

Non protégé

SHOM



Norme

# Levés bathymétriques

<http://agora.shom.fr/docQual/2016/NR/NR2016-009>

Etat : Approuvé

Version : 8.0

Dernière modification le 2017/02/23 12:04

Editeur  
julien.smeeckaert@shom.fr  
Adjoint hydrographie de MIP  
le 2016/10/11 08:50

Vérificateur  
julien.smeeckaert@shom.fr  
Correspondant qualité de R1 Acquisition  
le 2016/10/11 08:51

Approbateur  
marie-francoise.lalancette@shom.fr  
Directeur de la DTRI  
le 2016/10/14 10:21

Liste des documents gérés dans le référentiel documentaire et cités en référence dans le présent document

N°	Identifiant	Titre	Etat	Type
1	NR2011-015	Norme de l'OHI pour les levés hydrographiques (S-44)	Approuvé (à contrôler)	applicable
2	NR2013-011	Mesure des hauteurs d'eau	Approuvé (à contrôler)	applicable
3	GU2014-002	Transmission des données bathymétriques	Approuvé (en cours de remplacement)	applicable
4	PG2016-006	Elaboration des livrables définitifs d'un levé hydrographique	Approuvé (à contrôler)	applicable
5	NR2016-006	Recueil d'informations de sédimentologie marine	Approuvé	applicable
6	PG2016-008	Enregistrement à conserver dans les Volumes 500 et archivage des données brutes dites bathymétriques	Approuvé	applicable
7	PG2015-018	Traitement de l'information nautique	Approuvé	applicable
8	PS2016-054	Diffusion des informations nautiques révélées lors d'un levé	Approuvé (à contrôler)	applicable
9	GU2007-036	Adaptation de l'avertissement 'Ne pas utiliser pour la navigation'	Approuvé	applicable
10	DP2016-002	Dossier de processus R1 : Acquisition	Approuvé	applicable
11	MO2012-022	Produit Guerre des Mines	Rédaction	applicable
12	PS2016-039	Levé de plage	Approuvé (en cours de remplacement)	applicable
13	NR2009-009	Norme des levés Litto3D(R)	Approuvé (à contrôler)	applicable
14	NR2015-006	Spécifications des livrables de données de qualification hydrographique	Approuvé	applicable
15	PG2016-007	Validation des données hydrographiques et océanographiques	Approuvé (à contrôler)	applicable
16	NR2016-007	Instruction CCPCM (conception, confection, présentation des cartes marines) normes INTernationales	Approuvé	applicable

Liste des documents non gérés dans le référentiel documentaire et cités en référence dans le présent document

[a] Dictionnaire hydrographique de l'OHI S-32 en ligne : <http://hd.iho.int/fr/index.php/Accueil>

[b] Norme S-57 de l'OHI « IHO transfer standard for digital hydrographic data » :

[http://www.iho.int/iho\\_pubs/standard/S-57Ed3.1/31Main.pdf](http://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-57Ed3.1/31Main.pdf)

[c] Norme S-4 de l'OHI « Regulations of the IHO for international (INT) charts and chart specifications of the IHO » :

[http://iho.int/iho\\_pubs/standard/S-4/S4\\_2020V4-6-0\\_ENG\\_April16.pdf](http://iho.int/iho_pubs/standard/S-4/S4_2020V4-6-0_ENG_April16.pdf)

## Table des matières

<b>1</b>	<b>OBJET DE LA NORME</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DOMAINE D'APPLICATION</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>MODALITES D'APPLICATION</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCES</b> .....	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>DOCUMENTS ASSOCIES</b> .....	<b>5</b>
5.1	DOCUMENTS A CONSULTER .....	6
<b>6</b>	<b>DEFINITIONS</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>ABREVIATIONS</b> .....	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>PRESENTATION</b> .....	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>LES LEVÉS BATHYMETRIQUES</b> .....	<b>11</b>
9.1	USAGES DES LEVES BATHYMETRIQUES AU SHOM.....	11
9.2	CLIENTS DU SHOM .....	13
9.3	INSTRUCTIONS TECHNIQUES .....	13
9.4	NORME OHI S-44 .....	15
9.5	NORMES MINIMALES POUR LES LEVES HYDROGRAPHIQUES DU SHOM.....	15
9.6	VOIE RECOMMANDEE HYDROGRAPHIQUE .....	23
9.7	ATTEINTE DE L'EXPLORATION COMPLETE DU FOND .....	23
9.8	RECHERCHE DES RELEVEMENTS .....	24
9.9	METHODOLOGIE DES LEVES BATHYMETRIQUES REALISES PAR MOYEN ACOUSTIQUE .....	28
<b>10</b>	<b>REFERENCES : POSITION, ALTITUDE</b> .....	<b>33</b>
10.1	POSITIONNEMENT HORIZONTAL .....	34
10.2	REFERENCE VERTICALE .....	34
<b>11</b>	<b>TRAITEMENT DES DONNEES</b> .....	<b>35</b>
11.1	DONNEES A FOURNIR A LA DIRECTION DES OPERATIONS DE LA PRODUCTION ET DES SERVICES (CAS DES GHO ET DE LA CELLULE LITTO3D®) .....	35
11.2	PRINCIPES DE TRAITEMENT .....	35
<b>12</b>	<b>CARACTERISATION DES LEVES</b> .....	<b>39</b>
12.1	CRITERES DE CARACTERISATION ET DE QUALIFICATION.....	39
12.2	ATTRIBUTION DU CATZOC AUX DONNEES DE BATHYMETRIE.....	40
12.3	APPLICATION DE LA QUALIFICATION.....	40
12.4	RENSEIGNEMENT DE LA BDQH .....	41
<b>13</b>	<b>RESPONSABILITÉS DU DIRECTEUR TECHNIQUE</b> .....	<b>41</b>
<b>14</b>	<b>TRANSMISSION DES DONNEES NUMERIQUES ET DES DOCUMENTS DE SYNTHESE</b> .....	<b>42</b>
<b>15</b>	<b>IDENTIFICATION ET TRANSMISSION DE L'INFORMATION NAUTIQUE</b> .....	<b>42</b>

---

## 1 OBJET DE LA NORME

Ce document définit les normes de levé bathymétrique à respecter lors des travaux hydrographiques réalisés pour le SHOM ou au profit d'organismes extérieurs. Il présente également succinctement les principes de traitement de la donnée bathymétrique et de rédaction des livrables.

Ce document est destiné aux responsables de levés bathymétriques, producteurs de données destinées à être intégrées dans les bases de données du SHOM ou exploitées dans les documents produits par le SHOM.

---

## 2 DOMAINE D'APPLICATION

Cette norme s'applique aux levés bathymétriques réalisés pour le SHOM, à la fois par le SHOM lui-même ou par le biais de prestataires extérieurs. Elle est appliquée par le personnel chargé de spécifier, préparer et réaliser ces levés, ainsi que le personnel chargé de traiter et de qualifier les données qui en sont issues.

La présente norme s'applique également, sauf mention contraire des instructions techniques du levé, aux travaux réalisés dans le cadre des partenariats ponctuels entre le SHOM et des tiers demandeurs de travaux de bathymétrie. Plus généralement, toute dérogation à la présente norme sera mentionnée et spécifiée dans les instructions techniques du levé.

---

## 3 MODALITES D'APPLICATION

Les instructions techniques des levés, rédigées par la direction SHOM/DOPS, le sont en conformité avec la présente norme.

Les directeurs techniques des levés réalisés pour le SHOM sont chargés de faire appliquer la présente norme au cours de ces levés. Pour les levés réalisés par la cellule Litto3D<sup>®</sup>, la présente norme est également applicable mais ajustée des spécificités décrites dans la norme en référence [13].

---

## 4 REFERENCES

Se rapporter à l'onglet « Références » du référentiel documentaire.

---

## 5 DOCUMENTS ASSOCIES

---

Se rapporter à l'onglet « Référençants » du référentiel documentaire.

### ***5.1 Documents à consulter***

[a] Dictionnaire hydrographique de l'OHI S-32 en ligne :  
<http://hd.iho.int/fr/index.php/Accueil>

[b] Norme S-57 de l'OHI « IHO transfer standard for digital hydrographic data » :  
[http://www.iho.int/iho\\_pubs/standard/S-57Ed3.1/31Main.pdf](http://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-57Ed3.1/31Main.pdf)

[c] Norme S-4 de l'OHI « Regulations of the IHO for international (INT) charts and chart specifications of the IHO » :  
[http://iho.int/iho\\_pubs/standard/S-4/S4\\_2020V4-6-0\\_ENG\\_April16.pdf](http://iho.int/iho_pubs/standard/S-4/S4_2020V4-6-0_ENG_April16.pdf)

---

## 6 DEFINITIONS

Certaines définitions sont tirées des références [1] ou [a]. S'y reporter pour de plus amples informations.

**Antenne** : pour un sondeur : ensemble de transducteurs utilisé(s) pour l'émission et la réception des ondes acoustiques. Une antenne de sondeur est également appelée base.

On parle également d'antenne pour un système de radiolocalisation (GNSS en particulier) : il s'agit alors du dispositif de réception des données de localisation, et dont la position est la position brute déterminée par le système de radiolocalisation.

**Base** : antenne d'émission et/ou de réception d'un sondeur.

**Bathymétrie** : mesure de la profondeur d'une surface immergée.

**Brassage** : valeur de la sonde la plus faible trouvée sur une remontée de fond, qu'elle soit naturelle ou artificielle.

**Cap** : angle formé par la direction du nord géographique et la ligne de foi du navire.

**Condensation** : échantillonnage spatial des données de bathymétrie destiné à limiter le volume de données archivées en base, tout en préservant l'information nécessaire à une description suffisante du relief pour un usage donné. En hydrographie, la condensation employée vise à conserver les points hauts de manière à garantir la sécurité de la navigation. Le terme « décimation » peut également être employé.

**Correction** : quantité dont il faut augmenter ou diminuer un résultat d'observation ou un résultat qui en découle pour en améliorer la valeur en diminuant ou en annulant l'effet des erreurs. Son signe est opposé à celui de l'erreur.

**Couverture** : surface explorée. Pour un système acoustique, surface insonifiée.

**Cycle** : ensemble des mesures acquises lors d'une émission-réception du sondeur.

**Echo fixe** : détail du fond fournissant un écho net au sonar et signalé à ce titre par un bâtiment de la Marine Nationale. Sa nature peut ne pas toujours être identifiée : relèvement du fond, fosse, fond rocheux affleurant, objet de petite dimension posé sur le fond, ...

**Engraissement** : diminution de la hauteur d'eau sur une zone donnée. Cet engraissement peut être naturel (déplacement d'un banc de vase ou de sable) ou artificiel (remblai).

**Erreur** : écart entre le résultat d'un processus (par exemple une mesure) et la donnée théoriquement correcte correspondante.

**Exploration** : on parle d'exploration du fond lorsqu'un moyen (sondeur, sonar, lidar, plongeur, ou même à vue sur l'estran, ...) est mis en œuvre au cours d'un levé pour déterminer la profondeur et/ou la présence d'éventuelles remontées en tout point du fond. On précise alors le moyen d'exploration (exemples : la zone a été explorée par plongeurs, la zone a été explorée par double insonification au sonar latéral, ...).

**Exploration complète :** méthode systématique d'exploration du fond employée dans le but de détecter une fraction suffisante des éléments spécifiés au regard des conditions et enjeux de navigation de la zone, le tout en utilisant des systèmes de détection et des procédures appropriés ainsi que du personnel qualifié (en pratique, il est impossible d'atteindre 100 % d'insonification ou 100 % de couverture bathymétrique [il est déconseillé d'employer ces termes]).

**Fauchée :** aire insonifiée / éclairée par un sondeur multifaisceau / lidar le long de la route du porteur.

**Formation des voies :** technique permettant d'orienter un faisceau acoustique dans une direction donnée par combinaison des signaux des transducteurs élémentaires.

**Incertitude :** mesure statistique de répétabilité d'une valeur, exprimée habituellement en tant que variance ou écart-type de mesurages répétés.

L'incertitude est généralement associée à un niveau de confiance (probabilité). On parle d'incertitude pour un niveau de confiance de 68% lorsque la valeur réelle est comprise entre la valeur moyenne des mesures et plus ou moins une fois l'écart-type. On parle d'incertitude élargie pour un niveau de confiance de 95% lorsque la valeur réelle est comprise entre la valeur moyenne des mesures et plus ou moins deux fois l'écart-type..

**Incidence :** angle défini entre la verticale et la direction initiale du faisceau.

**Insonification :** acquisition de données bathymétriques par mise en œuvre d'un moyen acoustique ou, par abus de langage, optique (lidar) et par conséquent de données topographiques également.

**Insonification totale :** couverture de l'intégralité de la zone par moyen acoustique ou optique.

**Lacet :** mouvement de rotation autour de la verticale du bâtiment.

**Largeur de fauchée :** largeur du couloir exploré ("insonifié") par le sondeur / lidar, parallèlement à la route du porteur.

**Levé surfacique :** levé réalisé au sondeur multifaisceau ou lidar, visant à assurer une couverture totale de la zone sondée par recouvrement longitudinal et latéral des mesures effectuées.

**Lidar :** *Light Detection And Ranging*. Instrument optique actif aéroporté qui mesure la distance à un objet en émettant des impulsions laser de longueur d'onde bleu-vert pour la bathymétrie (fond marin), infrarouge pour la topographie (sol, sursol). Le laser effectue un balayage (par miroir oscillant ou circulaire), qui constitue une fauchée de mesures. Ces mesures optiques sont très sensibles à la turbidité de l'eau et restent limitées aux zones littorales.

**Lot de données :** ensemble de données homogènes en termes de qualification hydrographique (indifféremment nuages de points ou surfaces maillées).

**Métadonnées :** informations décrivant les caractéristiques des données (incertitudes des données hydrographiques par exemple). L'ISO les définit comme étant la description d'un ensemble de données et de ses aspects utilitaires. Les métadonnées sont des données implicitement liées à la collecte des données. La qualité générale, le titre de l'ensemble de données, la source, l'incertitude de la position et les droits d'auteur sont des exemples de métadonnées.



**Ouverture angulaire :** angle au sommet du cône formé par les faisceaux extrêmes de plus grande incidence. Ce paramètre définit, avec la hauteur par rapport au fond et la courbe de portée du capteur, la largeur de fauchée.

**Ouverture d'un faisceau :** angle au sommet du « cône » formé par le lobe de directivité à  $-3\text{dB}$  d'un faisceau. Il permet de définir la résolution du capteur. L'ouverture longitudinale et l'ouverture latérale peuvent être différentes.

**Pastille insonifiée (ou empreinte du pied de faisceau) :** zone du fond de la mer explorée ("insonifiée") par un faisceau issu d'un capteur acoustique, en considérant son ouverture à  $-3\text{dB}$ , ou optique.

**Pilonnement :** composante verticale du mouvement du porteur.

**Portée :** (pour un système actif acoustique ou optique) profondeur ou distance limite au-delà de laquelle les mesures ne représentent plus la réalité du fond ou sont absentes.

**Profil :** route prédéfinie suivie par un porteur en sondage.

**Qualification :** association d'indices de qualité à une donnée. En bathymétrie, les données sont qualifiées par leurs résolutions et incertitudes horizontales et verticales, ainsi que par leur rayon de validité voire la densité de données.

**Recherche :** opération qui aboutit à la détermination des caractéristiques d'un relèvement du fond. Elle est constituée par une phase d'exploration, ainsi qu'une phase d'étude (caractérisation) du relèvement détecté au cours de l'exploration.

L'objectif d'une recherche est :

- soit de confirmer la validité / d'affirmer l'inexistence d'un relèvement de fond précédemment signalé ;
- soit de confirmer les caractéristiques, brassage notamment, d'un relèvement de fond identifié au cours de la phase initiale d'exploration, venant ainsi compléter si nécessaire le levé régulier systématique. Dans certaines conditions, les phases d'exploration et de caractérisation (en particulier cotation) des relèvements de fonds peuvent être réalisées simultanément au cours du levé régulier systématique, ne nécessitant pas de phase de recherche complémentaire.

**Roulis :** mouvement de rotation du bâtiment autour de sa ligne de foi.

**Seuil de navigation :** seuil défini par le directeur technique, tel qu'il n'existe pas, dans la zone de validité du seuil de navigation, de profondeur inférieure à ce seuil, même détectée et cotée, et mise en évidence avec les moyens mis en œuvre au cours du levé. Ces moyens doivent par ailleurs être compatibles avec les exigences d'incertitude et de détection requises. Ce seuil doit être associé aux limites de la zone géographique sur laquelle il est défini. Le seuil de navigation doit être strictement inférieur au seuil de recherche.

**Seuil de recherche :** dans le cas où l'exploration d'un levé pour lequel une exploration complète est demandée, a été réalisée et a montré l'existence d'un nombre de relèvements à coter rédhibitoire (fonds coralliens par exemple), seuil défini par le directeur technique au-dessous duquel toutes les obstructions détectées ou estimées doivent être cotées. Ce seuil doit être associé aux limites de la zone géographique sur laquelle il est défini. Sa définition doit prendre en compte l'incertitude sur les capteurs utilisés pour effectuer l'exploration.

**Sonde** : cote verticale du fond par rapport niveau de référence correspondant au zéro de réduction des sondes, le signe positif étant orienté vers le bas.

**Sondeur** : appareil acoustique permettant de mesurer la hauteur entre la surface de la mer et le fond sous-marin.

**Sondeur monofaisceau (ou vertical)** : sondeur permettant de mesurer la hauteur d'eau à la verticale du navire. On parlera indifféremment de sondeur vertical ou sondeur monofaisceau par la suite.

**Sondeur multifaisceau (ou SMF)** : sondeur permettant de mesurer plusieurs hauteurs d'eau réparties sur une large fauchée perpendiculaire à la route suivie par le navire.

**Tangage** : mouvement de rotation du bâtiment autour de la ligne perpendiculaire à la ligne de foi dans le plan horizontal du bâtiment.

**Tirant d'eau** : généralement la hauteur entre la quille et la ligne de flottaison. Par extension, en hydrographie, hauteur entre la base du sondeur et la ligne de flottaison réelle (surface de l'eau).

**Top de localisation** : point où la position d'un porteur est mesurée (entre les tops, la position est déduite par interpolation).

**Topographie** : mesure de la configuration d'éléments liés à la surface du sol, notamment le relief, ou de points caractéristiques (positionnement, altitude, caractéristiques).

**Transducteur** : appareil fonctionnant généralement par effet piézo-électrique permettant d'émettre et de recevoir une onde acoustique en milieu aqueux. L'antenne d'un sondeur est constituée de un ou plusieurs transducteurs.

---

## 7 ABREVIATIONS

**BDDBS** : base de données bathymétriques du SHOM.

**BDGS** : base de données générale du SHOM.

**BDQH** : base de données de qualification hydrographique.

**DOPS** : direction des opérations, de la production et des services.

**DT** : directeur technique.

**GHO** : groupes hydro-océanographiques.

**GHOA** : groupe hydrographique et océanographique de l'Atlantique.

**GOP** : groupe océanographique du Pacifique.

**HOM** : division "hydrographie, océanographie et météorologie militaires".

**MIP** : division "maîtrise de l'information et produits mixtes".

**OHI** : Organisation Hydrographique Internationale.

**REA** : *rapid environmental assessment* – évaluation rapide de l'environnement en vue de la préparation d'opérations, militaires principalement.

**SMF** : sondeur multifaisceau.

---

## 8 PRESENTATION

La présente norme vise à préciser et compléter les spécifications de la norme S-44 5<sup>ème</sup> édition de l'OHI par différents types de levé bathymétrique propres à répondre aux besoins du SHOM. Chaque type de levé y est décrit et ses spécificités détaillées (en complément de la norme en référence [13] pour les levés réalisés par la cellule Litto3D<sup>®</sup>).

Les levés concernés sont ceux réalisés à l'aide de sondeurs acoustiques monofaisceaux ou multifaisceaux avec la mise en œuvre en parallèle de capteurs annexes, ainsi que les levés réalisés par lasers aéroportés dans le cadre de la production Litto3D<sup>®</sup>. Les données de topographie acquises dans le but de compléter les levés bathymétriques ainsi que les mesures de profondeur réalisées par des plongeurs au moyen d'un profondimètre entrent également dans le cadre du présent document.

Cette norme a pour objectifs :

- de définir des types de levés bathymétriques à partir des critères de la norme S-44 ;
- de définir les normes à respecter sur chacun des critères qui influencent la qualité du levé ;
- d'indiquer les principales étapes du traitement et de la rédaction ;
- de décrire les procédures de contrôle de la qualité au niveau des producteurs de données.

---

## 9 LES LEVÉS BATHYMETRIQUES

L'ensemble des processus qui permettent l'aboutissement d'un levé bathymétrique doit être établi en fonction des besoins du client qui initie le levé.

### *9.1 Usages des levés bathymétriques au SHOM*

Les levés bathymétriques réalisés par le SHOM ou par des prestataires au profit du SHOM visent à répondre à un ou plusieurs des usages suivants de la donnée bathymétrique :

- Sécurité de la navigation de surface : les documents nautiques classiques publiés par le SHOM visent à assurer la sécurité de la navigation des navires de plus de 500 tonneaux de jauge brute. Cette limite est ramenée à 25 tonneaux de jauge brute pour les côtes de France métropolitaine ainsi que celles des départements et collectivités d'outre-mer (voir §1.2.1 de la norme en référence [16]) ;
- Sécurité de la navigation de bâtiments ou d'engins sous-marins jusqu'à une profondeur de 800 mètres (des besoins spécifiques peuvent toutefois être exprimés par les forces) ;

- Sécurité des exploitants de la mer au cours de leur activité, notamment lors de la mise en œuvre d'appareils remorqués ou sur le fond marin (chalut, filets...) ;
- Description géomorphologique du fond dans le cadre de modélisations océanographiques et sédimentologiques ;
- Modélisation et fourniture de données dans le cadre des politiques publiques de la mer et du littoral (PPML) : prévention et gestion des risques, protection de l'environnement, développement économique, aménagement du littoral... ;
- Besoins issus de la réglementation des espaces maritimes (extensions du plateau continental ...) ;
- Sécurité des opérations amphibies des forces ;
- Fourniture de données ou de produits à des organismes extérieurs dans le cadre de contrats et de demandes de prestation.

Parmi ces différents usages, ceux associés à la sécurité de la navigation fournissent un cadre parmi les plus exigeants en termes de qualification et de validation de la donnée bathymétrique du fait du caractère opposable des données et des produits nautiques qui en découlent. De ce fait, l'exigence de sécurité de la navigation se traduit par une déclinaison très structurée en termes de standards à suivre et d'exigences de performances pour la conduite et l'exploitation des levés bathymétriques.

Les standards à suivre ou les exigences de performance à obtenir pour d'autres usages que la sécurité de la navigation peuvent être adaptés pour répondre strictement au besoin: ils peuvent soit être dégradés ou renforcés, cela se faisant au cas par cas et avec des mentions spécifiques au niveau des instructions techniques. A défaut, il est préconisé de suivre les standards ou d'atteindre les exigences préconisées en matière de sécurité de la navigation s'approchant le plus des besoins de l'usage en question.

Dans le cadre d'usages spécifiques, les standards vont être conditionnés par les livrables devant être rendus ou les produits qui vont être générés à partir de la donnée bathymétrique. Ainsi les levés au profit de la guerre des mines verront les standards imposés sur le levé bathymétrique évoluer en fonction des éléments décrits dans le document en référence [11]. De même, les levés de plage auront leurs standards ajustés à partir des exigences présentes dans le document en référence [12].

Les données bathymétriques acquises dans le cadre d'un usage précis peuvent présenter un intérêt a posteriori pour d'autres usages. Il convient donc de conserver le maximum (compatible avec les capacités de traitement et de stockage) d'informations bathymétriques pouvant être utilisées pour d'autres applications, tout en supprimant la redondance dans les données.

## **9.2 Clients du SHOM**

Dans le cadre des usages décrits au §9.1, les clients du SHOM sont multiples :

- les navigateurs de surface (marine marchande, plaisanciers, usagers professionnels de la mer,...) ;
- la marine nationale (force d'action navale et force océanique stratégique) ;
- la force amphibie ;
- les exploitants de la mer dont l'activité engage la colonne d'eau ou le fond marin ;
- les collectivités locales et organismes publics en charge du littoral ;
- les institutions étatiques et européennes en lien avec des aspects maritimes ;
- les organismes privés dans le cadre de partenariats ou de prestations.

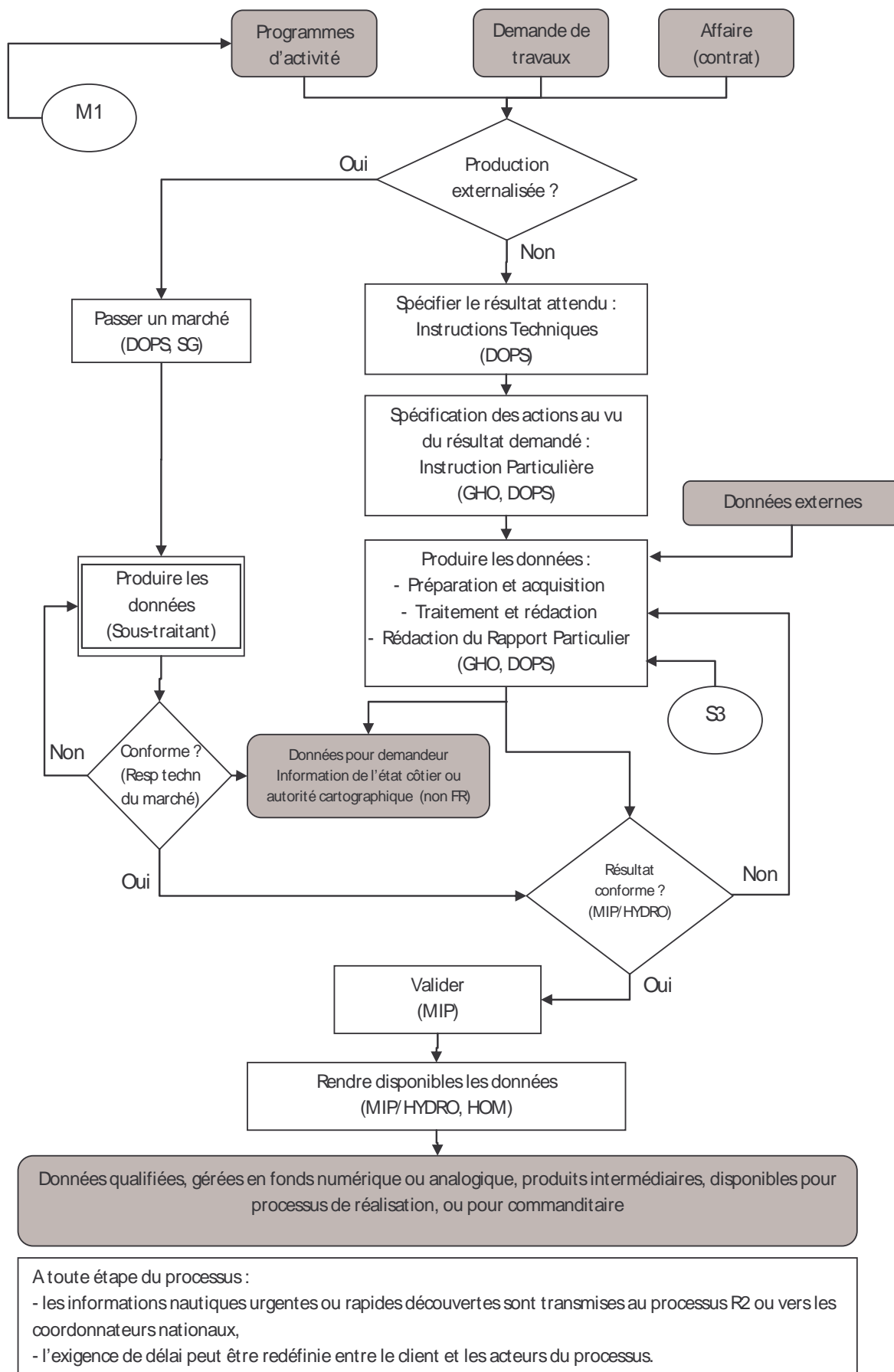
## **9.3 Instructions techniques**

Les besoins des navigateurs et des forces pour assurer leur sécurité varient en fonction du type de navigation ou d'opérations pratiquées.

Les instructions techniques qui prescrivent le levé, rédigées par la DOPS, doivent :

- identifier le client et le type de besoin à satisfaire par les données issues du levé bathymétrique ;
- traduire ce besoin en définissant un type de levé bathymétrique à réaliser. Les différents types de levés sont décrits au §9.5.

La trame de la présente norme est calquée sur la chronologie d'un levé bathymétrique. Elle peut être résumée par le logigramme suivant, dérivé du logigramme du processus R1 « Acquisition » :



#### **9.4 Norme OHI S-44**

L'OHI a publié en 2008 la 5<sup>ème</sup> version de la norme S-44. Le but de cette norme est de fournir des exigences **minimales** en termes de qualité et d'incertitudes concernant les levés bathymétriques visant à assurer la sécurité de la navigation de surface et la protection de l'environnement.

Elle sert par ailleurs de référentiel international de qualité aux données de bathymétrie.

La norme S-44 définit quatre ordres en fonction des enjeux de navigation et de la profondeur de la zone.

La présente norme reprend les spécifications de la S-44 en les structurant conformément à la doctrine d'emploi française en matière de conduite des levés bathymétriques.

#### **9.5 Normes minimales pour les levés hydrographiques du SHOM**

Le type de levé à effectuer est défini par les instructions techniques du levé (contraintes sur les travaux à réaliser) mais peut être adapté par le directeur technique en fonction des informations sur le trafic maritime et les pratiques locales recueillies lors de la préparation des travaux ou sur zone et en fonction de la nature des fonds levés (connue a priori ou découverte au cours du levé), si le type de levé prescrit par les instructions techniques se révèle inadapté. Cette dérogation aux instructions techniques relève d'une décision du directeur technique en tant que responsable du levé. Ce dernier pourra cependant se concerter au préalable avec le prescripteur des travaux et/ou les services exploitants.

Les exigences définies ci-dessous sont des exigences minimales : si une qualité supérieure (incertitude notamment) peut être obtenue sans surcoût notable, les moyens nécessaires pourront être mis en œuvre pour y parvenir.

Le tableau du §9.5.11 fournit les spécifications requises pour chaque type de levé.

##### **9.5.1 Zone critique**

Ce type de levé est prescrit pour les zones caractérisées par un trafic maritime régulier où les fonds présentent un danger potentiel et/ou des profondeurs critiques vis-à-vis des navires fréquentant ces zones. Il s'applique en particulier dans les ports, les chenaux d'accès, zones de mouillage et les voies recommandées, avec profondeur sous quille minimale ou par fonds potentiellement dangereux et par fonds inférieurs à 40 mètres.

Au cours de ce type de levé, il peut être exigé la définition ou modification de voies recommandées au sens du §9.6.

Ce type de levé découle des prescriptions de l'ordre spécial de la norme S-44.



### ***Hauteur d'eau sous quille minimale***

La profondeur des zones avec hauteur d'eau sous quille minimale nécessitant une attention particulière sera limitée aux fonds inférieurs à 40 mètres.

#### ***9.5.2 Zone d'intérêt particulier***

Dans certaines zones (jusqu'à des profondeurs pouvant comporter des relèvements de fond inférieurs à 40 mètres) où les conditions de navigabilité sont moins critiques, les contraintes du levé peuvent être moins fortes : ports, chenaux d'accès, zones de mouillage et voies recommandées ne rentrant pas dans les critères du §9.5.1.

Ce type de levé correspond généralement à des profondeurs en deçà de 100 mètres.

Au cours de ce type de levé, il peut être exigé la définition ou modification de voies recommandées au sens du §9.6.

Ce type de levé découle des prescriptions de l'ordre 1a de la norme S-44.

#### ***9.5.3 Levé côtier***

Les levés côtiers sont les levés de la côte jusqu'à l'isobathe des 200 mètres ne rentrant pas dans les catégories précédentes.

Ce type de levé découle des prescriptions de l'ordre 1b de la norme S-44.

Ce type de levé, pour lequel l'exploration complète des fonds n'est pas requise, doit être limité aux zones pour lesquelles une connaissance générale des fonds est suffisante.

#### ***9.5.4 Levé grands fonds pour l'hydrographie générale***

Levés destinés à la navigation de surface dans des zones où les profondeurs sont suffisamment importantes pour qu'une description générale des fonds soit considérée comme suffisante.

Type de levé à limiter aux fonds supérieurs à 100 m. Passé cette profondeur, l'existence de relèvements de fond artificiels ou naturels pouvant engager la sécurité de navigation de surface devient en effet peu probable.

Ce type de levé découle des prescriptions de l'ordre 2 de la norme S-44.

#### ***9.5.5 Levé pour la navigation sous-marine***

##### ***a) Fonds inférieurs à 600 m***

Rédaction réservée (*en attente de la norme DIVNAV FR-UK*).

##### ***b) Fonds supérieurs à 600 m***



Pour les levés destinés au seul recalage de la navigation sous-marine par grands fonds, les spécifications requises sont fournies par le tableau du §9.5.11.

### 9.5.6 *Levés de plage*

Ce type de levé a pour objectif d'évaluer l'adéquation d'un site à des opérations de plageage et d'en faciliter son exécution. La présente norme ne décrit que les spécifications liées au levé bathymétrique, les aspects autres (détermination de gradients par moyen autre qu'acoustique, détermination d'un axe médian...) sont définis dans la procédure en référence [12].

Les besoins de levé bathymétrique suivants sont du ressort des levés de plage :

- transport par voies maritimes des forces vers la zone d'objectif de l'opération amphibie dans la phase finale d'approche à la côte (par profondeurs très faibles) ;
- débarquement des forces sur la côte.

A l'inverse des types de levé définis précédemment, les levés de plage dérogent aux caractéristiques des levés ayant pour trame de fond la sécurité de la navigation. En effet, les levés de plage doivent assurer la continuité entre le fond marin et le levé topographique. Ce qui entraîne l'adoption de références verticales différentes.

Dans le cas où les accès au site de plageage se situent dans une zone non ou mal hydrographiée, le levé de plage doit être précédé au minimum d'un levé de reconnaissance (voir §9.5.8) des abords par la mer du site, permettant de garantir que les navires pourront accéder à celle-ci.

Dans le couloir d'approche de la zone de débarquement, le levé sera réalisé en respectant les exigences des levés de zone d'intérêt particulier (voir §9.5.2) pour les profondeurs inférieures à un seuil qui sera fixé par le directeur technique en fonction des caractéristiques des navires devant naviguer dans le couloir. Pour les profondeurs supérieures à ce seuil, le couloir sera levé avec des incertitudes horizontale et verticale conformes à l'ordre 1b de la norme S-44, sans contrainte d'exploration complète ni de recherche.

Le levé de plage doit être associé à un relevé topographique de l'estran à basse mer (densité de mesures 10 m minimum) réalisé avec des incertitudes verticale et horizontale cohérentes avec celle du levé bathymétrique. Les mesures de topographie devront pouvoir être rapportées à la même référence verticale que le levé bathymétrique afin de pouvoir produire des profils de plage continus.

L'exploitation de ces données (réalisation de gradients et/ou de profils de plage, détermination des axes de présentation, compilation de toutes les sources d'information et de données, ...) sort du cadre de la présente norme.

#### 9.5.7 *Levé en transit*

Les systèmes de mesure bathymétrique des navires hydrographiques opérés par le SHOM doivent être mis de manière systématique en fonction sur les transits de ces navires s'ils peuvent améliorer la connaissance de la bathymétrie le long de la route suivie et si les autorisations nécessaires ont été préalablement obtenues.

Les routes doivent être par ailleurs choisies en fonction de la connaissance bathymétrique des zones traversées. Les transits doivent donc être préparés en fonction des données contenues dans la BDBS et la BDGS, et ce, quelle que soit la profondeur.

Les données acquises en transit seront traitées de manière similaire aux données acquises au cours des autres types de levé hydrographique.

Si des mesures bathymétriques issues d'un levé systématique contemporain sont disponibles dans une zone traversée en transit par un navire hydrographique opérant pour le SHOM et en l'absence d'objet à caractère douteux en BDGS, l'acquisition bathymétrique est facultative.

#### 9.5.8 *Levé de reconnaissance*

Dans certaines régions incomplètement ou non hydrographiées, des levés de reconnaissance peuvent être réalisés afin de déterminer si la zone sondée est potentiellement navigable (et nécessitera éventuellement des travaux hydrographiques ultérieurs) ou au contraire si elle présente des dangers qui justifient de sa définition comme zone non navigable.

Les spécifications à adopter pour la réalisation des levés sont fonction de l'objectif final du levé (définition d'une voie recommandée, levé côtier, spatiopréparation...).

Elles seront donc définies dans les instructions techniques en se rapportant à l'un des cas décrits ci-dessus, ou dans la documentation relative à l'objectif poursuivi (guide technique sur les spatiopréparations par exemple).

#### 9.5.9 *Levé avant dragage*

L'objectif de ce type de levé n'est pas d'assurer directement la sécurité de la navigation mais de fournir une estimation correcte de la quantité de matériaux à enlever lors d'un dragage. Il ne donne pas lieu à une rédaction aussi poussée que les autres levés puisque les informations recueillies sont amenées à devenir rapidement caduques.

Ce type de levé n'entre pas dans les attributions du SHOM. Cependant, comme il est parfois pratiqué au profit d'organismes de la défense, une description standard en est donnée dans la présente norme.

Dans la mesure où les relèvements dangereux doivent disparaître au cours du dragage, les travaux de détection et de cotation systématiques de l'ensemble des relèvements ne sont pas requis.

Les spécifications du §9.5.11 peuvent être ajustées au besoin réel du client.

### 9.5.10 Levé de contrôle

#### a) *Contrôle de levés bathymétriques antérieurs*

L'objectif d'un levé de contrôle est de vérifier, sur un échantillonnage réduit, que la bathymétrie n'a pas évolué par rapport aux informations connues et portées à la connaissance des usagers. Le levé de contrôle peut alors conduire à devoir programmer un nouveau levé si l'évolution observée impacte la sécurité de la navigation.

Pour pouvoir comparer une nouvelle profondeur avec la profondeur ancienne, il faut s'assurer qu'elle corresponde à la même position (à l'incertitude horizontale près) et qu'elle soit déterminée avec une incertitude verticale du même ordre ou meilleure. Un levé de contrôle est donc réalisé avec des critères d'incertitude horizontale et verticale similaires ou meilleurs que le levé de référence. Comme n'est contrôlé qu'un échantillon réduit de sondes, les autres critères (espacement des profils, recherches, ...) ne sont pas spécifiés par la présente norme et sont laissés à l'appréciation du directeur technique, sauf mention contraire dans les instructions techniques du levé, et sauf dans les zones où le levé de contrôle conduit à annuler les sondes anciennes (suite à l'enlèvement d'obstructions, par exemple, à la disparition naturelle d'un banc, ...).

Le levé complète les levés anciens, et, le cas échéant, peut annuler certaines sondes anciennes.

La découverte de relèvements de fonds nouveaux au cours d'un levé de contrôle est traitée comme toute information nautique de manière conforme aux procédures en vigueur au SHOM. Ces nouveaux relèvements sont alors cotés selon la procédure définie au §9.7.

#### b) *Levé de contrôle après dragage*

Dans ce cas, l'objectif du levé est de contrôler la qualité du dragage, d'une part pour assurer la sécurité de la navigation, et d'autre part éventuellement pour contrôler que les relèvements dangereux ont bien été supprimés et calculer ultérieurement le volume dragué. Les standards de zone critique (§9.5.1) devront alors être respectés.

Dans certains cas, le contrôle après dragage n'a pas pour objectif la sécurité de la navigation (dragage avant implantation d'infrastructures sous-marines...). Les standards à respecter pourront alors être assouplis et viser un ordre S-44 moins contraignant.

### 9.5.11 Synthèse des spécifications

Les incertitudes verticales sont considérées pour les données validées, ramenées au zéro de réduction des sondes. Les critères constituent des minimaux à respecter. Le directeur technique peut décider de respecter des critères plus restrictifs tant que le surcoût engendré reste en rapport avec le gain. Il mentionne alors dans les résultats (rapport particulier, métadonnées, ...) le niveau de qualité réellement obtenu.

#### Nota :

- Les incertitudes horizontales et verticales maximales se réfèrent à la norme S-44. Il s'agit des incertitudes propagées totales à  $2\sigma$  (95%). Ces deux critères ne suffisent pas à eux seuls à qualifier un levé en conformité avec cette norme, ni avec les exigences du SHOM.
- Les critères de recherche peuvent porter sur deux conditions complémentaires :
  - hauteur par rapport au fond moyen ;
  - dimensions du relèvement.Si l'un des deux critères est rempli, le relèvement nécessite une recherche au sens du §9.8.

\* L'environnement en question est à considérer dans un rayon égal à la profondeur moyenne du lieu.

\*\* L'espacement peut être élargi dans le cas d'un levé au sondeur multifaisceau lorsque la fauchée est plus large que l'espacement préconisé, tant que le recouvrement entre deux fauchées consécutives reste assuré.

\*\*\* Les critères de recherches déterminent les relèvements détectés devant faire l'objet d'une caractérisation conformément au §9.8. Ils n'imposent pas systématiquement de levés de recherche spécifiques (voir chapitre en gras au §9.8).

Type de levé	<b>Zone critique</b> (Hauteur d'eau sous quille minimale et conditions de navigabilité critiques) (§9.5.1)	<b>Zone d'intérêt particulier</b> (Conditions de navigabilité moins critiques qu'en zone critique) (§9.5.2)	<b>Levé côtier</b> (Conditions de navigabilité non critiques) (§9.5.3)	<b>Levé grands fonds pour l'hydrographie générale</b> (§9.5.4)	<b>Levé grands fonds pour la navigation sous-marine</b> (§9.5.5)
Gamme de profondeur	De la côte à 40 mètres	De la côte à 100 mètres	De la côte à 200 mètres	A partir de 100 mètres	-
Incertitude horizontale maximale	Celle préconisée par l'ordre spécial S-44	Celle préconisée par l'ordre 1a S-44	Celle préconisée par l'ordre 1b S-44	Celle préconisée par l'ordre 2 S-44	Celle préconisée par l'ordre 2 S-44
Incertitude verticale maximale	Celle préconisée par l'ordre spécial S-44	Celle préconisée par l'ordre 1a S-44	Celle préconisée par l'ordre 1b S-44	Celle préconisée par l'ordre 2 S-44	Celle préconisée par l'ordre 2 S-44
Ecartement entre profils de bathymétrie	Choisi de sorte à obtenir l'exploration complète au sens de la S-44, au regard des systèmes d'acquisition mis en œuvre	Choisi de sorte à obtenir l'exploration complète au sens de la S-44, au regard des systèmes d'acquisition mis en œuvre	Conforme aux recommandations de l'ordre 1b S-44 ou plus si couverture bathymétrique totale **	Conforme aux recommandations de l'ordre 2 S-44 ou plus si couverture bathymétrique totale **	Choisi de manière à obtenir une couverture bathymétrique totale
Exploration complète	Requise Conforme aux capacités de détection prescrites par l'ordre spécial S-44	Requise Conforme aux capacités de détection prescrites par l'ordre 1a S-44	Non requise	Non requise	Non requise
Critère de recherche (voir §9.8) ***	Relèvements détectés dépassant le fond environnant* d'au moins 0,5 m et d'au moins 5% de sa profondeur et relèvements de dimensions supérieures ou égales à 1x1x1 m.	Relèvements détectés dépassant le fond environnant* d'au moins 1 m et d'au moins 5% de sa profondeur et relèvements de dimensions supérieures ou égales à 2x2x2 m jusqu'à 40 m et à 10% de la profondeur au-delà.	Pas de recherche	Pas de recherche	Pas de recherche

Type de levé	<b>Levé de plage</b> Approches par profondeurs inférieures au seuil fixé  (§9.5.6)	<b>Levé en transit</b>  (§9.5.7)	<b>Levé avant dragage</b>  (§9.5.9)
Gamme de profondeur	De la côte au seuil de profondeur fixé par le DT	-	-
Incertitude horizontale maximale	Celle préconisée par l'ordre 1a S-44	Celle préconisée par l'ordre 2 S-44	Celle préconisée par l'ordre 1a S-44
Incertitude verticale maximale	Celle préconisée par l'ordre 1a S-44	Celle préconisée par l'ordre 2 S-44	Celle préconisée par l'ordre spécial S-44
Ecartement entre profils de bathymétrie	Choisi de sorte à obtenir l'exploration complète au sens de la S-44, au regard des systèmes d'acquisition mis en œuvre. Espacement maximal de 10 mètres si emploi d'un sondeur monofaisceau.	Non spécifié. Routes à choisir en fonction de la connaissance hydrographique de la zone traversée.	Choisi de manière à obtenir une couverture bathymétrique totale
Exploration complète	Non requise	Non requise	Non requise
Critère de recherche (voir §9.8) ***	Relèvements détectés dépassant le fond environnant* d'au moins 0,5 m et d'au moins 5% de sa profondeur et relèvements de dimensions supérieures ou égales à 1x1x1 m. En connaissance des bâtiments susceptibles d'utiliser le site, le DT peut fixer un seuil de recherche. Dans ce cas seuls les relèvements dépassant le seuil de recherche fixé sont à rechercher.	Pas de recherche	Pas de recherche

### ***9.6 Voie recommandée hydrographique***

Si les besoins de navigation l'exigent, le directeur technique peut définir une voie recommandée pour garantir une navigation sécurisée pour tout ou partie des navires circulant sur zone.

Une voie recommandée doit impérativement comprendre :

- un itinéraire à suivre,
- une zone autour de cet itinéraire, dans laquelle la navigation est recommandée.

L'itinéraire de la voie recommandée est défini ou modifié s'il y a lieu par le directeur technique en charge du levé en fonction :

- de la bathymétrie mesurée et des relèvements de fonds détectés ;
- du résultat des recherches (voir §9.8) ;
- des infrastructures existantes (zones réglementées, balisage, feux et secteurs de feux, amers, ...) ;
- des pratiques en vigueur et des besoins des usagers de ces voies ;
- de paramètres d'environnement divers (courants violents, ...).

Il est décrit par :

- une succession de points en coordonnées géographiques ;
- d'éventuels alignements sur amers, feux, secteurs de feux, détails topographiques, sur lesquels s'appuie l'itinéraire des voies recommandées ou servant de traversier à ces voies ;
- les limites de la voie recommandée à l'intérieur de laquelle le directeur technique recommande la navigation en fonction de la bathymétrie et des autres paramètres d'environnement. Ces limites sont constituées par un ensemble de points en coordonnées géographiques ;
- les seuils de recherche et de navigation dans le cas d'une voie recommandée avec seuil (voir §9.8).

Toutes ces informations doivent être contenues dans le rapport particulier associé au levé ainsi que dans les livrables numériques du levé (voir §12.4).

Elles doivent, le cas échéant, être complétées par une description de l'environnement (en dehors de la bathymétrie) nécessaire à la définition de la voie recommandée et par une critique des instructions nautiques en vigueur.

### ***9.7 Atteinte de l'exploration complète du fond***

Au sens de la norme S-44, l'objectif d'une exploration complète du fond est de garantir la détection effective de la plupart des relèvements dépassant les critères de détection définies suivant l'ordre S-44 visé. Le SHOM a défini, suivant le type de levé et à partir de ces critères de détection S-44, des critères de recherche plus contraignants.

L'exploration complète vise à garantir la détection de la plupart des relèvements dépassant les critères de recherche définis en fonction du type de levé prescrit (§9.5.11). L'atteinte de cette exploration complète est garantie par le directeur technique en charge du levé, qui

s'appuie sur les études et vérifications périodiques menées sur les différents sondeurs justifiant des résolutions et capacités de détection de chacun.

Les méthodes pour atteindre l'exploration complète du fond diffèrent suivant les moyens mis en œuvre. L'exploration complète du fond peut nécessiter une double insonification selon la densité de sondes du SMF utilisé et l'ordre S-44 visé (selon la profondeur et les critères de recherche à atteindre).

Dans le cas des lasers aéroportés topo-bathymétriques, l'exploration complète du fond est réalisable en fonctions d'un certain nombre de conditions (environnementales, profondeur, nombre de revols, moyens de cotation des relèvements...) soumises à l'appréciation du directeur technique.

L'exploration complète du fond doit s'accompagner de la caractérisation précise des relèvements détectés qui respectent les critères de recherche fixés. Si besoin des recherches de relèvements telles que décrites au §9.8 pourront permettre cette caractérisation précise.

### **9.8 Recherche des relèvements**

La détermination de la position, du brassiage, et de la nature des points hauts du fond, têtes isolées ou bancs plus ou moins étendus, ou des objets qui encombrant ce fond (épaves, obstructions artificielles), constitue l'objectif principal d'un levé hydrographique, dans la mesure où ces éléments constituent des dangers pour la navigation de surface ou sous-marine telle qu'elle est définie dans le §9.2.

La recherche des relèvements, lorsqu'elle est prescrite (voir §9.5), se divise en 2 phases :

- l'exploration ;
- la caractérisation.

#### **Exploration :**

Il s'agit de la phase destinée à détecter l'existence (ou le cas échéant l'inexistence) du relèvement ainsi qu'à déterminer sa position le plus précisément possible en fonction du système d'exploration mis en œuvre.

L'exploration peut être réalisée par diverses méthodes.

Pour les relèvements découvrant, une exploration photographique (photogrammétrie aérienne) ou topographique (profils topographiques en GPS cinématique, nivellement avec cotation des relèvements ou lidar aéroporté) peut être réalisée.

Pour les relèvements immergés et si la plupart des relèvements de fonds doivent être détectés en raison d'une exploration complète du fond, la phase d'exploration doit être effectuée en mettant en œuvre un système acoustique (sondeur et/ou un sonar latéral) ou laser (lidar aéroporté) de résolution suffisante pour détecter de manière efficiente les relèvements recherchés.

Cependant, pour des zones d'extension réduite et lorsque les conditions (notamment de visibilité et de profondeur) le permettent, l'exploration peut être réalisée par plongeurs.



L'exploitation du sonar latéral permet d'estimer la hauteur d'un relèvement et donc sa profondeur. On parle alors de sonde interprétée. Ces sondes interprétées constituent une aide pour le choix des relèvements devant faire l'objet d'une cotation (voir §9.8.1).

L'exploration peut également être complétée par un levé au magnétomètre remorqué (recherche et identification d'obstructions métalliques).

#### Cas des recherches de relèvements anciennement signalés :

*Dans le cas d'une exploration destinée à rechercher des relèvements anciennement signalés, le rayon de recherche à adopter est défini au §6.2 de la norme S-44 (voir §9.9.2). Toujours dans ce cas, si les dimensions du relèvement à rechercher sont connues et que le système acoustique de détection mis en œuvre est suffisamment performant pour garantir par une insonification unique la détection ou l'inexistence du relèvement dans la zone recherchée, la phase d'exploration peut être constituée par cette insonification simple. Dans ce cas, le directeur technique décide des contraintes à appliquer à l'exploration en fonction des caractéristiques du levé (type de relèvement, renseignements disponibles, zone concernée par l'exploration, ...). Le rapport particulier du levé mentionne dans tous les cas la méthode d'exploration retenue et justifie le cas échéant de l'insonification simple.*

#### **Caractérisation :**

Il s'agit de la phase d'étude du relèvement, destinée à déterminer précisément son brassage et sa position ainsi que ses caractéristiques, en respectant les incertitudes imposées par le §9.5.

Cette phase d'étude comporte la vérification des données issues de l'exploration (les mesures correspondantes peuvent le cas échéant être incomplètes) ainsi que la détermination précise de la position et de la cote d'un ou de plusieurs points hauts du relèvement considéré.

Conformément à la S-44, pour les épaves et obstructions dont le brassage est inférieur à 40 mètres et qui représentent un danger pour la navigation de surface, le brassage minimal de la structure devrait être déterminé par examen physique ou mise en œuvre d'un sonar à haute résolution :

- Si une inspection par plongeur est possible dans des conditions matérielles et de sécurité acceptables, cette solution sera privilégiée. Cette inspection permet de vérifier la bonne détection du point haut et de déterminer une cotation. La sonde validée la plus courte obtenue par acoustique (faisceaux jugés précis) ou plongeur sera conservée.
- Dans le cas contraire, l'ensemble des équipements acoustiques, répondant aux critères de résolution nécessaires pour le levé, sera mis en œuvre afin d'estimer la cotation de l'épave. La sonde la plus courte obtenue sera conservée, et une estimation de son incertitude sera fournie.

Dans ce cas, en fonction des équipements disponibles, la cotation pourra être effectuée par :

- sondage au sondeur vertical **avec insonification de l'ensemble de la structure** ;

- sondage au SMF, avec une résolution optimale et une insonification de l'ensemble de la structure. Dans ce cas, le ou les points hauts de la structure devront être cotés par les voies les plus précises du SMF, établies pour chaque SMF lors des essais.

**Les levés spécifiques aux recherches de relèvement ne sont pas systématiques dans la mesure où les phases d'exploration et de cotation peuvent être atteintes dès le levé régulier. En fonction de la nature des relèvements, des moyens mis en œuvre, de la densité de sondes et de la précision des faisceaux ayant participé à la détection, le directeur technique apprécie la mise en œuvre de recherches dédiées en complément du levé régulier ou de reconnaissance.**

Dans le cas d'un levé sans exploration complète requise, les recherches ne sont pas nécessaires, sauf au niveau des objets existant dans les bases du SHOM (cela ne dispense pas pour autant du signalement en information nautique des relèvements dépassant les critères de la norme S-4 [section B-620] [cf. référence [c]]). Cependant, le directeur technique peut mettre en œuvre des recherches dans le but de lever d'éventuelles ambiguïtés sur l'existence de relèvements détectés lors du levé régulier.

La technologie lidar ne garantit pas la détection et la cotation de la sonde la plus courte. En cas d'exploration via cette technologie, la cotation est à réaliser par autre moyen (plongeur, sondeur acoustique, sonar latéral, perche topographique).

On déterminera dans la mesure du possible la nature physique du relèvement, qu'il soit artificiel ou non.

Dans le cas d'une épave ou d'une obstruction, la profondeur et la nature du fond environnant devront être déterminées et tous les éléments permettant de suivre l'évolution du relèvement devront être archivés.

On s'efforcera de ne pas attribuer au relèvement une cotation provenant de la présence d'objets ne présentant pas de danger et dont la présence est saisonnière ou temporaire : végétation sous-marine (sauf si elle peut présenter un danger : prise dans les hélices)...

Si l'étude individuelle de chaque relèvement n'a pas été assurée alors qu'elle était spécifiée, la mention de cette omission devra apparaître clairement dans le rapport particulier et dans les métadonnées du levé.

Si la raison de cette omission est la trop grande quantité de relèvements à coter, le directeur technique doit faire apparaître dans le rapport particulier et les métadonnées du levé, les orientations ultérieures à donner au levé sur cette zone : abandon des travaux car zone dangereuse pour la navigation, définition d'un seuil de navigation, ou nécessité de compléments au levé.

### 9.8.1 *Sondes interprétées*

Lorsqu'il n'est pas possible de coter certains relèvements susceptibles de présenter un danger pour la navigation de surface ou sous-marine telle que définie au §9.2, le directeur technique peut décider de signaler cet éventuel danger par une sonde dont la valeur est déterminée en interprétant les informations disponibles (par exemple, en soustrayant aux fonds avoisinants la taille du relèvement estimée d'après l'écho mesuré au sonar latéral). On parle alors de sonde interprétée.

**Cette possibilité doit rester exceptionnelle** (par exemple dans le cas d'un levé inachevé qui ne pourrait être complété dans des délais raisonnables).

Le traitement des sondes interprétées est identique à celui des autres sondes ; elles doivent notamment être qualifiées (voir §12). Cependant :

- compte tenu de leur spécificité, elles sont fournies dans un lot distinct des autres sondes (éventuellement dans plusieurs lots si par exemple plusieurs méthodes d'interprétation ont été utilisées) ;
- elles ne peuvent être utilisées avec les autres sondes lors des phases d'échantillonnage.

### 9.8.2 *Levés avec seuil*

Dans le cas où la quantité de relèvements à coter est trop élevée, le directeur technique peut décider de réaliser un **levé avec seuil**.

Lorsque l'exploration complète est exigée et montre (ou a montré) l'existence d'un nombre de relèvements à coter rédhibitoire (fonds coralliens par exemple), le directeur technique peut décider de ne pas réaliser l'ensemble des cotations telles qu'elles sont prescrites par la norme.

Dans ce cas, le directeur technique décide de la cote (profondeur) minimale des relèvements à rechercher : il définit un **seuil de recherche**, au-dessous duquel toutes les obstructions détectées ou estimées doivent être cotées. La définition de ce seuil ne dispense pas de la réalisation d'une exploration complète telle qu'elle a été prescrite par les instructions techniques. Ce seuil doit être associé aux limites de la zone géographique sur laquelle il est défini. La définition du seuil de recherche doit prendre en compte l'incertitude verticale sur les capteurs utilisés pour effectuer l'exploration.

Le seuil de recherche explicite la manière dont le levé a été réalisé et ne constitue pas un résultat. Par conséquent, il est **impératif** pour le directeur technique de définir un seuil de profondeur minimale à l'issue des recherches réalisées et de leur traitement : le **seuil de navigation**.

Ce seuil de navigation doit être défini pour une zone géographique clairement délimitée et de telle manière que, dans cette zone de validité du seuil, il n'existe aucune profondeur inférieure. Et ce même si cette profondeur est détectée et caractérisée avec les moyens mis en œuvre au cours du levé conformément aux exigences du §9.5. Le seuil de navigation doit être strictement inférieur au seuil de recherche et prendre en compte l'incertitude verticale totale des sondes à l'issue de l'acquisition et du traitement.

Les zones de seuil et les valeurs des deux seuils associés doivent figurer dans le rapport particulier ainsi que les livrables numériques du levé. Mention est faite de l'utilisation de seuils dans les métadonnées associées. Pour chacune des zones définies avec des seuils différents, un lot propre sera généré avec les sondes associées à la zone géographique. Les spécifications sur les données de bathymétrie (incertitudes, densité) ne sont pas modifiées par l'existence d'un seuil.

Le directeur technique peut toutefois déroger à la définition d'un seuil de navigation s'il juge la zone impropre à la navigation. Cette information est à renseigner, le cas échéant, dans le rapport particulier et les livrables numériques du levé (voir §12.4).

Les levés avec seuil doivent demeurer des exceptions justifiées par le temps de levé et de traitement qu'engendreraient les recherches à réaliser pour respecter les caractéristiques d'un levé sans seuil.

Le directeur technique peut également prescrire un levé avec seuil lors d'un levé de contrôle après dragage, si l'objectif de dragage était l'assurance d'un seuil de navigation donné. Le seuil de recherche prescrit par le directeur technique doit alors être choisi en fonction du seuil de navigation à assurer par le dragage.

## **9.9 Méthodologie des levés bathymétriques réalisés par moyen acoustique**

### **9.9.1 Systèmes bathymétriques**

Tous les capteurs mis en œuvre au cours d'un levé bathymétrique doivent faire l'objet d'étalonnages définis dans leurs guides techniques respectifs afin de minimiser les incertitudes et de les quantifier, en vue de la qualification des données.

Par exemple on devra :

- étalonner les capteurs de célérité utilisés ;
- déterminer les retards de synchronisation dans le système d'acquisition ;
- déterminer avec précision les paramètres de rattachement entre capteurs (sondeur, GPS, centrale d'attitude, ...) ;
- déterminer les biais de mesure et d'installation des capteurs d'attitude et de cap, en particulier dans le cas d'un SMF ;
- déterminer l'incertitude du sondeur utilisé sur une zone de référence. Pour un SMF, une courbe d'écart moyen et d'écart type (en fonction des faisceaux ou de l'incidence et si possible de la profondeur) en bathymétrie doit être déterminée, au moins à chaque modification physique du système SMF.
- déterminer l'incertitude réelle du système de localisation (réalisation de cibles sur des points connus par exemple).

### **9.9.2 Définition des travaux à effectuer**

Un levé bathymétrique est constitué de profils rectilignes, généralement parallèles entre eux, le long desquels sont réalisées les mesures de bathymétrie, et dont l'écartement maximal est défini par les exigences du §9.5.

Dans le cas où une exploration complète est spécifiée, qu'elle soit réalisée avec ou sans mise en œuvre d'un système acoustique à balayage latéral, l'espacement entre les profils est défini par les performances en couverture du système mis en œuvre avec les recommandations suivantes :

- **SMF seul** : recouvrement assurant la double insonification de chaque point, à l'exception des sondeurs acoustiques à forte densité qui peuvent se contenter d'une simple couverture bathymétrique totale (10% de recouvrement entre deux fauchées adjacentes) ; la double insonification est obligatoire pour respecter l'ordre spécial de la S-44 ;

- **SMF et sonar latéral** : minimum des espacements qui permet d'assurer simultanément une simple couverture bathymétrique totale au SMF et une au sonar latéral (l'instrument créant la contrainte d'interprofil varie suivant la profondeur). Il est également possible d'assurer l'exploration complète par une double insonification au sonar latéral avec une couverture bathymétrique au SMF incomplète ;
- **sondeur monofaisceau et sonar latéral** : recouvrement assurant la double insonification de chaque point au sonar latéral. L'exploration complète à l'aplomb du porteur peut être obtenue par la combinaison du sondeur monofaisceau (empreinte du pied de faisceau) et une simple insonification au sonar latéral.

L'orientation des profils réguliers est choisie de la manière suivante :

- levés SMF surfaciques : de préférence parallèle aux isobathes (fauchée de largeur constante qui facilite la planification du levé) ;
- autres levés : de préférence perpendiculaire aux isobathes (meilleur suivi des gradients).

La vitesse de sondage doit être adaptée en fonction des spécifications du type de levé, des caractéristiques physiques des capteurs mis en œuvre, de l'état de mer et des performances du système navire/sondeur/sonar.

Elle doit assurer le cas échéant une simple insonification ou l'exploration complète du fond, permettre la détection des relèvements avec la résolution spécifiée, et assurer la qualité spécifiée aux données de bathymétrie.

Le directeur technique responsable du levé doit, si la nature des fonds l'exige (relèvements artificiels ou naturels dangereux pour la navigation), ou si les renseignements disponibles sur les pratiques locales de navigation le nécessitent, augmenter les exigences du levé en cours (incertitudes plus importantes et contrainte d'exploration complète si nécessaire) afin de garantir la sécurité correspondant à la réalité de la navigation pratiquée.

On appliquera alors les normes spécifiques au type de levé approprié.

Par ailleurs, la phase de définition des travaux à effectuer doit être précédée d'un travail d'inventaire afin de définir les relèvements, obstructions, épaves et échos fixes à rechercher à partir :

- des données disponibles sur les documents nautiques ;
- des données disponibles dans les bases de données du SHOM ou au format analogique ;
- des informations disponibles auprès des autorités locales ou des pratiques locales, ...

Tous les relèvements, obstructions, épaves et échos fixes déjà connus avant le levé devront être investigués conformément au §9.8.

Il est par ailleurs nécessaire de statuer sur l'existence ou non des données douteuses.

Dans le cadre de la recherche de relèvements ou d'échos fixes préalablement signalés, les normes suivantes doivent être respectées :

- moyens mis en œuvre – incertitudes : voir §9.5 ;

- rayon d’investigation minimal : le rayon d’investigation minimal est fixé à 3 fois l’incertitude à 95% sur la position de la structure à rechercher, conformément à la norme S-44. Cette incertitude peut être connue ou à défaut estimée à partir de la connaissance des méthodes en vigueur lors de la première découverte de l’épave ou de l’obstruction. En le justifiant, le directeur technique peut être amené à modifier ce rayon en fonction des informations dont il dispose (exploitation de l’altimétrie satellitale pour la détection de hauts-fonds par exemple).

Quelle que soit la profondeur, la nature probable (fond rocheux affleurant, objet, ...) de tous les échos fixes sera déterminée autant que possible au cours de l’exploration.

### 9.9.3 Mesures complémentaires – corrections et réductions

**Toutes les corrections appliquées aux données, en temps réel ou différé, ainsi que la période de validité de ces corrections, doivent être archivées numériquement ou analogiquement** pour pouvoir être contrôlées et le cas échéant reprises.

Les corrections suivantes influent sur la qualité des données de bathymétrie :

- Corrections instrumentales des sondeurs : elles sont normalement négligeables si le sondeur a été correctement réglé et leur contrôle fait partie des procédures propres à chaque équipement.  
Pour les SMF, il est possible de déterminer des courbes de biais (toutes les autres sources d’erreur ayant été corrigées par ailleurs) sur un fond plat de référence. Cette courbe de biais, si elle est systématique, peut être appliquée aux données pour correction.
- Correction de non séparation : due à la non simultanété des instants d’émission et de réception ainsi qu’au décalage éventuel entre bases d’émission et de réception. Elle est négligée ou prise en compte automatiquement par le système (SMF).
- Corrections de célérité : elles sont de deux types :
  - pour les sondeurs verticaux : elles permettent de convertir le temps de trajet aller-retour de l’onde acoustique en distance. Cette correction implique la connaissance du profil de célérité **réel** ou **intégré** entre le fond et la surface ;
  - pour les sondeurs multifaisceaux : la connaissance du profil de célérité **réel** est indispensable à la connaissance du trajet réellement suivi par les rayons acoustiques en incidence oblique : calcul précis de la valeur de la sonde et de sa position.  
En outre, de nombreux SMF nécessitent la connaissance permanente de la célérité au niveau des antennes pour la formation des voies ou pour le calcul de l’angle d’incidence du signal par interférométrie. Pour ces systèmes, la mise en œuvre d’un célérimètre de coque installé à proximité des antennes est obligatoire.



Ces mesures de célérité in situ peuvent le cas échéant être raccordées à un profil de célérité statistique profond si la mesure n'a pas été possible jusqu'au fond. A défaut, une célérité statistique (provenant des bases de données du SHOM ou de tout document préconisé par la DOPS) pourra être utilisée.

Le choix du mode de correction doit résulter d'un compromis entre coût (horaire et financier) et qualité de l'estimation obtenue, l'objectif primordial étant de respecter les critères finaux d'incertitude spécifiés.

L'espacement spatial et temporel des mesures de célérité doit être adapté en fonction de la variabilité estimée du profil de célérité dans la zone sondée.

- Corrections d'attitude

Les corrections d'attitude comprennent la correction des effets :

- du pilonnement ;
- de l'attitude (cap, roulis, tangage).

Les données des sondeurs verticaux doivent par ailleurs prendre en compte la valeur du cap du porteur (positionnement des sondes) et être corrigées du pilonnement par mise en œuvre d'un compensateur de houle ou d'une centrale d'attitude. A défaut, les incertitudes dues à l'attitude du porteur doivent être prises en compte dans le bilan d'erreur.

Les données des SMF doivent être corrigées du pilonnement, du roulis, du tangage (calcul correct de la position et de la valeur des sondes) et prendre en compte la valeur du cap du porteur (géoréférencement des sondes).

Ces corrections sont effectuées grâce à l'acquisition des données provenant d'une centrale d'attitude et d'un système de mesure de cap, compatibles avec les normes d'incertitude requises. Les corrections sont appliquées numériquement aux données, en général par le logiciel d'acquisition ou éventuellement par le logiciel de post-traitement mis en œuvre.

- Correction d'immersion de la base

Elle doit être déduite de manière directe ou indirecte du tirant d'eau par :

- contrôles à la barre effectués à faible immersion et en tenant compte de la célérité du son ;
- comparaison avec un autre sondeur fonctionnant suivant le même principe (et dont la correction est connue) et dans la mesure où il est possible de prendre en compte les différences de positionnement entre antennes selon l'axe vertical ;
- par mesure de l'enfoncement du porteur : détermination de l'immersion du transducteur par mesures de tirant d'eau ou de tirant d'air ;
- par utilisation d'une table dynamique d'enfoncement du porteur, fonction de sa charge et de sa vitesse.

On pourra par ailleurs mettre en œuvre un système de mesure de la hauteur ellipsoïdale du porteur avec une incertitude centimétrique (GPS cinématique) afin de s'affranchir des problèmes d'enfoncement de la base en fonction du chargement du porteur et de sa vitesse. Cette dernière méthode nécessite cependant la connaissance de l'altitude du zéro de réduction des sondes par

rapport à l'ellipsoïde mondial IAG-GRS80 de l'ITRS et peut ne pas être applicable.

Dans le cas où cette méthode est mise en œuvre, les exigences d'incertitude du §9.5 s'appliquent aux données ramenées au zéro de réduction des sondes.

- Réduction de marée – référence verticale des sondes

Elle permet de ramener la mesure de profondeur à un niveau de référence fixé.

Elle est obtenue :

- par observations in situ des hauteurs d'eau après adoption d'un zéro de réduction ;
- par interpolation entre plusieurs observations effectuées suivant la procédure précédente ;
- au large, par calcul à l'aide d'observations in situ et d'un modèle numérique de marée, validé par la DOPS ;
- à partir de prédictions de marée seules ou d'un modèle de marée seul s'il est établi que cette correction améliore la qualité des données et en cas d'impossibilité de réaliser des observations in situ ;
- par mesure de la hauteur du porteur par rapport à l'ellipsoïde mondial IAG-GRS80 de l'ITRS en mettant en œuvre un système de mesure et/ou de post-traitement d'incertitude centimétrique sur la verticale. Cette solution ne doit être mise en œuvre que si l'altitude du zéro de réduction des sondes sur la zone du levé par rapport à cet ellipsoïde est connue avec une incertitude associée en accord avec les standards du type de levé spécifié.

Les sondes doivent être réduites de la marée obligatoirement pour les fonds inférieurs à 200 mètres.

Pour les fonds supérieurs à 200 mètres, la réduction de marée peut être effectuée si les hauteurs d'eau sont connues avec une incertitude suffisante pour améliorer l'incertitude finale des données. Cette réduction relève d'une appréciation du directeur technique en fonction de la plus-value apportée au levé et d'un coût supplémentaire acceptable.

- Corrections de pente et de verticalité

Elles permettent de passer de la distance oblique de l'écho à la distance suivant la verticale.

Elles ne sont pas appliquées aux levés hydrographiques au sondeur vertical.

Les SMF calculent les distances verticale et horizontale entre l'origine du repère lié au navire et les sondes.

#### *9.9.4 Application des normes d'incertitude*

Les normes d'incertitude définies au §9.5 s'appliquent aux données de bathymétrie réduites et corrigées.



Il est donc nécessaire d'établir, en fonction du système mis en œuvre, un bilan des incertitudes prenant en compte toutes les corrections précédentes. Le respect des spécifications définies au §9.5 par ce bilan peut être utilisé pour justifier la conformité du levé à la norme par le directeur technique.

Une qualification statistique globale des données doit également être utilisée pour contrôler la qualité du levé : voir §9.9.5.

#### *9.9.5 Contrôle de la qualité des données bathymétriques – Profils traversiers*

Un moyen de contrôler la qualité des données de bathymétrie est de comparer les données aux points de croisement entre profils. Ce type de contrôle doit être réalisé de manière systématique au cours des levés.

On réalisera donc au cours des levés hydrographiques, un réseau de profils dits "traversiers".

Dans le cadre d'un levé au sondeur vertical, ces traversiers sont globalement perpendiculaires aux profils réguliers, avec un écartement maximal de 10 à 15 fois l'écartement du levé régulier.

Au cours d'un levé au SMF, du fait du recouvrement significatif entre les profils contigus, l'espacement des traversiers peut être augmenté. L'objectif est d'avoir suffisamment de recouvrement, et donc d'échantillonnage, entre les traversiers et les profils réguliers pour que les calculs statistiques soient pertinents. Il revient au directeur technique d'apprécier de la suffisance du recouvrement obtenu. Les traversiers n'ont pas obligation d'être perpendiculaires aux réguliers mais peuvent former un angle de 45 à 90 degrés avec eux.

Au-delà du critère d'espacement des profils traversiers, la définition de ces profils devra s'attacher à la pertinence des zones de contrôle : des zones de rugosité faible devront être retenues afin de disposer de résultats pertinents (des écarts importants peuvent en effet être constatés au niveau des pentes et il est alors délicat de distinguer les incertitudes verticales et planimétriques).

En outre, tout profil du levé régulier devra autant que possible être coupé par un traversier au moins.

L'analyse des recouvrements sera utilisée pour estimer l'incertitude globale des données du levé et comparée au bilan théorique mentionné au §9.9.4 pour en vérifier la cohérence.

#### *9.9.6 Recueil d'informations de sédimentologie marine*

Tout levé bathymétrique doit s'accompagner d'un recueil d'informations de sédimentologie marine. Les spécifications de ce recueil sont décrites dans la norme en référence [5].

---

## **10 REFERENCES : POSITION, ALTITUDE**

---

Chaque levé doit être rapporté à un référentiel de position et d'altitude unique. La date de la mesure est exprimée en heure UTC.

Toute dérogation aux paragraphes qui suivent doit faire l'objet d'une mention spécifique dans les instructions techniques.

### ***10.1 Positionnement horizontal***

Les bases de données de référence (e.g. BDDBS, BDGS, ...) gèrent les positions dans l'un des systèmes géodésiques suivants : ITRS (réalisation ITRFxxxx) ; EGNOS reference frame, ETRS ; systèmes légaux (RGF93, RGNC91-93, RGPF, RGWF, RGGF, ...) ; WGS84.

Les données acquises/transmises dans l'un de ces systèmes sont intégrées en base de données dans leur système original, sans transformation, avec identification explicite et juste du système géodésique associé.

Dans le cas où les données acquises ne sont pas transmises dans l'un des systèmes listés ci-dessus une étude de transformation avant intégration sera faite par le gestionnaire de la base. Soit les paramètres de transformation sont connus vers l'un des systèmes géodésiques de référence cités précédemment et les données sont intégrées après transformation. Dans ce cas les informations concernant les transformations doivent être référencées pour pouvoir revenir dessus le cas échéant. Soit les paramètres ne sont pas connus et une décision doit être prise d'intégration en exception : dans ce cas, elles ne doivent pas être accessibles sans que l'exploitant n'ait conscience que les données ne sont pas dans un des systèmes d'exploitation de la base.

### ***10.2 Référence verticale***

La référence verticale pour les sondes est le zéro de réduction des sondes (se reporter à la norme sur les hauteurs d'eau en référence [2]). Lorsqu'un levé s'étend sur plusieurs zones de marée, les sondes correspondant à des zones différentes doivent être transmises dans des lots différents.

Toute donnée bathymétrique acquise à l'ellipsoïde doit être livrée référencée à l'ellipsoïde en complément de la livraison référencée au zéro de réduction des sondes.

---

## 11 TRAITEMENT DES DONNEES

### *11.1 Données à fournir à la direction des opérations de la production et des services (cas des GHO et de la cellule Litto3D<sup>®</sup>)*

Les données à fournir à la DOPS par l'organisme chargé du traitement des données sont des données traitées, géoréférencées, **qualifiées** (c'est-à-dire comportant une estimation de leurs incertitudes et de leur domaine de validité) et validées par le directeur technique.

Les formats et documents à fournir sont décrits dans la procédure en référence [4].

Au moment de la rédaction du levé pour intégration en base, le directeur technique doit statuer (si le type de levé réalisé le permet) sur la pertinence des mesures bathymétriques préexistantes dans la zone avant le levé réalisé. Cette décision du directeur technique doit être formulée dans le rapport particulier de la manière qui suit :

*« Le(s) lot(s) [...] du levé [...] complète(nt) les lots des levés antérieurs et les informations des documents nautiques en vigueur, à l'exception des éléments suivants qu'il(s) annule(nt) et remplace(nt) :*

- *lots des levés antérieurs à [année] ;*
- *lot(s) [...] du (des) levé(s) [...];*
- *sondes de la (des) CM [...] signalées au §[...]. »*

ET/OU

*« Le(s) lot(s) [...] du levé [...] annule(nt) et remplace(nt) les lots des levés antérieurs et les informations des documents nautiques en vigueur, à l'exception des éléments suivants qu'il(s) complète(nt) :*

- *lots des levés postérieurs à [année] ;*
- *lot(s) [...] du (des) levé(s) [...];*
- *sondes de la (des) CM [...] signalées au §[...]. »*

Dans le cas de la rédaction de levés d'origine extérieure, cette normalisation des décisions pourra être adaptée aux cas spécifiques pouvant être rencontrés (par exemple : complètement par le levé extérieur d'un levé postérieur de qualité moindre qui annule et remplace les levés antérieurs).

Dans le cas particulier des levés avant dragage, dont les données peuvent être rapidement obsolètes, le directeur technique décidera de l'opportunité de la transmission du levé vers la DOPS, qui jugera de l'intérêt de l'intégration des éventuelles données reçues dans la BDBS en fonction de leur durée de validité potentielle.

### *11.2 Principes de traitement*

#### *11.2.1 Données des capteurs annexes*

On appelle “capteurs annexes” tous les capteurs embarqués à bord du porteur, nécessaires à l’exploitation du système de mesure bathymétrique, mais qui ne mesurent pas la profondeur.

Ce sont :

- le système de positionnement du porteur ;
- le système de mesure de cap ;
- les systèmes de mesure du profil de célérité et, le cas échéant, de la célérité de surface ;
- le système de mesure de l’attitude ;
- le système de mesure de l’immersion des bases ;
- le système de mesure des hauteurs d’eau ou de prédiction de marée.

La première phase de traitement des données de bathymétrie doit inclure l’examen et la validation de toutes les données provenant de ces systèmes selon des procédures validées par le SHOM.

### 11.2.2 Corrections et réduction

Conformément au §9.9.3, les données sont corrigées et réduites au cours du traitement en temps différé et après la validation précédente, de :

- la réduction d’antennes : cette correction consiste à prendre en compte, dans le calcul de position des sondes, le décalage horizontal entre l’antenne du système de positionnement et l’antenne du sondeur. Il est nécessaire de connaître le cap du navire ;
- l’immersion des bases ;
- l’attitude (roulis, tangage, cap et pilonnement) le cas échéant ;
- la désynchronisation sondeur/autres capteurs en cas de retards lors de l’acquisition ;
- les mesures de hauteurs d’eau (sauf si marée par GPS cinématique) ;
- la célérité (profil) ;
- la célérité (coque si nécessaire dans le cas d’un SMF).

Si les données ont été corrigées lors de l’acquisition par le système, les corrections appliquées sont contrôlées, et validées.

Si des corrections impropres ont été appliquées en temps réel (profil de célérité mal choisi par exemple), et que les corrections valides sont disponibles en temps différé (profil de célérité réel archivé, seconde centrale d’attitude, ...), les corrections sont alors rejouées en temps différé.

En cas d’invalidation de données de localisation, cap, attitude ou célérité de coque, il est possible d’interpoler entre deux données valides si l’incertitude finale commise sur les données de bathymétrie est conforme aux spécifications du levé.

Dans le cas contraire, les données de bathymétrie correspondantes sont soit invalidées soit conservées si elles présentent tout de même un intérêt (elles doivent être qualifiées séparément en fonction de leurs incertitudes réelles, leur qualification, et faire l’objet d’un lot séparé).

### 11.2.3 Traitement des données de bathymétrie

Les erreurs ponctuelles et systématiques des données de bathymétrie doivent être détectées au plus tôt (si possible en temps réel) pour pouvoir respecter les spécifications de la norme.

Les outils et méthodes utilisés pour le traitement doivent être :

- validés par le SHOM, à travers des mises en service système pour les outils et des guides spécifiques pour les méthodes ;
- répertoriés au cours du traitement.

En outre, en cas de traitement numérique des données, les données aberrantes ne doivent pas être supprimées en cours de traitement du jeu de données traitées, mais marquées informatiquement comme invalides jusqu'à la validation du levé par le directeur technique.

Une fois le levé validé par le directeur technique, les données invalidées au cours du traitement sont supprimées du **lot de données final qui ne doit contenir que des sondes valides**.

### 11.2.4 Contrôle de la qualité des données

La qualité des données traitées doit être contrôlée par tous les moyens de comparaison disponibles :

- contrôle aux points de croisement entre profils (cohérence interne) ;
- recouvrement entre fauchées adjacentes (cohérence interne) ;
- comparaison avec d'autres données (cohérence externe) ;
- détermination de l'incertitude finale en fonction de l'incertitude sur les mesures utilisées.

Des guides techniques et des procédures propres aux entités chargées de la réalisation des levés et du traitement des données définissent les méthodes de contrôle de la qualité. Au SHOM, deux méthodes de traitement sont mis en service : le traitement manuel, et le traitement semi-automatique en vigueur.

Ce contrôle doit permettre, entre autres, la qualification des incertitudes verticale et planimétrique des données.

Les résultats de ces contrôles doivent être fournis dans les documents de synthèse du levé (voir référence [4]).

### 11.2.5 Echantillonnage des données

La DOPS, peut, si elle l'estime nécessaire pour leur archivage et leur exploitation, procéder à l'échantillonnage spatial des données traitées provenant d'organismes externes au SHOM.

**Toute application d'un échantillonnage spatial fait l'objet, par l'organisme producteur, d'un contrôle du résultat,** par comparaison du lot final (le lot de données échantillonnées) avec le lot initial (le lot de données avant échantillonnage).

L'organisme producteur des données opérant pour le compte du SHOM est responsable de la condensation des données.

La DOPS applique la même procédure de contrôle aux levés extérieurs sur lesquels elle aura procédé à l'échantillonnage spatial. Dans ce cas, l'application de cet échantillonnage est mentionnée dans le rapport particulier du levé.

#### a) *Sondeur vertical*

##### ➤ Echantillonnage spatial

Compte tenu du faible volume de données générées par les sondeurs verticaux, l'échantillonnage spatial des données numériques du sondeur n'est pas recommandé. Toutefois, s'il est appliqué, l'échantillonnage retenu doit être un "échantillonnage de sécurité", c'est-à-dire que l'écart entre le fond interpolé linéairement entre les sondes retenues est toujours :

- soit inférieur ou égal au fond réellement mesuré (ceci, au besoin en augmentant localement la densité des sondes retenues),
- soit exceptionnellement supérieur, à condition que l'écart reste inférieur à l'incertitude sur les sondes.

En outre, l'échantillonnage des données numériques du sondeur vertical ne doit pas supprimer d'information sur la description du relief.

Le pas d'échantillonnage retenu sera choisi tel que la distance entre deux sondes conservées soit de l'ordre de grandeur de la pastille insonifiée.

##### ➤ Echantillonnage vertical

Les sondeurs indiquent généralement la profondeur correspondant au premier écho réfléchi par le fond, mais ils peuvent éventuellement être configurés pour indiquer la profondeur correspondant au maximum du signal réfléchi.

Normalement, la profondeur retenue devrait être celle correspondant au premier écho ; des exceptions sont toutefois possibles :

- élimination des "échos latéraux", dus à des anomalies du fond situées loin de la verticale (sondage le long d'un quai par exemple) ;
- présence d'échos douteux, dont il est probable qu'ils ne correspondent pas au fond réel (banc de poisson dont l'écho est nettement détaché du fond par exemple) ;
- fonds vaseux (embouchures d'estuaires : présence de "crème de vase", qui rend la détection du fond difficile voire impossible par des moyens acoustiques).

Dans ces cas, si l'emploi d'un sondeur acoustique reste réaliste, la sélection de la profondeur correspondant au signal réfléchi maximal est acceptable.

#### b) *Sondeur multifaisceau*

Compte tenu des volumes de données générés par les SMF, un échantillonnage spatial doit être appliqué systématiquement à toutes les données bathymétriques provenant de sondeurs multifaisceaux et traitées manuellement pour réduire leur volume tout en

conservant leur qualification. En cas de dérogation à cette règle, mention en sera faite dans les instructions techniques.

Les producteurs de données mettront ainsi en œuvre un système d'échantillonnage spatial mis en service par le SHOM. Ce dernier sera appliqué exclusivement aux données après traitement selon des paramètres définis pour chaque levé, par le producteur, en fonction des besoins exprimés ou pressentis. L'application de cet échantillonnage sera mentionnée dans le rapport particulier accompagnant le levé.

Les données valides non retenues lors de la phase d'échantillonnage sont archivées dans des lots globaux de données regroupant l'ensemble des sondes validées à l'issue du traitement, sans être intégrées en base.

#### c) *Lidar aéroporté*

Les données optiques issues d'un laser topo-bathymétrique ont un volume important, notamment en raison de l'emprise géographique de tels levés. Ces données, une fois référencées au(x) zéro(s) hydrographique(s) de la zone, seront par conséquent décimées à l'aide du système d'échantillonnage spatial mis en service par le SHOM. Les données topographiques se verront également isolées des données bathymétriques dans un lot propre. La procédure de découpage et d'échantillonnage est décrite dans le guide utilisateur en référence [3].

### 11.2.6 *Validation et qualification des données*

A l'issue de l'ensemble des traitements effectués pour obtenir les lots de données finaux éventuellement échantillonnées, le directeur technique doit, à partir des contrôles qualité effectués et de la qualification des données, valider et qualifier les lots de données (en particulier : attribution d'un ordre S-44, d'un CATZOC, d'incertitudes horizontale et verticale, application de seuils...).

---

## 12 CARACTERISATION DES LEVES

### 12.1 *Critères de caractérisation et de qualification*

Un lot de données bathymétrique est un ensemble de sondes homogènes de par certains critères qui sont énoncés dans ce paragraphe.

Un lot de données bathymétriques, pour pouvoir être intégré dans la BDBS, doit être caractérisé et qualifié par les informations suivantes (si l'information est disponible dans le cas de levés d'origine extérieure) :

- la densité des mesures de bathymétrie. Elle est définie par :
  - l'écartement entre profils dans le cas d'un levé au sondeur vertical ;
  - l'indication du caractère surfacique du levé bathymétrique le cas échéant ;
- la méthode de positionnement utilisée ;
- la méthode de réduction marégraphique utilisée ;
- le niveau d'incertitude de la détermination des profondeurs et des positions, précisé dans les métadonnées de bathymétrie. Ces niveaux d'incertitude peuvent



être des valeurs numériques (qui dans ce cas doivent s'appliquer à **toutes** les sondes valides du levé ou du lot de données concerné) ou des formules dépendant de la profondeur. Ils seront dans tous les cas comparés à ceux des exigences du §9.5 ;

- le degré d'exploration du fond : il doit permettre d'établir clairement si tous les relèvements ont pu être (ou non) détectés, dans le cadre des exigences des §9.5 et §9.7. En particulier, tous les moyens d'exploration mis en œuvre doivent être précisés dans les documents caractérisant le levé ;
- le cas échéant, les valeurs des seuils de recherche et de navigation ;
- des travaux de recherche et de cotation des relèvements détectés : ils doivent être décrits dans le rapport particulier et par les documents de synthèse du levé ;
- les protections militaire et commerciale.

Ces informations doivent être utilisées pour attribuer au lot de donnée un ordre de levé conforme à ceux de la norme en référence [1] : spécial, 1a, 1b ou 2 ainsi qu'une des catégories de fiabilité (CATZOC) présentées au §12.2. Dans le cas de surfaces CUBE, la carte des incertitudes et le rapport de contrôle de la qualité « QC report » permettent au directeur technique de qualifier le levé.

Dans le cas où aucun des ordres issus de la S-44 ne peut être attribué au lot (levé en transit par exemple), le lot sera identifié comme « non qualifiable au sens de la S-44 ».

### ***12.2 Attribution du CATZOC aux données de bathymétrie***

En plus de l'ordre S-44, chaque lot de données bathymétriques se voit attribué un CATZOC. Le CATZOC est une catégorie de confiance de la donnée bathymétrique disponible sur une zone donnée qui est définie dans la norme S-57 de l'OHI dans la partie B-290 (voir référence [b]). Elle traduit la fiabilité des données à l'issue de l'ensemble de la chaîne d'acquisition, traitement et rédaction finale en reposant principalement sur trois critères :

- incertitude totale de positionnement ;
- incertitude verticale totale ;
- exploration du fond et certitude de détection d'éléments significatifs.

Le CATZOC est réparti en 6 catégories : A1, A2, B, C, D et U. La catégorie « U » correspondant à une absence d'évaluation, elle ne devra pas être utilisée pour les levés d'origine SHOM, tout lot de données devant être qualifié. En particulier, les catégories A1 et A2 requièrent (et par conséquent renseignent sur) l'exploration complète du fond au sens de la publication en référence [1].

### ***12.3 Application de la qualification***

Les qualifications des données seront appliquées aux lots générés (nuages de points ou surfaces CUBE).

Les métadonnées numériques des levés et des lots ou surfaces CUBE doivent alors inclure les limites géographiques de la qualification des zones (à savoir les limites géographiques du lot).



Pour l'ensemble des levés gérés par le SHOM (levés internes et extérieurs), les qualifications des lots sont attribuées par le directeur technique responsable du levé. Les critères de qualification des données sont identiques quelle que soit l'origine du levé.

#### **12.4 Renseignement de la BDQH**

La base de données de qualification hydrographique (BDQH) rassemble pour chaque levé l'ensemble des informations anciennement présentes sur les minutes de bathymétrie et de topographie et sur les cartes renseignées et qui ne figurent pas dans les autres bases de données existantes.

Le choix des informations portées en BDQH relève de la décision du directeur technique en fonction de l'apport de ces informations pour le contrôle et l'exploitation du levé. Il est préconisé de réduire au strict minimum le contenu des informations livrées en BDQH en interdisant en particulier les redondances d'informations avec d'autres bases.

Les spécifications de la BDQH sont décrites dans la norme en référence [14].

---

### **13 RESPONSABILITÉS DU DIRECTEUR TECHNIQUE**

Les responsabilités du directeur technique sont définies de façon générale par la procédure générale en référence [15].

Il est, de plus, responsable :

- de l'application de la présente norme pour la préparation, l'exécution et le traitement des levés bathymétriques ;
- de la diffusion de l'information nautique urgente et rapide.

Le directeur technique s'assure de la qualification des données et de la caractérisation du levé (ou des sous-ensembles de données homogènes qui le constituent).

Il apporte, dans les documents de synthèse associés au levé, la justification (qualification des données et méthodologie suivie) que les exigences d'incertitude et d'exploration définies dans les instructions techniques et par la présente norme, ont été atteintes ou précise le cas échéant que les travaux sont incomplets ou que la zone à lever est dangereuse pour la navigation.

Le directeur technique doit statuer sur l'actualité (au moment du levé) des données anciennes existantes dans la zone levée. En particulier, à l'issue du traitement des recherches effectuées au cours du levé, le directeur technique doit prendre clairement position sur l'existence et sur la cote des relèvements anciens recherchés. Il doit signaler dans le rapport particulier du levé les données anciennes manifestement invalides.

La critique des données anciennes par le directeur technique doit s'appuyer exclusivement sur une comparaison avec le nouveau levé, pour permettre une description la meilleure possible de la bathymétrie à l'époque du levé. Les informations non contrôlées (témoignage de pratiques locaux, ...), les évolutions potentielles de la bathymétrie plus ou moins prévisibles mais non mesurées (dunes sous-marines évolutives, envasement, ...), même si

elles peuvent être mentionnées dans le rapport particulier accompagnant le levé, ne doivent pas servir pour la validation ou l'invalidation des données anciennes. Le résultat final est ainsi la représentation de l'état de la connaissance à l'époque du levé.

L'interprétation d'études éventuelles liées à l'évolution du fond (suivi des dunes évolutives du Pas de Calais par exemple) n'est pas de la responsabilité du directeur technique, mais de la direction des opérations, qui peut alors, dans le cadre d'une procédure clairement définie, décider du maintien sur la documentation nautique de sondes invalidées par le groupe.

---

## **14 TRANSMISSION DES DONNEES NUMERIQUES ET DES DOCUMENTS DE SYNTHESE**

Pour chaque levé, des documents de synthèse, les données et métadonnées associées sont à fournir à la DOPS. L'ensemble des livrables à fournir suivant le type de levé et les capteurs mis en œuvre est spécifié dans la procédure générale en référence [4].

---

## **15 IDENTIFICATION ET TRANSMISSION DE L'INFORMATION NAUTIQUE**

A toutes les étapes d'un levé hydrographique (acquisition, traitement et exploitation), il convient d'être attentif aux dangers pour la navigation qui auraient pu être découverts. L'identification et la transmission de l'information nautique issue d'un levé sont de la responsabilité du directeur technique mais doivent mobiliser tout acteur du levé.

Quels que soient l'origine de la donnée et le personnel SHOM en charge de son acquisition ou réception, l'identification de l'information nautique doit s'effectuer dans les plus brefs délais.

Les procédures en références [7] et [8] décrivent les principes généraux d'identification et de diffusion de l'information nautique repérée au cours d'un levé.