite. Pour la plongée, nous recherchons des sites extrêmement divers (épaves, tombants, secs, etc) et le mouillage est parfois compliqué.

Il faut tenir compte :

- de la profondeur : on sait qu'il est intéressant d'envoyer une longueur de chaîne égale à trois fois la profondeur.

- de la nature du fond, une ancre n'ayant pas la même tenue sur un fond de sable ou de vase.
- du vent et du courant, le courant peut inverser complètement la position du bateau après une renverse. Le vent sollicite très brutalement le mouillage et risque de faire chasser le navire.

L'idéal est de se placer le plus vite possible dans la position définitive du bateau mouillé. On aura soin de vérifier la tenue du mouillage en donnant un coup en arrière pour faire crocher l'ancre sur le fond. Quand le bateau « fait tête », c'est à dire que la traction de la chaîne le fait pivoter vers son équilibre final, on peut penser que l'ancre va tenir. Il faut cependant contrôler régulièrement la position du bateau. Pour cela, plusieurs moyens : des alignements de points remarquables sur la côte, ou encore le GPS. Les alignements ne doivent pas être trop proches, afin de ne pas être d'une trop grande sensibilité aux mouvements d'oscillation du bateau. La lecture du GPS pour la surveillance du mouillage est difficile : il est très compliqué de comprendre l'évolution des chiffres donnés par l'indicateur, et la vision du tracé sur un GPS traceur de route peut devenir embrouillée par les déplacements du bateau.

Mouillage sur un fond de roche ou sur un sec⁴

Les ancres sont conçues pour s'enfoncer plus ou moins bien dans des fonds sableux ou vaseux. La tenue sur des fonds rocheux est très aléatoire. Elle peut ne pas tenir solidement, donc déraiper accidentellement. Au contraire elle peut se coincer dans une faille, de laquelle il sera difficile de l'extraire.

La mise à l'eau des plongeurs ne doit se faire que lorsqu'on a la certitude que l'ancre tient. Le mouillage sur un fond en pente, à proximité d'un tombant, rend plus aléatoire encore la tenue de l'ancre.

Il est ensuite possible voire utile que les palanquées descendent le long du mouillage, ce qui permet de maintenir la cohésion de la palanquée, d'économiser de l'énergie à la descente et de repérer la profondeur de l'endroit où la chaîne touche le sol. Généralement

⁴ Un sec est une tête de roche immergée.

quelques palanquées vont voir l'ancre. Il arrive que des plongeurs estiment que l'ancre est mal placée (coincée dans les roches ou dans une épave).

Une modification de la position de l'ancre ou de la chaîne entraînera à coup presque sûr le dérapage de l'ancre. Nombreux sont les cas de navires de plongée ayant quitté leur mouillage du fait d'une tentative de repositionnement d'une ancre par un plongeur. Les conséquences peuvent en être sévères : impossibilité de retrouver le mouillage, paliers en dérive, perte de plongeurs, mise en œuvre de secours importants et coûteux...

Quand l'ancre est au fond et que le navire a fait tête, on ne touche plus à l'ancre avant de la virer à bord. Si quelqu'un modifie la position de l'ancre pour une raison quelconque, il faut reprendre entièrement la procédure de mouillage.

Mouillage sur une épave de navire

La connaissance préalable de l'axe de l'épave facilite son repérage. Le premier passage étant souvent le plus rapide pour trouver l'épave, il vaut mieux arriver doucement et perpendiculairement à l'axe de l'épave. Ainsi la probabilité de trouver l'épave est plus grande.

3.3 La VHF

La détention d'une VHF n'est pas obligatoire, mais conseillée. On en trouve une au moins sur quasiment tous les bateaux de plongée. L'envoi d'un message de détresse puis la gestion des échanges suivants ne sont certainement pas des actions simples. Ces techniques de communication s'apprennent au cours d'une formation précise conduisant à la délivrance du Certificat de Radiotéléphoniste Restreint (CRR). Remarquons que la détention d'un permis de conduire les navires de plaisance à moteur n'est pas nécessaire (ni même conseillée) pour se présenter à l'examen du CRR.

Hors la détention du CRR, l'usage d'une VHF n'est pas légal. Cependant il peut sembler évident qu'en cas de problème, une personne ayant quelques connaissances sur l'usage de la VHF, utilisera effectivement ce moyen, qui est pour l'instant le seul

réellement adapté en mer. Cette pratique n'est pas à encourager, et peut être sévèrement réprimée. L'émotion qui accompagne la survenue d'un accident, est renforcée par la conscience de mettre en œuvre des moyens d'intervention lourds et coûteux. Associée à une ignorance des codes de communication, elle peut nuire sérieusement à l'efficacité dans la transmission du message (absence d'éléments essentiels, perte de temps, bafouillages et cafouillages). Les conséquences peuvent être graves puisque une transmission incomplète peut conduire les équipes de secours à terre à choisir des options (usage ou non d'un hélicoptère, lieu du rendez-vous, délai de route) augmentant les délais d'intervention.

Enfin, il faut rappeler que le téléphone mobile, même s'il ressemble parfois à une petite VHF, n'en est pas une. Il présente certaines inadaptations, entre autres :

- l'impossibilité pour la station appelée de déterminer la direction de l'émetteur, en cas de recherches par les moyens de secours, ce que permet la VHF,
- l'impossibilité de communiquer en cas d'obstacle entre le téléphone et les bornes terrestres (falaise ou autre),
- l'impossibilité de diffusion à toutes les stations à l'écoute,
- une portée réduite et une autonomie aléatoire.

4. PROPOSITIONS

Nous voyons qu'il n'est réellement question de navigation, ou de pratique des bateaux qu'au cours de la formation des plongeurs niveau 4. Les connaissances sont dans ce domaine le plus souvent transmises par les autres plongeurs, en condition de pratique. Il est effectivement indispensable d'apporter des connaissances sur l'utilisation des cordages, souvent terminés par des nœuds, qui nous sont nécessaires sans cesse dans notre pratique. Cependant le développement d'un réel intérêt pour le bateau et la navigation passe par une connaissance plus large. La sécurité, mais aussi l'adoption de comportements logiques et réfléchis en dépendent partiellement. Le sens marin est quelque chose qui se développe, qui se cultive. Le seul apprentissage des nœuds, des techniques de mouillage, de la mise en place de « pare-battage » est de ce point de vue insuffisant.

Cette connaissance peut s'obtenir par l'apprentissage de techniques, puis leur utilisation en situation, mais aussi par des connaissances plus théoriques, qui permettent une compréhension plus globale. La navigation et la manœuvre des bateaux sont des domaines relativement complexes, qu'un simple survol ne permet pas du tout de comprendre. Les difficultés que rencontrent souvent les plongeurs montrent une insuffisance en la matière.

Augmenter la compétence en matière maritime aura des incidences sur la sécurité, en cas d'accident en mer mais également de manière préventive. Une façon d'y parvenir est d'enseigner plus précocement des éléments simples dans le domaine de la navigation et des bateaux, puis de rajouter graduellement d'autres éléments simples et utiles. Nous allons donc dans les pages qui suivent proposer quelques éléments à ajouter aux connaissances demandées actuellement.

4.1 Niveau 1

Si le plongeur niveau 1 est essentiellement encadré, il convient néanmoins pour lui de **trouver sa place sur le bateau de plongée**, tant pendant les manœuvres, déplacements et mouillage du bateau que pendant les périodes de mise à l'eau et de récupération des

plongeurs. Etant totalement pris en charge par un guide de palanquée, il n'a pas besoin d'en savoir davantage.

Il reste pourtant intéressant d'acquérir le pied marin. Par exemple, Pierre, qui est niveau 1 récent, embarque sur le bateau de plongée du club. Cependant ce jour-là, comme il arrive sur la mer, une houle résiduelle provoque un petit tangage parfois agrémenté de quelques coups de roulis. Notre Ami Pierre est malade. Certains s'en amusent : ça n'est pas à eux que ça arriverait ! Cependant il faut noter que le fait d'avoir le mal de mer n'est pas sans conséquences sur le déroulement de la plongée : sa durée risque de s'en trouver réduite pour cause de ventilation mal adaptée et Pierre n'est pas dans la meilleure disposition psychologique ; la conduite de palanquée peut en être compliquée. Quelques conseils simples sur le positionnement à bord, la façon de retrouver des repères visuels peuvent modérer ou retarder les effets du mal de mer. Peut-être Pierre (qui hormis la plage ne connaît rien de la mer) n'avait-il pas envisagé que les choses se dérouleraient comme ça. Conseil ultime (et tardif) : ne pas vomir face au vent !

Sur le plan précis des connaissances maritimes, des conseils et informations simples doivent lui être formulées. Par exemple :

- Ne pas mettre les mains entre le bateau et le quai,
- Faire attention à son positionnement de façon à ne pas tomber à la mer involontairement,
- Ne pas disperser ses équipements (palmes, haut de combinaison,...)
- Sur un semi-rigide, se placer proche de son bloc équipé pour pouvoir se mettre à l'eau,
- Ne pas gêner la visibilité du pilote,
- Ne pas gêner les manœuvres, laisser les amarres libres,
- Connaître le déroulement de la sortie (explication chronologique des mouvements sur le bateau),
- Ecouter les informations du directeur de plongée,

Nous pouvons donc suggérer l'ajout du tableau suivant dans le manuel du moniteur :

Connaissances, savoir faire, et savoir être	Commentaires et limites	Critères de réalisation
Comportement à bord du bateau : - à l'embarquement - pour s'équiper - pour la mise à l'eau	Il s'agit pour l'élève d'apprendre à être efficace pour ranger son matériel à bord, savoir s'équiper facilement, avoir une vision globale de la sortie	Ne pas chercher son matériel Etre prêt au moment voulu
Positionnement pendant les manœuvres et les périodes de navigation	Ne pas gêner les manœuvres et ne pas se mettre en danger, savoir où se mettre pendant les opérations de mouillage et de virage de l'ancre	Le plongeur trouve sa place sur le bateau, et s'intéresse à l'ensemble de la sortie
	Faciliter l'embarquement des autres plongeurs	L'élève laisse rapidement libre les zones d'embarquement des plongeurs

4.2 Niveau 2

Le plongeur niveau 2 accède à un certain degré d'autonomie, en ce qui concerne les incursions sous-marines. Il semble envisageable de lui donner également quelques connaissances en matière maritime afin de favoriser ou de confirmer chez lui cette autonomie. Il s'agit donc d'élargir ses connaissances vers des domaines qui, pour être transversaux, n'en sont pas moins fort importants.

Dans cette optique, il semble intéressant qu'il soit capable de **participer à la manœuvre**, de **réagir** efficacement lorsqu'on lui demande quelque chose. Ainsi il devrait savoir, sur demande du pilote, **passer une amarre à terre**, étaler sur une amarre et tenir bon, éventuellement tourner cette amarre, et spontanément déborder ou rentrer un pare-battage, ranger le matériel commun.

Il devrait également **être capable de faire quelques nœuds**, qui ne sont pas si simples et qui s'oublient facilement, à savoir un tour mort et deux demi clés, un nœud de cabestan et un nœud de chaise. En effet la meilleure façon pour s'intéresser et participer est de toucher et de manipuler chaque fois que c'est possible.

Ensuite, il faut apporter une **information sur les appareils de navigation**, sondeur, compas de route, GPS, etc., et sur les VHF. Cette information pourrait être donnée en pratique. Lorsque la navigation se fait dans une cabine fermée, sur des bateaux de bonne taille, il faut inviter les élèves, à venir découvrir ces éléments.

Enfin, il est indispensable de comprendre dans quel environnement global fonctionne un **compas magnétique**, c'est-à-dire qu'il faut connaître les **points cardinaux**, les mémoriser et les utiliser au préalable et hors de l'eau. En effet on peut constater que peu de plongeurs débutants sont capables de désigner rapidement la direction du nord, ce qui peut sembler être une base de l'orientation par un moyen magnétique. Ces notions peuvent d'ailleurs être considérées comme des pré requis à l'apprentissage de l'orientation dans l'eau, indispensable à l'autonomie dans l'espace médian.

Tout ceci pourrait être condensé comme suit :

Connaissances, savoir faire, et savoir être	Commentaires et limites	Critères de réalisation
Utilisation des amarres,	Le but est pour l'élève de réagir efficacement si besoin	Sur demande, l'élève sait envoyer une amarre à terre, Etaler si demandé et tourner cette amarre.
Réalisation des nœuds usuels	Un tour mort et deux demi clés, nœud de cabestan nœud de chaise	La réalisation des nœuds se fera dans des circonstances simples, il s'agit d'une première approche
Compréhension des appareils de navigation	Connaissances simples sur le rôle du compas, du sondeur, du GPS, et de la VHF. L'intérêt est que l'élève s'approche des appareils	Aucun principe de fonctionnement n'est abordé
Utilisation des repères d'orientation (nord et points cardinaux)	Il s'agit de comprendre les repères cardinaux terrestres, par une sensibilisation au cours des déplacements du bateau	Explication des repères cardinaux, mise en pratique en navigation.

4.3 Niveau 3

Dans la formation actuelle, la **connaissance maritime** telle qu'elle est définie par le manuel du moniteur, est pour le moins lacunaire au niveau 3. Il est indispensable qu'un

plongeur niveau 3 ait de réelles compétences en la matière, du fait, entre autres, de l'absence possible du directeur de plongée sur site.

Il faut donc qu'il ait une bonne compréhension de la **manœuvre des bateaux**, en particulier pour les phases difficiles que constituent parfois la mise à l'eau et la récupération des plongeurs, le choix du mouillage et la méthode employée.

Il semble indispensable qu'il sache réaliser des **nœuds marins** destinés à l'amarrage du bateau, de l'ancre, du bloc de sécurité, ou de tout autre objet, et qu'il maîtrise l'usage des repères magnétiques. Il lui sera également utile de connaître les limites d'usage des GPS, les repères géodésiques, source de tant d'erreurs, de comprendre les limites des cartes actuelles, qui donnent, pour les dangers qu'elles signalent, une précision inférieure à celle du positionnement du navire.

S'il pilote le bateau, il devra détenir un permis de conduire, mais ceci est déjà défini par voie réglementaire. Il devrait être capable d'utiliser une VHF et à ce titre il doit détenir le **Certificat Restreint de Radiotéléphoniste**.

Connaissances, savoir faire, et savoir être	Commentaires et limites	Critères de réalisation
NAVIGATION ET MANŒUVRE		
Connaissances succinctes sur le GPS	Limites d'utilisation. Connaissance de quelques repères géodésiques, et conséquences Précision moyenne, précision garantie	Citer au minimum WGS84 et ED50 Savoir expliquer succinctement les différences de position entre deux repères géodésiques
Manœuvre des bateaux	Réalisation pratique de manœuvres courantes	
Matelotage Réalisation de nœuds courants	L'élève doit être capable de justifier l'usage de tel ou tel nœud	Réalisation rapide et adaptée du nœud nécessaire
Lecture de carte Sondes, lignes de sondes, Indications sur les courants et les marées, Coordonnées géographiques Conversion ED50 / WGS84	Réalisation en prévision d'une plongée. Le but est que l'élève soit capable de déterminer les difficultés décelables et de choisir une option	

4.4 Niveau 4

Le niveau 4 est à la fois un plongeur autonome et un guide de palanquée. A ce titre, il est amené à seconder le directeur de plongée. Il est envisageable que le directeur de plongée (qui cumule souvent le rôle de pilote), qui n'a pas l'obligation de rester sur le pont du bateau, ressorte fort loin du bateau, et que, pour telle ou telle raison, il ait besoin qu'on vienne le chercher. Il est vrai que souvent, quand le bateau n'est pas lui-même un semi-rigide, il est accompagné d'une annexe motorisée utilisée de préférence pour ces transports. Néanmoins puisque le niveau 4 est amené à **seconder** le directeur de plongée, il semble raisonnable qu'il sache conduire le bateau et en fasse la démonstration pratique.

Il est donc nécessaire de demander à l'élève de posséder un **permis de conduire** les navires à moteur (en plus du CRR) pour se présenter à l'examen. Son statut de second du directeur de Plongée fait qu'il doit bien maîtriser l'usage des différentes **amarres et bouts** à utiliser dans l'objectif spécifique à la plongée. Il doit être capable de guider un plongeur dans l'utilisation d'un bout d'amarrage. Il y a lieu de renforcer et de préciser les connaissances nécessaires.

Enfin il faut qu'il ait de bonnes connaissances lui permettant de comprendre facilement la raison du **choix d'un site particulier**, les **contraintes météorologiques** et maritimes, et d'utiliser éventuellement une **carte ou les appareils de navigation**.

Dans le tableau de la page suivante se trouve une synthèse des apports possibles en pratique et en théorie, ceci en complément des connaissances déjà inscrites, à acquérir pour l'obtention de la compétence n°5 (Comportement général du GP).

A l'examen, l'épreuve dite de « matelotage » devrait être modifiée en conséquence. **Une épreuve pratique de conduite de bateau avec manœuvres devrait être mise en place.** Rappelons que la connaissance (ou le savoir faire) de la manœuvre d'un bateau figure dans le contenu de formation actuel.

Compétence n° 5 : LE COMPORTEMENT GENERAL DU GUIDE DE PALANQUEE

Connaissances	Commentaires et limites	Critères de réalisation	Examen final
NAVIGATION ET MANŒUVRE Connaissances succinctes sur le GPS Manœuvre des bateaux Matelotage Amarrage d'un bateau Réalisation de nœuds courants Conseils aux plongeurs Lecture de carte Sondes, lignes de sondes, Indications sur les courants et les marées, Calcul de hauteur d'eau par la règle des 12 ^{ème} Coordonnées géographiques Conversion ED50 / WGS84	Limites d'utilisation. Connaissance de quelques repères géodésiques, et conséquences Précision moyenne, précision garantie, Effets du pas d'hélice, du vent et du courant, adaptation à différents types de navires de plongée Réalisation pratique de manœuvres courantes en fonction des conditions de courant et de vent L'élève doit être capable de justifier l'usage de tel ou tel nœud Réalisation en prévision d'une plongée. Le but est que l'élève soit capable de comprendre les difficultés décelables et de choisir une option	Citer au minimum WGS84 et ED50 Savoir expliquer succinctement les différences de position entre deux repères géodésiques Réalisation rapide des nœuds Conseils aux plongeurs Compréhension des indications figurant sur les cartes en rapport avec la détermination des sites de plongée et avec la sécurité maritime	Epreuve pratique de conduite de bateau avec manoeuvres

4.5 Niveau 5

Le niveau 5 n'est pas nécessairement le pilote du navire de plongée. Cependant il peut arriver qu'il le soit. Fréquemment c'est un acteur non négligeable dans la conduite du bateau. Sa formation sur la connaissance des sites de plongée est surtout basée sur la transmission de l'expérience. C'est pourquoi l'amélioration de la sécurité et de l'efficacité pourrait être apportée par l'ajout de deux exigences :

- 1. l'obligation de détenir un permis plaisance,**
- 2. l'obligation de détention du Certificat Restreint de Radiotéléphoniste.**

Dans le cas où ces obligations seraient rendues obligatoires dès le niveau 4, elles seraient donc acquises.

4.6 MF1

Pour permettre aux moniteurs de transmettre leurs connaissances en matière de manœuvre et de navigation, il est nécessaire qu'ils puissent :

- Dans un premier temps, acquérir cette connaissance,
- Ensuite la transmettre à leurs élèves.

Afin d'acquérir cette connaissance, puis de la rapprocher de la pratique, il est indispensable que les moniteurs aient accès facilement à une documentation précise et concise sur le sujet. C'est précisément ce qu'a tenté de faire ce mémoire.

4.7 Propositions d'évolution dans le cadre des brevets en réflexion

Un document élaboré par une équipe FFESSM "restreinte" et qui est maintenant largement distribué est le résultat d'une première réflexion de niveau national, et le point de départ d'une seconde, de niveaux national et régional. Ce document est un projet d'arrêté qui devrait venir en remplacement de l'arrêté du 22 juin 1998 relatif aux règles

techniques et de sécurité dans les établissements organisant la pratique et l'enseignement des activités sportives et de loisir en plongée autonome à l'air.

Ce projet d'arrêté est relatif aux règles techniques et de sécurité dans les établissements organisant la pratique et l'enseignement des activités de plongée subaquatique. Il intègre donc la plongée à l'air, aux mélanges, et la plongée libre.

Il redéfinit les espaces d'évolution :

- L'espace proche, de 0 à 6 mètres
- L'espace médian, de 6 à 20 mètres
- L'espace lointain, de 20 à 40 mètres
- L'espace sub-lointain, de 40 à 60 mètres
- L'espace profond, au delà de 60 mètres.

A la notion de « **niveaux de prérogative de plongeur** », que l'on trouve dans l'arrêté du 22 juin 1998, vient se substituer celle de « **Compétence de plongeur** ». Pour mémoire, on trouvera en annexe⁵ un tableau élaboré par le collège régional des Instructeurs du C.I.B.P.L. montrant les prérogatives attachées aux compétences des plongeurs.

En encadrement de plongées d'exploration, le niveau P4 capacitaire deviendra le « GP scaph. » (Guide de palanquée), et le brevet fédéral s'appellera « GP scaph EFP » ; le niveau P5 deviendra le « DP scaph. » (Directeur de plongée), et la qualification fédérale s'appellera « DP scaph EFP ». Ces deux niveaux correspondront à des compétences d'encadrement.

En ce qui concerne l'enseignement en plongée à l'air, nous retrouvons les appellations différentes entre compétences et brevets fédéraux telles que nous les connaissons actuellement. Une exception cependant : la nouvelle compétence « E3 + scaph » qui permet l'enseignement dans l'espace sub-lointain.

Parallèlement à ce projet d'arrêté, une autre réflexion est en cours concernant la modification des contenus de formation des brevets fédéraux pour l'exploration et l'enseignement. L'objectif de cette réflexion est de mettre en adéquation ces contenus de formation avec les niveaux de compétences imaginés dans le projet d'arrêté.

⁵ Voir annexe page 56

Concernant les niveaux de pratique et les conditions d'évolution en exploration en plongée à l'air, l'appellation des futurs brevets fédéraux (mis en adéquation avec le futur arrêté) devrait être identique à celle des compétences réglementairement définies, en tout cas en ce qui concerne le niveau de plongeurs, hors encadrement. Dans la suite de ce document nous parlerons donc de « compétence A », « compétence B », etc., comme nous avons parlé de « niveau 1 », « niveau 2 », etc. Le projet d'arrêté indique les équivalences entre les compétences de plongeur et les niveaux de plongeurs définis par l'arrêté du 22 juin 1998.

Voici quelques suggestions pour ces compétences :

4.7.1 Compétence A

La compétence A correspond au niveau 1 sans modification. Nous pouvons donc reprendre pour cette compétence les propositions formulées pour les niveau 1.

4.7.2 Compétence A1

Elle correspond au niveau 1 + autonomie relative dans l'espace **proche**. Les connaissances maritimes utiles voire nécessaires pourraient concerner l'usage d'un compas et la compréhension du phénomène de dérive due au courant.

4.7.3 Compétence A2

Elle correspond :

- au niveau 1 + autonomie relative espace **médian**
- **ou** au niveau 2 sans accès à l'espace lointain. Les connaissances maritimes pourraient être les mêmes que celle proposées pour le niveau 2 actuel.

4.7.4 Compétence B

Elle correspond au niveau 2 sans autonomie relative. Le problème est de savoir si cette compétence est accessible directement depuis la compétence A. Si c'est le cas, elle

ne comporte **aucune prérogative d'autonomie**, le plongeur n'ayant jamais bénéficié d'une formation spécifique et qualification permettant l'exploration en autonomie relative. La motivation qui peut conduire vers cette compétence (de plongeur toujours encadré) n'impose probablement pas de lui donner même une formation maritime de type « niveau 2 ».

4.7.5 Compétence B1

Elle correspond au niveau 2 avec autonomie relative espace lointain. Les connaissances maritimes pourraient être les mêmes que celles proposées pour le niveau 2 actuel.

4.7.6 Compétence C

Elle correspond au niveau 3 avec ou sans autonomie dans l'espace lointain, mais sans autonomie dans l'espace sub-lointain. Le problème est de savoir si cette compétence est accessible directement depuis la compétence B. Si c'est le cas, elle ne peut comporter aucune prérogative d'autonomie, le plongeur n'ayant jamais bénéficié d'une formation spécifique et qualification permettant l'exploration en autonomie relative. La motivation qui peut conduire vers cette compétence (de plongeur toujours encadré) n'impose probablement pas de lui donner même une formation maritime de type « niveau 2 ».

4.7.7 Compétence C1

Il s'agit du niveau 3 actuel. Les connaissances maritimes pourraient être les mêmes que celles proposées pour le niveau 3 actuel.

4.7.8 GP scaph

Il s'agit du niveau 4 actuel. Les connaissances maritimes pourraient être les mêmes que celles proposées pour le niveau 4.

4.7.9 DP scaph

Il s'agit du niveau 5 actuel. Les connaissances maritimes pourraient être les mêmes que celles proposées pour le niveau 5.

4.8 Tableau récapitulatif situation / propositions

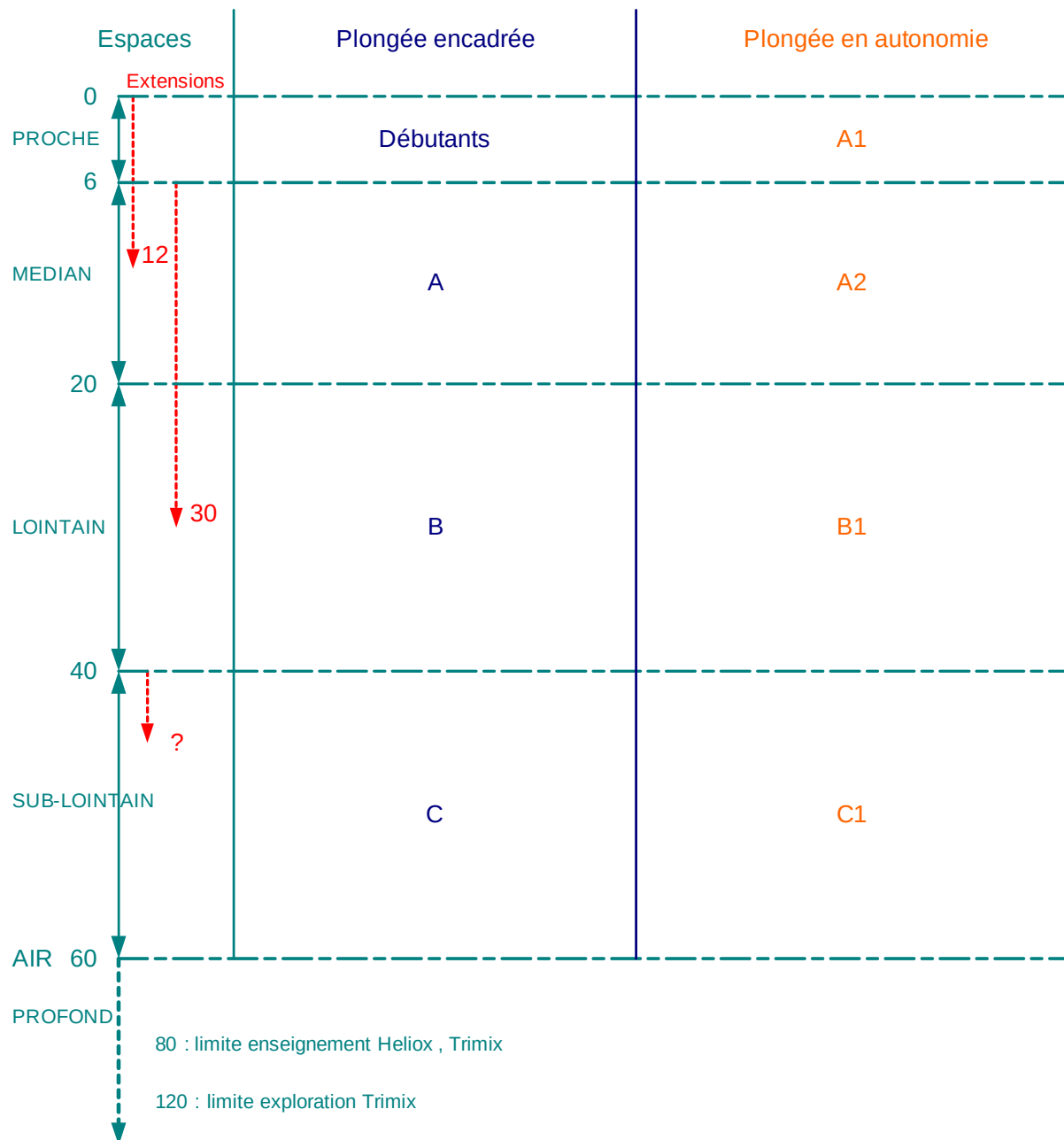
Le plongeur et la connaissance maritime							
Situation actuelle et propositions en complément							
Situation actuelle		P1	P2	P3	P4	P5	MF1
	Savoir-être à bord						
	Manœuvres				connaître ou savoir faire les manœuvres		
	Matelotage			Savoir faire un tour mort et deux demi-clés, mettre en place bloc de palier, pendeurs...	Connaissances des nœuds marins usuels Savoir aider à mouiller, mettre en place pendeur, ligne de vie, bouteille de palier, rappeler les palanquées		
	Navigation et instruments		Utilisation du compas				
	Navigation et cartes						
	CRR						
	Permis mer						Détention du permis mer
	Direction de plongée					Connaissance des sites habituels et capacité à trouver les sites adaptés aux niveaux des plongeurs	
	Réglementation				connaissances des éléments de sécurité		Connaissance des textes réglementaires spécifiques

Le plongeur et la connaissance maritime							
Situation actuelle et propositions en complément							
Propositions	Appellation actuelle	P1	P2 *	P3	P4	P5	MF1
	Appellation future	A	A2 et B1 *	C1	GP scaph	DP scaph	
	Savoir-être à bord	comportement à bord, savoir se positionner et ranger son matériel					
	Manœuvres		Participation si besoin, savoir passer une amarre, étaler, et faire un nœud.	Compréhension et connaissance des manœuvres, pas d'hélice, vent courant, réalisation pratique	Savoir manœuvrer dans différentes circonstances (courant, vent)		
	Matelotage		quelques nœuds	connaissance des nœuds	Usage rapide des nœuds courants, savoir conseiller les plongeurs		
	Navigation et instruments	Compétence A1 : Compas magnétique et repères terrestres, dérive due au courant	1ère approche des instruments de navigation	GPS : Repères géodésiques, précision	GPS : Repères géodésiques, limite et précision		
	Navigation et cartes		Repères d'orientation	Lecture courante de cartes, coordonnées géographique et repères géodésiques	Lecture de carte, sondes lignes de sondes, courant de marée, Calcul de marée, Détermination des lieux de plongée en fonction des circonstances		
	CRR			Détention du CRR	Détention du CRR	Détention du CRR	
	Permis mer				Détention permis mer	Détention permis mer	

* Il n'y a pas d'équivalence de prérogatives entre P2 et "A2 et B1"

ANNEXE

Schéma élaboré par le collège des instructeurs du CIBPL montrant les prérogatives attachées aux compétences des plongeurs dans le futur arrêté.



SOMMAIRE

	Page
Introduction <i>La connaissance maritime dans les formations</i>	3
<u>1. ANALYSE DE LA SITUATION</u>	5
<u>1.1</u> Au niveau 1	5
<u>1.2</u> Au niveau 2	5
<u>1.3</u> Au niveau 3	6
<u>1.4</u> Au niveau 4	7
<u>1.5</u> Au niveau 5	8
<u>1.6</u> Au MF1	8
<u>2. LA NAVIGATION</u>	10
<u>2.1</u> La forme de la terre	10
2.1.1 La réalité.....	10
2.1.2 Les approximations.....	10
2.1.3 Les coordonnées géographiques.....	12
<u>2.2</u> GPS et WGS 84	14
2.2.1 Le principe.....	14
2.2.2 Description du système.....	15
2.2.3 La précision du GPS et ses limites.....	18
2.2.4 Les améliorations.....	19
2.2.5 Lien avec les cartes.....	20
2.2.5.1 <i>Historique</i>	20
2.2.5.2 <i>WGS 84 et autres repères dont ED50</i>	26
2.2.6 Précision des levés de sondage.....	27
2.2.7 Conclusion.....	29
<u>3. LA MANOEUVRE DES NAVIRES</u>	31
<u>3.1</u> Généralités	31
3.1.1 Définitions.....	31
3.1.2 Briefing.....	33
<u>3.2</u> Technique	34
3.2.1 Le courant.....	34
3.2.2 Le vent.....	35
3.2.3 Le navire.....	36
3.2.4 Le mouillage.....	40
<u>3.3</u> La VHF	42

<u>4. PROPOSITIONS</u>	44
<u>4.1 Niveau 1</u>	44
<u>4.2 Niveau 2</u>	46
<u>4.3 Niveau 3</u>	47
<u>4.4 Niveau 4</u>	49
<u>4.5 Niveau 5</u>	51
<u>4.6 MF1</u>	51
<u>4.7 Propositions d'évolution dans le cadre des brevets en réflexion</u>	51
<u>4.7.1 Compétence A</u>	53
<u>4.7.2 Compétence A1</u>	53
<u>4.7.3 Compétence A2</u>	53
<u>4.7.4 Compétence B</u>	53
<u>4.7.5 Compétence B1</u>	54
<u>4.7.6 Compétence C</u>	54
<u>4.7.7 Compétence C1</u>	54
<u>4.7.8 GP scaph</u>	54
<u>4.7.9 DP scaph</u>	54
<u>4.8 Tableau Récapitulatif situation / propositions</u>	55
 ANNEXE	56
 SOMMAIRE	57
 BIBLIOGRAPHIE	59

Bibliographie

- *L'hydrographie, les documents nautiques, leurs imperfection et leur bon usage*, SHOM, 1992.
- *GPS et Navigation Maritimes*, SHOM, 2001.
- BOUTELOUP, Didier, *Cours de géodésie, Présentation du système GPS*, IGN, 2003.
- Cours de navigation de l'E.N.M.M. de Marseille.
- GUEDJ, Denis, *Triangulation et historique du tracé des cartes : la méridienne*, Laffont.
- Collectif Crédit Communal, *Le cartographe Gérard Mercator 1512 à 1594*, édition 1994.