

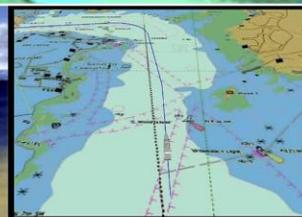
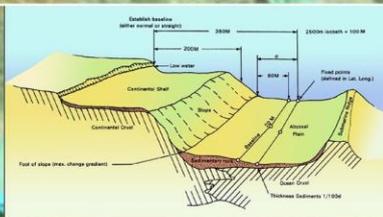
ORGANISATION HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONALE



## Normes OHI pour les levés hydrographiques

5<sup>e</sup> édition, février 2008  
(Révision 5.0.1, Juin 2011)

Publication S - 44



Publié par le  
Bureau Hydrographique International  
Monaco

© Copyright Bureau hydrographique international [2011]

Cet ouvrage est protégé par le droit d'auteur. A l'exception de tout usage autorisé dans le cadre de la Convention de Berne pour la protection des œuvres littéraires et artistiques (1886) et à l'exception des circonstances décrites ci-dessous, aucune partie de cet ouvrage ne peut être traduite, reproduite sous quelque forme que ce soit, adaptée, communiquée ou exploitée à des fins commerciales sans autorisation écrite préalable du Bureau hydrographique international (BHI). Le droit d'auteur de certaines parties de cette publication peut être détenu par un tiers et l'autorisation de traduction et/ou de reproduction de ces parties doit être obtenue auprès de leur propriétaire.

Ce document, dans son intégralité ou en partie, peut être traduit, reproduit ou diffusé pour information générale sur la base du seul recouvrement des coûts. Aucune reproduction ne peut être vendue ou diffusée à des fins commerciales sans autorisation écrite préalable du BHI ou de tout autre détenteur du droit d'auteur.

Au cas où ce document, dans son intégralité ou en partie, serait reproduit, traduit ou diffusé selon les dispositions décrites ci-dessus les mentions suivantes devront être incluses :

*« Le matériel provenant de la publication [référence de l'extrait : titre, édition] est reproduit avec la permission du Bureau hydrographique international (BHI) (Autorisation N° .../...), agissant au nom de l'Organisation hydrographique internationale (OHI), qui n'est pas responsable de l'exactitude du matériel reproduit : en cas de doute le texte authentique de l'OHI prévaut. L'inclusion de matériel provenant de l'OHI ne sera pas interprétée comme équivalant à une approbation de ce produit par l'OHI. »*

*« Ce [document/publication] est une traduction du [document/publication] [nom] de l'OHI. L'OHI n'a pas vérifié cette traduction et en conséquence décline toute responsabilité quant à sa fidélité. En cas de doute la version source de [nom] en [langue] doit être consultée. »*

Le logo de l'OHI ou tout autre signe identificateur de l'OHI ne seront pas utilisés dans tout produit dérivé sans autorisation écrite préalable du BHI.

# ORGANISATION HYDROGRAPHIQUE INTERNATIONALE



## NORMES OHI POUR LES LEVES HYDROGRAPHIQUES

5<sup>ème</sup> édition, février 2008  
(Révision 5.0.1, Juin 2011)

**Publication Spéciale no. 44**

Publiée par le  
Bureau Hydrographique International  
4, quai Antoine I<sup>er</sup>  
B.P. 445 - MC 98011 MONACO Cedex  
Principauté de Monaco  
Tél. : (377) 93.10.81.00  
Fax : (377) 93.10.81.40  
Courriel : [info@ihb.mc](mailto:info@ihb.mc)  
Site Internet : [www.iho.int](http://www.iho.int)

**Traduit de l'anglais par M. David Giraudeau, hydrographe du SHOM<sup>12</sup>**

---

<sup>1</sup> Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, France

<sup>2</sup> Des améliorations éditoriales ont ensuite été apportées par M. Patrick Michaux (SHOM).

**TABLE DES MATIERES**

	Pages
Pages .....	i
PREFACE.....	1
INTRODUCTION .....	3
CHAPITRE 1 – CLASSIFICATION DES LEVES .....	6
CHAPITRE 2 – POSITIONNEMENT .....	8
CHAPITRE 3 – PROFONDEURS .....	9
CHAPITRE 4 – AUTRES MESURAGES .....	12
CHAPITRE 5 – ASSIGNATION D’ATTRIBUTS AUX DONNEES.....	14
CHAPITRE 6 - ELIMINATION DES DONNEES DOUTEUSES.....	16
TABLEAU 1 .....	17
GLOSSAIRE.....	19
ANNEXE A - DIRECTIVES RELATIVES AU CONTROLE DE LA QUALITE.....	23
ANNEXE B - DIRECTIVES POUR LE TRAITEMENT DES DONNEES .....	27

*Nota Bene :* Les annexes A et B seront retirées de ce document lorsque les informations qu’elles contiennent auront été entièrement intégrées dans la publication C-13 de l’OHI (« Manuel d’Hydrographie »).



## PREFACE

Cette publication, « Normes OHI pour les levés hydrographiques » (S-44), fait partie d'un ensemble de normes développées par l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) afin d'aider à améliorer la sécurité de la navigation.

Des discussions officielles visant à établir des normes pour les levés hydrographiques furent entamées à la VII<sup>ème</sup> Conférence Hydrographique Internationale (CHI) en 1957. Des lettres circulaires envoyées aux États membres en 1959 et 1962 rendirent compte des points de vue des États membres et la VIII<sup>ème</sup> CHI en 1962 constitua un Groupe de Travail (GT) comprenant deux membres des États-Unis, un membre du Brésil et un membre de la Finlande. Le GT communiqua par courrier, tint deux réunions en conjonction avec la IX<sup>ème</sup> CHI en 1967 et prépara le texte de la Publication Spéciale no. 44.

La 1<sup>ère</sup> édition de la S-44, intitulée « Normes de précision recommandées pour les levés hydrographiques », fut publiée en janvier 1968. Dans son avant-propos, il était déclaré que « les levés hydrographiques ont été classés comme ceux conduits dans le but de compiler des cartes marines généralement employées par les navires » et que « L'étude se confine par elle-même à déterminer la densité et la précision des mesurages nécessaires à la description des fonds marins et d'autres éléments de manière suffisamment précise pour les besoins de la navigation ».

Au fil des années, les technologies et les procédures ont changé et l'OHI constitua d'autres GTs afin de mettre à jour la S-44 avec la 2<sup>ème</sup> édition publiée en 1982, la 3<sup>ème</sup> édition en 1987 et la 4<sup>ème</sup> édition en 1998. Tout au long de ces révisions, les objectifs fondamentaux de cette publication sont demeurés essentiellement les mêmes, et il en va de même avec cette 5<sup>ème</sup> édition.

Le cahier des charges du GT constitué pour préparer la 5<sup>ème</sup> édition de la S-44 comprenait *inter alia* le besoin de lignes directrices plus claires concernant les éléments présents sur les fonds marins et listait un certain nombre de préoccupations dont, notamment, la capacité d'un système à détecter des éléments ainsi que les caractéristiques des éléments devant être détectés. Le GT a conclu que la S-44 fixe les normes minimums pour la sécurité de la navigation de surface. Le GT a considéré qu'il est de la responsabilité de chaque autorité nationale de déterminer, en adéquation avec les exigences de son organisation, les caractéristiques précises des éléments devant être détectés et de déterminer les capacités de systèmes particuliers ainsi que leurs procédures pour détecter de tels éléments. Le GT a également conclu que la conception et la construction de cibles employées pour démontrer les capacités de détection d'un système sont de la responsabilité des autorités nationales. La taille des éléments à détecter devrait au moins se conformer à celle des éléments cubiques d'une taille supérieure à 1 ou 2 mètres auxquels il est fait référence dans ces normes.

Les principaux changements introduits depuis la 4<sup>ème</sup> édition sont :

La division de l'Ordre 1 en 1a où l'exploration complète du fond est requise et 1b lorsqu'elle n'est pas nécessaire. L'Ordre 3 a été supprimé car il a été considéré qu'il n'y avait plus besoin de le différencier de l'Ordre 2.

Le remplacement, dans la plupart des cas, des termes « exactitude » et « erreur » par « incertitude ». Les erreurs existent et représentent les différences entre la valeur mesurée et

la valeur réelle. La valeur réelle n'étant jamais connue, il s'avère donc que l'*erreur* ne peut elle-même être déterminée. L'*incertitude* est une estimation statistique de l'amplitude probable de cette *erreur*. Cette terminologie est de plus en plus employée dans les mesurages : voir ISO/IEC Guide 98-3:2008 « Incertitude de mesure - Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure » (GUM:1995) et ISO/IEC Guide 99:2007 « Vocabulaire international de métrologie - Concepts fondamentaux et généraux et termes associés » (VIM).

Le Glossaire a été mis à jour et certains termes considérés par le GT comme fondamentaux pour la compréhension de ces normes sont repris dans l'[Introduction](#).

Le GT a considéré que les informations sur « la manière d'exécuter un levé » n'étaient pas adaptées à ces normes. Ces informations ont été retirées de la 5<sup>ème</sup> édition. Cependant, le GT reconnaît l'intérêt de ce guide et les informations ont été conservées dans deux annexes. Selon la recommandation du GT, ces informations devraient être transférées à la publication C-13 de l'OHI (« Manuel d'Hydrographie ») après quoi les annexes seront retirées de la S-44.

Un espacement minimum des données issues des LIDAR<sup>3</sup> bathymétriques a été inclus dans le [tableau 1](#) pour les levés d'ordre 1b pour lesquels une *exploration complète du fond* n'est pas nécessaire.

Enfin, le GT a considéré que la S-44 doit fournir des « normes pour les levés hydrographiques » et qu'il demeure de la responsabilité de chaque service / organisme hydrographique de préparer des « spécifications » basées sur ces normes. Ces spécifications seront davantage dédiées aux systèmes mis en œuvre par ces organismes et, par conséquent, seront plus faciles à adapter aux évolutions de ces systèmes.

---

<sup>3</sup> acronyme anglais de « *Light Detection and Ranging* » désignant un système de télédétection par laser. [note du traducteur]

## INTRODUCTION

Cette publication a été conçue dans le but de fournir un ensemble de normes pour l'exécution des levés hydrographiques afin de recueillir des données qui seront essentiellement utilisées à la compilation de cartes de navigation employées pour garantir la sécurité de la navigation de surface et la protection de l'environnement marin.

Il est important de réaliser que cette publication fournit uniquement les normes **minimums** à respecter. Lorsque la bathymétrie et les exigences de la navigation le nécessitent, les services / organismes hydrographiques souhaitant recueillir des données peuvent avoir besoin de définir des normes plus strictes. D'autre part, cette publication ne contient pas de procédures définissant le paramétrage des équipements nécessaires, tant pour la conduite de levés que pour le traitement des données acquises. Ces procédures (qui représentent une part fondamentale du système complet de levé) doivent être élaborées par les services / organismes hydrographiques désirant acquérir des données qui soient conformes à ces normes. Il faudra prendre en considération l'ordre de levé qu'ils souhaitent respecter, les équipements à leur disposition ainsi que le type de topographie qu'ils souhaitent lever. Les annexes A et B fournissent des lignes directrices pour le [contrôle de la qualité](#) et le traitement des données. Il est prévu qu'elles soient transférées dans le « Manuel d'Hydrographie » (Publication C-13 de l'OHI) qui fournit de plus amples informations sur la manière de procéder à des levés hydrographiques.

Il n'y a aucune raison d'interdire aux utilisateurs d'adopter ces normes pour d'autres usages. En effet, ce genre d'élargissement de l'emploi des normes est bienvenu. Cependant, les utilisateurs désirant adopter ces normes à d'autres fins doivent garder à l'esprit la raison pour laquelle elles ont été écrites et donc accepter que tous leurs éléments ne puissent convenir à leurs besoins spécifiques.

Pour respecter un ordre de la S-44, un levé doit se conformer à TOUTES les spécifications propres à cet ordre telles qu'elles sont définies dans ces normes.

Il est également important de noter que l'adéquation d'un levé représente le produit final de l'ensemble du système de levé ainsi que des processus appliqués durant la collecte des données. Les [incertitudes](#) citées dans les chapitres suivants reflètent la totalité des [incertitudes](#) propagées de l'ensemble des parties du système. Le simple fait d'utiliser une pièce d'équipement capable, en théorie, de respecter l'[incertitude](#) requise n'est pas nécessairement suffisant pour se conformer aux exigences de ces normes. La manière dont l'équipement est configuré, employé et sa manière d'interagir avec les autres composants dans le système complet de levé doivent toutes être prises en considération.

Tous les composants **et leur combinaison** doivent être capables de fournir des données dans la norme requise. Le service / organisme hydrographique doit pouvoir s'assurer qu'il en est effectivement ainsi, par exemple en conduisant des essais adaptés avec les équipements devant être mis en œuvre et en s'assurant que des calibrages adéquats sont entrepris avant, de même que pendant et, si nécessaire, après le levé exécuté. L'opérateur est une composante essentielle du processus de levé et doit posséder des connaissances et une expérience suffisantes pour être capable d'exploiter le système dans la norme requise. Cela peut être difficile à mesurer, bien que les qualifications relatives à la conduite d'un levé (*e.g.* avoir achevé une formation à la conduite de levés hydrographiques reconnue en catégorie A/B par l'OHI) puissent être d'une grande utilité dans cette évaluation.

Il faut également rappeler que la publication de cette nouvelle édition des normes n'invalide pas les levés ou les cartes et les documents nautiques issus de ces levés, conduits en accord avec les précédentes éditions. Elle a plutôt pour objectif d'établir des normes pour les recueils de données à venir, afin de mieux répondre aux besoins des usagers.

Il faut également noter que lorsque les fonds marins sont dynamiques (*e.g.* des dunes sous-marines), des levés conduits dans n'importe lequel des ordres de ces normes seront rapidement périmés. Ces zones nécessitent d'être levées à intervalle régulier afin de s'assurer que les données acquises sont toujours valides. L'intervalle entre ces levés successifs, qui dépendra des conditions locales, devrait être défini par les autorités nationales.

Un [glossaire](#) des termes employés dans cette publication est fourni à la suite du chapitre 6. Les termes contenus dans ce glossaire sont présentés en italique dans le texte et, dans la version électronique, possèdent un lien hypertexte vers leur définition. Les « Définitions fondamentales » du glossaire ci-dessous sont considérées comme essentielles à la compréhension de ces normes.

## DEFINITIONS FONDAMENTALES

**Détection d'éléments** : capacité d'un système à détecter des [éléments](#) d'une taille définie. Ces normes spécifient la taille des [éléments](#) qui devraient être détectés durant le levé pour la sécurité de la navigation.

**Exploration complète du fond** : méthode systématique d'exploration du fond ayant pour objectif de détecter la plupart des [éléments](#) spécifiés dans le [tableau 1](#) en faisant usage de systèmes de détection et de procédures adaptés, avec du personnel formé. En pratique, il est impossible d'atteindre 100 % d'insonification / 100 % de couverture bathymétrique (l'utilisation de ces termes est déconseillée).

**Sondes réduites** : sondes observées comprenant toutes les [corrections](#) relatives au levé, au post-traitement et à la réduction au référentiel vertical employé.

**Incertitude Horizontale Totale (acronyme anglais : THU)** : composante de l'[incertitude propagée totale](#) (TPU) calculée dans le plan horizontal. Bien que la THU soit présentée comme une valeur unique, il s'agit d'une quantité à deux dimensions. L'hypothèse formulée est que l'[incertitude](#) est isotropique (*i.e.* qu'il y a une corrélation négligeable entre les [erreurs](#) en latitude et en longitude). Cela autorise à une distribution normale symétrique circulaire permettant à un seul nombre de décrire la distribution radiale des erreurs autour de la valeur réelle.

**Incertitude Propagée Totale (acronyme anglais : TPU)** : résultat de la [propagation de l'incertitude](#), lorsque toutes les [incertitudes](#) ayant contribué au mesurage, qu'elles soient aléatoires ou systématiques, ont été incluses dans la propagation. La [propagation de l'incertitude](#) combine les effets des [incertitudes](#) du mesurage issues de nombreuses sources avec les [incertitudes](#) des paramètres dérivés ou calculés.

**Incertitude Verticale Totale (acronyme anglais : TVU)** : composante de l'[incertitude propagée totale](#) (TPU) calculée à la verticale. La TVU est une quantité à une dimension.

NORMES OHI POUR LES LEVES HYDROGRAPHIQUES (S-44)  
5<sup>ème</sup> édition février 2008

## CHAPITRE 1 – CLASSIFICATION DES LEVES

### Introduction

Ce chapitre décrit les ordres de levés considérés comme acceptables afin de permettre à des services / organismes hydrographiques de produire des documents nautiques à même d'assurer la sécurité de la navigation des navires attendus dans les zones levées. Du fait de la variation des exigences en fonction de la profondeur et des besoins de la navigation, quatre ordres de levé différents sont définis. Chacun d'eux a été conçu afin de satisfaire à une gamme de besoins.

Les quatre ordres sont décrits ci-dessous et associés à des indications sur les besoins qu'ils sont destinés à couvrir. Le [tableau 1](#) spécifie les normes minimums pour chacun de ces ordres et **doit** être lu en conjonction avec le texte détaillé dans les chapitres suivants.

Il convient que l'organisme en charge de la conduite de levés hydrographiques sélectionne l'ordre de levé le plus approprié aux exigences de la sécurité de la navigation dans la zone considérée. Il se peut qu'un seul ordre ne convienne pas à l'ensemble de la zone et, dans ce cas, l'organisme en charge de la conduite du levé devrait explicitement définir où les différents ordres doivent être employés. Il convient également de noter que la situation découverte *in situ* par l'opérateur peut s'avérer être substantiellement différente de ce à quoi il pouvait s'attendre et nécessiter un changement d'ordre. Par exemple, dans une zone traversée par de *Very Large Crude Carriers*<sup>4</sup> (VLCCs) dans laquelle il est attendu une profondeur supérieure à 40 mètres, un levé d'ordre 1a peut avoir été spécifié. Cependant, si l'opérateur découvre des remontées de fond inférieures à 40 mètres, il peut alors s'avérer plus pertinent de lever ces remontées de fond en ordre spécial.

### Ordre Spécial

Il s'agit de l'ordre le plus rigoureux dont l'usage n'est destiné qu'aux zones où la hauteur d'eau sous quille est critique. Du fait de cette hauteur d'eau sous quille critique, une [exploration complète du fond](#) est requise et les [éléments](#) à détecter lors de cette exploration qui sont définis dans cet ordre sont intentionnellement de petite taille. Puisque la hauteur d'eau sous quille est critique, il est considéré comme peu probable que des levés de l'ordre spécial soient conduits dans des fonds supérieurs à 40 mètres. Exemples de zones pouvant nécessiter des levés d'ordre spécial : zones d'accostage, ports et zones critiques de chenaux de navigation.

### Ordre 1a

Cet ordre est destiné aux zones où la mer est suffisamment peu profonde pour que des [éléments](#) artificiels ou naturels présents sur le fond puissent affecter le type de navigation de surface attendu dans ces zones, mais où la hauteur d'eau sous quille est moins critique que pour l'ordre spécial ci-dessus. Le fait que des [éléments](#) artificiels ou naturels puissent exister et affecter la navigation de surface requiert de procéder à une [exploration complète du fond](#). Cependant, la taille des [éléments](#) devant être détectés est plus importante que celle de l'ordre spécial. La hauteur d'eau sous quille devient moins critique avec l'augmentation de la profondeur et donc la taille d'un élément à détecter par l'[exploration complète du fond](#)

---

<sup>4</sup> Terme anglais désignant une classe de pétroliers géants. [note du traducteur]

augmente dans les zones où les fonds sont supérieurs à 40 mètres. Les levés d'ordre 1a peuvent être limités à des fonds inférieurs à 100 mètres.

### Ordre 1b

Cet ordre est destiné à des zones où les fonds sont inférieurs à 100 mètres et où une description générale des fonds est considérée comme suffisante pour le type de navigation de surface attendu dans la zone. Une [\*exploration complète du fond\*](#) n'est pas requise, ce qui signifie que certains [\*éléments\*](#) peuvent échapper au levé, bien que l'espacement maximum permis entre les profils limitera la taille de ces éléments susceptibles d'échapper à la détection. Cet ordre de levé n'est recommandé que dans le cas où la hauteur d'eau sous quille n'est pas considérée comme un problème. Ce serait par exemple le cas d'une zone dans laquelle les caractéristiques des fonds marins sont telles que la probabilité est faible pour qu'il y ait un [\*élément\*](#) artificiel ou naturel sur le fond pouvant compromettre la sécurité des navires de surface susceptibles de naviguer dans la zone.

### Ordre 2

Il s'agit de l'ordre le moins strict, destiné aux zones où la profondeur est telle qu'une description générale des fonds est considérée comme suffisante. Une [\*exploration complète du fond\*](#) n'est pas requise. Il est recommandé de limiter les levés d'ordre 2 aux zones de fonds supérieurs à 100 mètres puisque dès que la profondeur dépasse 100 mètres, il devient peu probable qu'il puisse exister des [\*éléments\*](#) artificiels ou naturels suffisamment imposants pour avoir un impact sur la navigation de surface sans pour autant avoir été détectés par un levé d'ordre 2.

## CHAPITRE 2 – POSITIONNEMENT

### 2.1 Incertitude horizontale

L'incertitude d'une position est l'incertitude à la position d'une sonde ou d'un élément dans un réseau géodésique de référence.

Les positions devraient être rapportées à un système géocentrique de référence basé sur le Système International de Référence Terrestre (acronyme anglais : ITRS), e.g. le WGS84. Exceptionnellement, dans le cas où des positions seraient rapportées au système de référence horizontale local, ce système devrait être rattaché à un réseau géocentrique de référence basé sur le Repère International de Référence Terrestre (acronyme anglais : ITRF).

L'incertitude d'une position est affectée par de nombreux paramètres différents. Les contributions respectives de ces paramètres à l'incertitude horizontale totale (acronyme anglais : THU) devraient être prises en compte.

Il conviendrait d'adopter une méthode statistique combinant toutes les sources d'incertitude afin de déterminer l'incertitude du positionnement. L'incertitude de la position à un niveau de confiance de 95 % devrait être enregistrée avec les données du levé (cf. également § 5.3). La capacité du système de levé à satisfaire aux exigences spécifiées devrait être démontrée par le calcul de la THU.

La position des sondes, des dangers, de tout autre élément immergé significatif, des aides à la navigation (flottantes ou fixes), des éléments significatifs pour la navigation, du trait de côte ainsi que des éléments topographiques significatifs devraient être déterminés de manière à ce que l'incertitude horizontale se conforme aux prescriptions spécifiées dans le tableau 1. Cela comprend toutes les sources d'incertitude, et pas uniquement celles associées à l'équipement de positionnement.

## CHAPITRE 3 – PROFONDEURS

### 3.1 Introduction

La navigation de surface nécessite une connaissance précise de la profondeur afin d'exploiter la capacité maximale de chargement en toute sécurité et de disposer de la hauteur d'eau maximum disponible pour naviguer en toute sécurité. Lorsque la hauteur d'eau sous quille est un problème à prendre en considération, les *incertitudes* liées à la profondeur doivent être plus étroitement contrôlées et mieux connues. De la même manière, la taille des *éléments* que le levé devra ou, plus important, peut ne pas détecter devrait également être définie et comprise.

Les profondeurs et les sondes découvrantes mesurées devraient être rapportées à une référence verticale qui soit compatible avec les produits devant être conçus ou mis à jour à partir du levé, e.g. le zéro de référence des cartes marines. Idéalement, ce *niveau de référence de réduction des sondages* devrait également être une référence verticale bien définie telle que celle des plus basses mers astronomiques, du niveau moyen de la mer, un réseau géodésique de référence géocentrique basé sur l'ITRS ou un niveau géodésique de référence.

### 3.2 Incertitude verticale

L'*incertitude* verticale doit être entendue comme l'*incertitude* des *profondeurs réduites*. Pour déterminer l'*incertitude* verticale, les sources d'*incertitudes* individuelles doivent être quantifiées. Toutes les *incertitudes* doivent être combinées statistiquement afin d'obtenir une *incertitude verticale totale* (acronyme anglais : TVU).

L'*incertitude* verticale maximum admissible pour les *profondeurs réduites* telle que définie dans le [tableau 1](#) spécifie les *incertitudes* à respecter pour se conformer à chaque ordre de levé. L'incertitude associée à un *niveau de confiance* de 95 % fait référence à l'estimation de l'*erreur* à partir de la contribution combinée des *erreurs* aléatoires et des résidus issus de la correction des *erreurs* systématiques. La capacité du système de levé à satisfaire aux exigences spécifiées devrait être démontrée par le calcul de la TVU.

Reconnaissant le fait que l'*incertitude* de la profondeur est affectée à la fois par des *erreurs* indépendantes et par des *erreurs* dépendant de la profondeur, la formule ci-dessous doit être employée pour calculer la TVU maximale admissible à un *niveau de confiance* de 95 %. Afin de calculer la TVU admissible pour chaque profondeur, les paramètres « a » et « b » pour chaque ordre, tels qu'ils sont définis dans le [tableau 1](#), doivent être associés à la profondeur « d » et introduits dans la formule suivante :

$$\pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

Où :

- a représente la portion de l'*incertitude* qui ne varie pas avec la profondeur
- b est un coefficient qui représente la portion de l'*incertitude* qui varie avec la profondeur
- d est la profondeur

b x d représente la portion de l'incertitude qui varie avec la profondeur

L'incertitude verticale à un niveau de confiance de 95 % devrait être enregistrée avec les données du levé (cf. également § 5.3).

### 3.3 Réduction de la marée / Observation du niveau de la mer

Des observations en nombre suffisant pour permettre de déterminer les variations du niveau de la mer sur l'ensemble de la zone de levé doivent être acquises pendant la durée du levé pour la réduction des sondes au zéro de réduction des sondages approprié. Elles peuvent être déterminées soit par mesurage direct du niveau de la mer (*i.e.* en utilisant un marégraphe) et appliquées, si nécessaire, à la zone de levé par des corrections cotidiales, soit par des techniques de positionnement en 3 dimensions rattaché au zéro de réduction des sondages approprié par un modèle de séparation adapté.

Au-delà de 200 m de fond, il n'est pas nécessaire d'appliquer de réduction de la marée / du niveau de la mer si l'IVT n'est pas impactée de manière significative par cette approximation.

### 3.4 Mesurage de la profondeur

Tous les éléments anormaux reportés auparavant dans la zone de levé ainsi que ceux détectés durant le levé devraient être examinés plus en détail et, s'ils sont confirmés, leur position et leur profondeur minimale devraient être déterminées. Si un élément anormal signalé auparavant n'est pas détecté, se référer au chapitre 6 concernant les conditions requises pour infirmer l'existence d'un élément. L'organisme en charge de la qualité du levé peut définir une profondeur limite au-delà de laquelle une investigation détaillée des fonds, et donc un examen des éléments anormaux, n'est pas requise.

La position et la profondeur minimale des épaves et obstructions qui peuvent être submergées de moins de 40 mètres de hauteur d'eau devraient être déterminées par la meilleure méthode disponible tout en se conformant à la norme d'incertitude de la profondeur **de l'ordre approprié** dans le tableau 1.

Les sonars à balayage latéral ne devraient pas être employés pour le mesurage de la profondeur mais pour définir des zones nécessitant une investigation plus détaillée et plus précise.

### 3.5 Détection d'éléments

Lorsqu'une exploration complète du fond est nécessaire, il faut démontrer que les équipements déployés pour conduire le levé sont capables de détecter des éléments aux dimensions spécifiées dans le tableau 1. De plus, ces équipements doivent être considérés comme faisant partie d'un système (incluant les équipements de levé et de traitement, les procédures et le personnel) qui assurera que ces éléments sont détectés avec une forte probabilité. Il est de la responsabilité du service / organisme hydrographique en charge de la collecte des données d'évaluer la capacité de chacun des systèmes proposés et de s'assurer

lui-même qu'il est capable de détecter une proportion suffisamment importante de n'importe lequel de ces éléments.

Les spécifications de l'ordre spécial et de l'ordre 1a en matière de détection d'éléments (cubes de 1 mètre et 2 mètres de côté respectivement), sont des minimums. Il peut exister des éléments plus petits que la taille fixée pour chaque ordre mais qui représentent tout de même des dangers pour la navigation. Le service / organisme hydrographique peut donc estimer nécessaire de détecter des éléments plus petits afin de minimiser les risques de dangers non décelés pour la navigation de surface.

Il convient de noter que même en effectuant un levé avec un système adéquat, il est impossible de garantir 100 % de détection des éléments. S'il y a des raisons de penser qu'il peut exister dans la zone des éléments qui peuvent ne pas être détectés par le système de levé employé, il devrait être envisagé la possibilité de recourir à un système alternatif (e.g. drague hydrographique) afin d'accroître la confiance dans la profondeur minimale qui puisse être garantie dans la zone.

### 3.6 Densité des sondes / Espacement entre profils

Lors de la définition de la densité de sondes, il faut tenir compte aussi bien de la nature du fond dans la zone que des besoins de la sécurité de la navigation de surface, afin d'assurer une investigation du fond adéquate.

Pour les levés d'ordre spécial et d'ordre 1a, aucun écart maximum recommandé entre profils n'est fourni du fait de l'exigence primordiale de l'exploration complète du fond.

L'exploration complète du fond n'est pas requise pour les ordres 1b et 2 et le tableau 1 recommande un espacement maximum entre profils (ordres 1b et 2) ainsi qu'une densité de points pour le LIDAR bathymétrique (ordre 1b). Lors d'un levé, il est nécessaire d'évaluer la nature du fond dès que possible afin de décider si l'espacement entre profils ou la densité de points du LIDAR, dans le tableau 1, devrait être réduit ou augmenté.

## CHAPITRE 4 – AUTRES MESURAGES

### 4.1 Introduction

Les observations suivantes peuvent ne pas être toujours nécessaires, mais lorsqu'elles sont spécifiées dans les instructions du levé, elles devraient se conformer aux normes suivantes.

### 4.2 Echantillonnage du fond

La nature du fond devrait être déterminée dans les zones de mouillage potentielles. Elle peut être déterminée par échantillon physique ou déduite à partir d'autres capteurs (*e.g.* échosondeurs monofaisceaux, sonars à balayage latéral, sondeurs de sédiment, vidéo, *etc.*). L'espacement des échantillons physiques prélevés devrait dépendre de la géologie du fond et permettre de corroborer toute technique de déduction des natures de fond par mesures indirectes.

### 4.3 Rattachement du zéro des cartes à la référence des altitudes

La résolution technique A2.5 de l'OHI, telle qu'elle est définie dans la publication M-3 de l'OHI, recommande que la référence employée pour les prédictions de marée soit la même que celle employée pour le zéro des cartes. Afin de pouvoir pleinement exploiter les données bathymétriques, la référence verticale employée pour les observations de marée devrait être rattachée à la référence générale des altitudes par le biais de repères remarquables permanents mis en place dans le voisinage du marégraphe, de la station ou de l'observatoire. La détermination de la hauteur ellipsoïdale des repères de référence verticale employés pour les observations de marée devrait être effectuée dans un réseau géodésique de référence basé sur l'ITRS, de préférence le WGS84, ou par rapport à un niveau géodésique de référence approprié.

### 4.4 Prédications de marée

Des données de marée peuvent s'avérer nécessaires à l'analyse de futures prédictions de marée et à la production d'annuaires de marée. Dans ce cas, la période d'observations devrait être aussi longue que possible, et de préférence d'au moins 30 jours.

### 4.5 Observations des courants de marée

La vitesse et la direction des courants de marée susceptibles de dépasser 0,5 nœud devraient être observées à l'entrée des ports et des chenaux, en tout point où se produit une modification de la direction d'un chenal, dans les zones de mouillage et au voisinage des appontements. Il est également souhaitable de mesurer les courants côtiers et hauturiers lorsque leur force est suffisante pour affecter la navigation de surface.

A chaque position, le courant de marée devrait être mesuré à des profondeurs suffisantes pour se conformer aux exigences de la navigation de surface normale dans la zone de levé. Dans le cas des courants de marée, des observations des hauteurs de marée et des conditions

NORMES OHI POUR LES LEVES HYDROGRAPHIQUES (S-44)  
5<sup>ème</sup> édition février 2008

météorologiques devraient être effectuées simultanément et la période des observations devrait être idéalement de 30 jours.

La vitesse et la direction du courant de marée devraient être mesurées avec une incertitude de 0,1 nœud et 10° respectivement, à un niveau de confiance à 95%.

Là où il y a des raisons de penser que le débit fluvial saisonnier influence les courants de marée, les mesurages devraient couvrir l'ensemble de la période de variabilité.

## CHAPITRE 5 – ASSIGNATION D’ATTRIBUTS AUX DONNEES

### 5.1 Introduction

Afin de permettre une évaluation complète de la qualité des données d’un levé, il est nécessaire d’enregistrer ou de documenter certaines informations et de les associer aux données d’un levé. Ces informations sont importantes pour permettre l’exploitation des données d’un levé par divers utilisateurs avec des besoins différents, en particulier du fait que ces besoins peuvent ne pas être connus lorsque les données du levé sont collectées.

### 5.2 Métadonnées

Les métadonnées devraient être les plus complètes possibles mais devraient contenir, au minimum, des informations sur :

- le levé en général (*e.g.* objectif, dates, zone, équipements utilisés, nom du porteur déployé pour le levé),
- le système géodésique de référence employé, *i.e.* les références horizontale et verticale ainsi que les rattachements à un réseau géodésique de référence basé sur l’ITRS (*e.g.* le WGS84) si un système local est employé,
- les procédures de calibration et leurs résultats,
- la méthode de correction de la célérité du son,
- le niveau de référence de la marée et la méthode de réduction,
- les incertitudes obtenues et leurs niveaux de confiance respectifs,
- toute circonstance spéciale ou exceptionnelle,
- les règles et les mécanismes mis en œuvre pour décimer la donnée.

Il serait préférable que les métadonnées fassent partie intégrante des enregistrements numériques du levé et se conforment à la norme S-100 « Modèle universel de données hydrographiques de l’OHI », lorsque celle-ci sera adoptée. En préalable à l’adoption de la S-100, la norme ISO 19115:2003 « Information géographique – métadonnées » peut être utilisée comme modèle pour les métadonnées. Si cela n’est pas faisable, des informations similaires devraient être incluses dans la documentation du levé.

Les agences en charge de la qualité des levés devraient développer et documenter une liste de métadonnées employées pour les données de leurs levés.

### 5.3 Assignation d’attributs aux données ponctuelles

Il faudrait attribuer à toutes les données leur incertitude estimée au niveau de confiance de 95 % pour la position mais également, si nécessaire, pour la profondeur. Les métadonnées du levé devraient également enregistrer le facteur d’échelle, calculé ou supposé, appliqué à l’écart-type afin de déterminer l’incertitude au niveau de confiance de 95 % et/ou la distribution statistique supposée des erreurs (par exemple, sur la base d’une distribution normale pour une quantité à 1 dimension comme la profondeur, le facteur d’échelle est 1.96 à un niveau de confiance de 95 %. Dans les métadonnées, il conviendrait de porter une déclaration telle que « Les incertitudes ont été calculées à un niveau de confiance de 95 %, sur la base d’un facteur d’échelle d’écart-type de 1.96 (1D) ou 2.45 (2D) correspondant à

l'hypothèse d'une distribution normale des *erreurs*»). Concernant les sondes, il serait préférable que cette information soit portée sur chaque sonde. Cependant, une seule estimation de l'*incertitude* peut être enregistrée pour un lot de sondes ou même pour une zone, à condition que la différence entre toutes les estimations de l'*incertitude* et l'estimation de l'*incertitude* définie collectivement soit négligeable. L'attribution devrait, au minimum, être suffisante pour démontrer que les prescriptions de ces normes ont été respectées.

#### 5.4 Attribution d'un modèle bathymétrique

Si un *modèle bathymétrique* est exigé, les *métadonnées* devraient inclure : la résolution du modèle, la méthode de calcul, la densité de données sous-jacente, l'évaluation de l'incertitude/la *surface d'incertitude* du modèle ainsi qu'une description des données sous-jacentes.

#### 5.5 Rapport de levé

Le rapport de levé est le moyen principal par lequel la personne en charge du levé approuve le contenu de l'ensemble des enregistrements du levé. Il doit s'agir d'un compte-rendu clair et complet de la manière dont le levé a été conduit, des résultats obtenus, des difficultés rencontrées et des imperfections. Il conviendrait d'insister sur l'analyse des précisions atteintes et si les spécifications du levé ont été respectées.

## CHAPITRE 6 - ELIMINATION DES DONNEES DOUTEUSES

### 6.1 Introduction

Afin d'améliorer la sécurité de la navigation, il est souhaitable d'éliminer les données douteuses, *i.e.* les données généralement indiquées sur les cartes par « *PA* » (Position Approchée), « *PD* » (Position Douteuse), « *ED* » (Existence Douteuse), « *SD* » (Sonde Douteuse) ou comme « danger signalé ». Afin de confirmer ou d'infirmer l'existence de ces données, il est nécessaire de soigneusement définir la zone de recherche pour ensuite lever cette zone en accord avec les normes établies dans cette publication.

### 6.2 Etendue de la zone de recherche

Aucune formule empirique propre à définir la zone de recherche ne peut convenir à toutes les situations. Pour cette raison, il est recommandé que le rayon de recherche soit d'au moins trois fois l'incertitude estimée de la position du danger signalé à un niveau de confiance de 95 %, déterminée à partir d'une analyse approfondie du rapport sur les données douteuses effectuée par un hydrographe qualifié.

Si ce rapport est incomplet ou inexistant, l'incertitude de la position doit être estimée par d'autres moyens comme par exemple une appréciation plus générale des incertitudes des mesurages de position et de profondeur à l'époque où les données en question ont été recueillies.

### 6.3 Conduite de la recherche

La méthodologie de conduite de la recherche devrait se baser sur la nature de l'élément à rechercher, la zone dans laquelle les données douteuses sont reportées et le danger potentiel pour la navigation de surface. Une fois cela établi, la procédure de recherche devrait consister à conduire un levé hydrographique dont l'étendue est définie au paragraphe 6.2, conformément aux normes établies dans cette publication.

### 6.4 Présentation des résultats de la recherche

Si le danger a été détecté, les données douteuses seront remplacées par les données recueillies durant la recherche. Dans le cas contraire, l'organisme en charge de la qualité du levé devra décider de conserver ou pas le danger sur la carte.

NORMES OHI POUR LES LEVES HYDROGRAPHIQUES (S-44)  
5<sup>ème</sup> édition février 2008

**TABLEAU 1**  
Normes minimums pour les levés hydrographiques  
(A lire de paire avec l'intégralité des textes présentés dans ce document)

Référence	Ordre	Spécial	1a	1b	2
<a href="#">Chapitre 1</a>	Description des zones	Zones où la hauteur d'eau sous quille est critique	Zones de fonds inférieurs à 100 mètres où la hauteur d'eau sous quille est moins critique mais où il existe des <u>éléments</u> pouvant engager la sécurité de la navigation de surface	Zones de fonds inférieurs à 100 mètres où la hauteur d'eau sous quille n'est pas considérée comme un problème pour le type de navigation de surface attendu dans la zone	Zones de fonds généralement supérieurs à 100 mètres où une description générale du fond est considérée comme suffisante
<a href="#">Chapitre 2</a>	<b>IHT</b> maximum admissible à un <u>niveau de confiance</u> de 95%	2 mètres	5 mètres + 5 % de la profondeur	5 mètres + 5 % de la profondeur	20 mètres + 10 % de la profondeur
<a href="#">§ 3.2</a> et <a href="#">note 1</a>	<b>IVT</b> maximum admissible à un <u>niveau de confiance</u> de 95%	a = 0.25 mètre b = 0.0075	a = 0.5 mètre b = 0.013	a = 0.5 mètre b = 0.013	a = 1.0 mètre b = 0.023
<a href="#">Glossaire</a> et <a href="#">note 2</a>	<u>Exploration complète du fond</u>	Exigée	Exigée	Non exigée	Non exigée
<a href="#">§ 2.1</a> <a href="#">§ 3.4</a> <a href="#">§ 3.5</a> et <a href="#">note 3</a>	<u>Détection d'éléments</u>	<u>Eléments</u> cubiques > 1 mètre	<u>Eléments</u> cubiques > 2 mètres, jusqu'à 40 mètres de fond ; 10 % du fond au-delà de 40 mètres	Ne s'applique pas	Ne s'applique pas
<a href="#">§ 3.6</a> et <a href="#">note 4</a>	Espacement maximum recommandé entre profils	Non défini, dans la mesure où une <u>exploration complète du fond</u> est exigée	Non défini, dans la mesure où une <u>exploration complète du fond</u> est exigée	La plus grande des deux valeurs : 3 x la profondeur moyenne ou 25 mètres Pour le LIDAR bathymétrique : un espacement des points de 5 x 5 mètres	4 x la profondeur moyenne
<a href="#">Chapitre 2</a> et <a href="#">note 5</a>	Positionnement d'aides à la navigation fixes et de la topographie significative pour la navigation ( <u>niveau de confiance</u> de 95 %)	2 mètres	2 mètres	2 mètres	5 mètres
<a href="#">Chapitre 2</a> et <a href="#">note 5</a>	Positionnement du trait de côte et de la topographie moins significative pour la navigation ( <u>niveau de confiance</u> de 95 %)	10 mètres	20 mètres	20 mètres	20 mètres
<a href="#">Chapitre 2</a> et <a href="#">note 5</a>	Position moyenne des aides à la navigation flottantes ( <u>niveau de confiance</u> de 95 %)	10 mètres	10 mètres	10 mètres	20 mètres

NORMES OHI POUR LES LEVES HYDROGRAPHIQUES (S-44)  
5<sup>ème</sup> édition février 2008

**Notes:**

- 1 : L'*incertitude* de la profondeur est affectée à la fois par des *incertitudes* constantes et par des *incertitudes* dépendant de la profondeur. La formule ci-dessous doit être employée pour calculer l'IVT maximum admissible, à un *niveau de confiance* de 95 %. Les paramètres « a » et « b » pour chaque ordre sont fournis dans le tableau 1. Ils doivent être introduits ensembles dans la formule avec la profondeur « d » afin de calculer l'IVT maximum admissible pour une profondeur donnée :

$$\pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

Où :

- a représente la portion de l'*incertitude* qui ne varie pas avec la profondeur
  - b est un coefficient qui représente la portion de l'*incertitude* qui varie avec la profondeur
  - d est la profondeur
  - b x d représente la portion de l'*incertitude* qui varie avec la profondeur
- 2 : Pour les besoins de la sécurité de la navigation, l'utilisation d'une drague hydrographique réglée de manière adéquate pour garantir une hauteur d'eau minimum sur l'ensemble d'une zone peut être considérée comme suffisante pour les levés d'ordre spécial et d'ordre 1a.
- 3 : Un *élément* cubique désigne un cube régulier dont chaque côté à la même longueur. Il convient de noter que les exigences en matière de détection d'élément pour l'ordre spécial et l'ordre 1A de l'OHI sont des exigences minimums. Dans certains cas, le service / organisme hydrographique peut juger nécessaire de détecter des *éléments* plus petits dans le but de minimiser le risque de dangers non détectés pour la navigation de surface. Pour l'ordre 1a, le critère de relâchement de la *détection d'éléments* à partir de 40 mètres reflète le tirant d'eau maximum attendu des navires.
- 4 : L'espacement des profils peut être augmenté si des procédures permettant de s'assurer d'une densité de sondes adéquate sont employées.  
L'« espacement maximum entre profils » doit être interprété comme :  
- l'espacement des profils de sondage pour les échosondeurs monofaisceaux,  
ou  
- la distance entre les limites extérieures de la zone exploitable des fauchées pour les systèmes de sondage surfaciques.
- 5 : Ces exigences ne s'appliquent que lorsque de tels mesurages sont requis dans le cadre du levé.

## GLOSSAIRE

**Note** : les termes ci-dessous sont les plus importants pour cette publication. La publication spéciale S-32 (« Dictionnaire hydrographique ») fournit beaucoup plus de définitions de termes et elle devrait être consultée lorsqu'un terme n'est pas listé dans ce glossaire. Si un terme listé ci-dessous possède une définition différente de celle de la S-32, il convient d'employer la définition donnée ci-dessous dans le cadre des présentes normes.

**Assurance de la qualité** : actions systématiques et planifiées nécessaires pour s'assurer avec une confiance suffisante qu'un produit ou un service satisfera à certaines exigences de qualité.

**Contrôle de la qualité** : ensemble des procédures visant à s'assurer qu'un produit respecte certaines normes et spécifications.

**Contrôle d'intégrité** : capacité d'un système à fournir aux utilisateurs des alertes opportunes lorsque le système ne devrait pas être employé.

**Contrôleur d'intégrité** : équipement constitué d'un récepteur GNSS (*Global Navigational Satellite Systems*) et d'un transmetteur radio installé sur un point connu et qui est utilisé pour contrôler la qualité du signal d'un GNSS différentiel (DGNSS). Les incohérences de position sont contrôlées en continu et, le cas échéant, des alertes sont transmises aux utilisateurs lorsque le système ne devrait pas être employé.

**Correction** : quantité appliquée à une observation ou qui est une fonction de celle-ci, afin de diminuer ou minimiser les effets d'erreurs et améliorer la valeur de l'observation ou de la fonction. Elle est également appliquée afin de réduire une observation à une référence arbitraire. La correction correspondant à une erreur calculée est de même valeur mais de signe opposé.

**Détection d'éléments** : capacité d'un système à détecter des éléments d'une taille définie. Dans le cadre de la sécurité de la navigation, les présentes normes précisent la taille des éléments qui devraient être détectés durant le levé.

**Élément** : dans le cadre de ces normes, tout objet artificiel ou naturel dépassant du fond et pouvant représenter un danger pour la navigation de surface.

**Erreur** : différence entre la valeur observée ou calculée d'une quantité et la valeur réelle de cette quantité (*Nota Bene* : la valeur réelle ne pouvant être connue, l'erreur réelle ne peut pas être connue non plus. Il est légitime de parler de sources d'erreur, mais les valeurs obtenues à partir de ce qui est connu sous le vocable de budget d'erreurs, et à partir d'une analyse des résidus, sont des évaluations de l'incertitude, non des erreurs. Voir également incertitude).

**Erreur grossière** : résultat d'une négligence ou d'une méprise. Elle peut être détectée par la répétition du mesurage.

**Exactitude** : degré de conformité d'une valeur mesurée ou dénombrée avec la valeur admise ou acceptée (voir également : incertitude, erreur).

**Exploration complète du fond** : méthode systématique d'exploration du fond employée dans le but de détecter la plupart des éléments spécifiés dans le [tableau 1](#) 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).

**Incertitude** : intervalle (par rapport à une valeur donnée) qui contiendra une valeur réelle du mesurage à un [niveau de confiance](#) spécifique. Le [niveau de confiance](#) de l'intervalle et la distribution statistique supposée des erreurs doivent également être établis. Dans le cadre de ces normes, les termes *incertitude* et *intervalle de confiance* sont équivalents.

**Incertitude horizontale totale (acronyme anglais : THU – Total Horizontal Uncertainty)** : composante de l'[incertitude propagée totale](#) (TPU) calculée sur le plan horizontal. Bien que la THU soit citée comme une valeur unique, elle est une quantité à 2 dimensions. Il est supposé que l'[incertitude](#) est isotropique (*i.e.* que la corrélation entre les [erreurs](#) en latitude et longitude est négligeable). Il en résulte une distribution normale circulaire et symétrique permettant à une seule valeur de décrire le rayon de distribution des [erreurs](#) autour de la valeur réelle.

**Incertitude propagée totale (acronyme anglais : TPU – Total Propagation Uncertainty)** : résultat de la propagation de l'[incertitude](#), lorsque les contributions de toutes les [incertitudes](#) de mesurage, aléatoires ou systématiques, ont été incluses dans la propagation. La propagation de l'[incertitude](#) combine les effets des [incertitudes](#) de mesurage de plusieurs sources sur les [incertitudes](#) de paramètres dérivés ou calculés.

**Incertitude verticale totale (acronyme anglais : TVU – Total Vertical Uncertainty)** : composante de l'[incertitude propagée totale](#) (TPU) calculée dans la dimension verticale. La TVU est une quantité à 1 dimension.

**Intervalle de confiance** : voir [incertitude](#).

**Investigation du fond** : méthode systématique d'exploration du fond visant à détecter des [éléments](#) tels que des épaves, des roches et autres obstructions sur le fond.

**Métadonnées** : informations décrivant les caractéristiques des données, *e.g.* l'[incertitude](#) des données d'un levé. Définition ISO : donnée décrivant un ensemble de données et un aspect de son usage. Les métadonnées sont des données implicitement attachées à un lot de données. Exemples de métadonnées : qualité générale, titre du lot de données, source, incertitude du positionnement, droits d'auteur.

**Modèle bathymétrique** : représentation numérique de la topographie (bathymétrie) du fond en coordonnées et profondeurs.

**Niveau de confiance** : probabilité que la valeur réelle d'un mesurage se trouve dans l'[incertitude](#) de la valeur mesurée. À noter que les niveaux de confiance (*e.g.* 95 %) dépendent de la distribution statistique supposée des données et sont calculés de manière différente pour des quantités exprimées en 1 dimension (1D) ou 2 dimensions (2D). Dans le cadre de ces normes, qui supposent une distribution normale de l'[erreur](#), le niveau de confiance de 95 % de quantités en 1 dimension (*e.g.* la profondeur) est défini à 1.96 x l'écart-

type et le niveau de confiance de 95 % de quantités en 2 dimensions (*e.g.* la position) est défini à 2.45 x l'écart-type.

**Niveau de réduction des sondages :** niveau de référence vertical auquel les sondes d'un levé bathymétrique sont réduites. Egalement nommé « zéro » de réduction des sondes.

**Profondeurs réduites :** profondeurs observées incluant toutes les [corrections](#) relatives au levé, au post-traitement et à la réduction au niveau de référence verticale employé.

**Surface d'incertitude :** modèle habituellement basé sur un maillage carré, qui décrit l'[incertitude](#) de la profondeur du résultat d'un levé sur l'ensemble d'une zone à la surface de la terre. La surface d'incertitude devrait disposer de suffisamment de [métadonnées](#) pour pouvoir décrire sans ambiguïté la nature de l'[incertitude](#) qu'elle représente.



## ANNEXE A

### DIRECTIVES RELATIVES AU CONTROLE DE LA QUALITE

**NOTE:** il convient de noter que les informations contenues dans les annexes A et B fournissent certaines lignes directrices pour le contrôle de la qualité et le traitement des données. Ces annexes **ne font pas** partie intégrante des normes de la S-44 et seront retirées lorsque les informations qu'elles contiennent auront été entièrement intégrées dans la publication C-13 de l'OHI (« Manuel d'Hydrographie »).

#### A.1 Introduction

Afin de s'assurer que les incertitudes requises ont été respectées, il est nécessaire de procéder à un contrôle des performances. La conformité aux critères spécifiés dans ce document doit être démontrée.

Avant et après l'acquisition de données de même qu'après toute modification majeure d'un système, il convient de mettre en œuvre des techniques de calibrage normalisées.

L'établissement de procédures de contrôle de la qualité devrait constituer une priorité pour les organismes / services hydrographiques. Ces procédures devraient couvrir l'ensemble du système incluant les capteurs de navigation, les équipements d'acquisition et de traitement des données ainsi que les opérateurs. Tous les équipements devraient être vérifiés afin de confirmer qu'ils fonctionnent conformément à leurs valeurs d'étalonnage et le système devrait être évalué afin de s'assurer qu'il respecte les incertitudes appropriées du tableau 1. Les autres paramètres, *e.g.* les mouvements du porteur et sa vitesse, qui peuvent affecter la qualité des données recueillies devraient également être surveillés.

Les procédures de traitement antérieures à l'introduction des sondeurs multifaisceaux (SMF) et des LIDAR bathymétriques sont inadéquates, tant en termes de main d'œuvre qu'en termes de traitement des gros volumes de données recueillies par ces systèmes. Il est nécessaire d'établir des procédures permettant le traitement, la réduction et la production de données finales dans des contraintes acceptables de temps et de main d'œuvre tout en maintenant l'intégrité des données. Les services / organismes hydrographiques demeurant juridiquement responsables de leurs produits, ces procédures de traitement devraient être bien documentées.

Les données d'origine du levé (données brutes issues des différents capteurs) devraient être conservées de manière adéquate avant de procéder à leur traitement. Le lot final de données traitées devrait également être conservé. En ces temps de changement rapide des systèmes électroniques, l'archivage à long terme des données nécessite une préparation, une exécution et un suivi minutieux.

Chaque service est responsable de la définition de sa politique d'archivage à long terme des lots de données brutes et traitées.

#### A.2 Positionnement

Dans le cadre de levés d'ordre spécial ou d'ordre 1a/b, il est recommandé de procéder à un [contrôle d'intégrité du positionnement](#). Lorsqu'un équipement est installé afin de déterminer ou d'améliorer le positionnement des porteurs du levé (e.g. [corrections](#) GNSS), l'[incertitude](#) de la position de l'équipement par rapport au référentiel horizontal doit être incluse dans le calcul de la [THU](#).

### A.3 Intégrité des données de profondeur

Les profils de contrôle ou les zones de recouvrement des fauchées indiquent la concordance ou la répétabilité des mesurages mais n'indiquent pas l'[exactitude](#) absolue du fait qu'il existe de nombreuses sources d'[erreurs](#) potentielles communes (voir [§ A.4](#)) entre les données issues des profils principaux et celles issues des profils de contrôle. La procédure de [contrôle de la qualité](#) devrait inclure une analyse statistique des différences ainsi que la considération des [erreurs](#) communes afin de fournir une indication de la conformité du levé avec les normes fournies dans le [tableau 1](#). En préalable à cette analyse, il convient d'éliminer les erreurs ponctuelles et les [erreurs grossières](#). Les différences anormales restantes devraient être examinées plus en détail par le biais d'une analyse systématique des sources d'[incertitude](#) concernées. Toutes les incohérences devraient être résolues par une analyse ou par un nouveau levé durant les travaux de sondage.

La capacité à comparer des surfaces générées à partir de données nouvellement acquises avec d'autres générées à partir d'informations historiques peut souvent être utile pour valider la qualité des nouvelles informations ou, *a contrario*, pour avertir le service ayant collecté les données de l'existence d'une [incertitude](#) systématique non résolue qui nécessite une attention immédiate.

#### A.3.1 Echosondeurs monofaisceau

Des profils de contrôle devraient être exécutés à intervalles discrets. Ces intervalles ne devraient normalement pas être distants de plus de 15 fois l'espacement des profils de sondage principaux.

#### A.3.2 Echosondeurs surfaciques

Une estimation appropriée de l'[incertitude](#) des profondeurs à chaque angle d'incidence (pour chaque faisceau dans le cas d'un sondeur multifaisceaux) devrait être effectuée. Si l'une des profondeurs possède une [incertitude](#) inacceptable, les données associées devraient être rejetées. Un certain nombre de profils de contrôle devraient être exécutés. Lorsque les fauchées adjacentes possèdent un recouvrement significatif, l'espacement des profils de contrôle peut être augmenté.

#### A.3.3 Systèmes à balayage (ensembles multi-transducteurs)

Il est essentiel que la distance entre chacun des transducteurs et la zone acoustique d'insonification soit ajustée aux profondeurs mesurées en vue d'assurer une couverture complète du fond le long de la fauchée de mesurage. Un certain nombre de profils de contrôle devraient être exécutés.

Les mouvements verticaux des bômes doivent être soigneusement évalués lorsque l'état de la mer se dégrade, en particulier lorsque les effets du pilonnement sur les transducteurs ne sont pas directement mesurés (*e.g.* systèmes de bômes découplées). Si le pilonnement des transducteurs dépasse la valeur maximum admissible du budget d'*incertitude*, les opérations de sondage devraient être suspendues jusqu'à ce que l'état de la mer s'améliore.

#### A.3.4 LIDAR bathymétrique

Les dangers pour la navigation détectés par un LIDAR bathymétrique devraient être examinés en utilisant un système bathymétrique à même de déterminer le point le plus haut, en accord avec les normes établies dans ce document. Un certain nombre de profils de contrôle devraient être exécutés.

#### A.4 Sources d'erreurs

Bien que le texte ci-dessous se focalise sur les *erreurs* dans les données issues des systèmes surfaciques, il convient de noter qu'il s'applique en principe à tout système de mesurage de la profondeur.

Dans le cas de systèmes surfaciques, la distance entre la sonde sur le fond et l'antenne de positionnement du système peut être très importante, en particulier en eaux profondes. De fait, l'incertitude de la position de la sonde est fonction des *erreurs* de cap, d'angle de faisceau et de profondeur.

Les *erreurs* de roulis et de tangage contribueront également à l'*incertitude* des positions des sondes. Au final, il peut s'avérer difficile de déterminer l'*incertitude* de la position pour chaque sonde comme une fonction de la profondeur. Les incertitudes ne sont pas uniquement une fonction du système surfacique mais également de l'emplacement, de la configuration et des *exactitudes* des capteurs auxiliaires.

L'utilisation de faisceaux non verticaux introduit des *incertitudes* supplémentaires engendrées par une connaissance incorrecte de l'orientation du navire aux moments de la transmission et de la réception des échos sonar. Les *incertitudes* associées au développement de la position d'un seul faisceau doivent inclure :

- a) les *erreurs* du système de positionnement,
- b) les *erreurs* de mesure sur la distance oblique et l'incidence du faisceau,
- c) l'*erreur* associée à la modélisation du trajet du rayon (y compris le profil de célérité) et à la détermination de l'angle de pointage du faisceau,
- d) l'erreur de cap du navire,
- e) les *erreurs* de pointage du système résultant d'un mauvais alignement du transducteur,
- f) l'emplacement du capteur,
- g) les *erreurs* liées aux mouvements du navire (*i.e.* roulis et tangage),
- h) les *erreurs* sur la détermination de la position des capteurs,
- i) la synchronisation temporelle / les retards.

Les facteurs contribuant à l'incertitude verticale incluent :

- a) les erreurs du niveau de référence vertical,
- b) les erreurs verticales du système de positionnement,
- c) les erreurs de mesurage de la marée y compris, le cas échéant, les erreurs cotidales,
- d) les erreurs des instruments,
- e) les erreurs liées à la célérité du son,
- f) les erreurs du modèle de séparation du niveau de référence vertical avec l'ellipsoïde,
- g) les erreurs liées aux mouvements du navire (*i.e.* roulis, tangage et pilonnement),
- h) le tirant d'eau,
- i) les variations de tirant d'eau et l'accroupissement,
- j) la pente du fond,
- k) la synchronisation temporelle / les retards.

Les agences responsables de la qualité du levé sont encouragées à développer des budgets d'incertitude pour leurs propres systèmes.

#### A.5 Propagation des incertitudes

L'incertitude propagée totale (IPT) est une combinaison des incertitudes aléatoires et systématiques engendrées par des biais. Les incertitudes aléatoires à courte période doivent être reconnues et estimées dans les directions horizontale et verticale.

L'incertitude propagée peut être exprimée comme une variance (en mètres carrés) mais est le plus souvent présentée comme une incertitude (en mètres) dérivée de la variance, en se basant sur l'hypothèse selon laquelle l'incertitude suit une distribution connue. Dans ce cas, il convient que le niveau de confiance (*e.g.* « à un niveau de confiance de 95 % ») et la distribution soient documentés. Les incertitudes horizontales sont généralement exprimées sous forme d'une valeur unique à un niveau de confiance de 95 % impliquant une distribution isotropique de l'incertitude dans le plan horizontal.

Dans le cadre du processus de levé hydrographique, il est nécessaire de modéliser certains facteurs constants ou à longue période relatifs à l'environnement physique (*e.g.* les marées, la célérité du son, la dynamique ou l'accroupissement du porteur). Des modèles inadaptés peuvent conduire à des incertitudes semblables à des biais dans les résultats du levé. Ces incertitudes doivent être évaluées séparément des incertitudes aléatoires.

L'IPT est le résultat de ces deux principaux types d'incertitudes. La manière la plus sûre de calculer le résultat est une somme arithmétique, mais il faut bien avoir conscience que cela peut significativement surestimer l'incertitude totale. La plupart des spécialistes, de même que la norme ISO appropriée, recommandent une somme quadratique (*i.e.* la somme de variances convenablement ajustées).

## ANNEXE B

### DIRECTIVES POUR LE TRAITEMENT DES DONNEES

**Note :** il convient de noter que les informations contenues dans les annexes A et B fournissent des lignes directrices pour le [contrôle de la qualité](#) et le traitement des données. Ces annexes **ne font pas** partie intégrante des normes de la S-44 et seront retirées lorsque les informations qu'elles contiennent auront été entièrement intégrées dans la publication C-13 de l'OHI (« Manuel d'Hydrographie »).

Le texte de cette annexe est issu de la lettre circulaire 27/2002 du BHI intitulée « *Guidelines for the processing of high volume bathymetric data* » en date du 8 août 2002. Les sections 2, 3.1 et 4 de ces directives ont été incorporées dans la 5<sup>ème</sup> édition de la S-44 tandis que les autres sections ont été reproduites ci-dessous avec quelques modifications.

#### B.1 Introduction

Les directives suivantes, relatives au traitement, se concentrent sur les principes et décrivent des **exigences minimum**. Les étapes de traitement abordées ci-dessous doivent être interprétées comme une indication et ne sont pas nécessairement exhaustives, même en ce qui concerne leur enchaînement. Des adaptations peuvent s'avérer nécessaires du fait de la configuration du levé ou du système de traitement employé. De manière générale, lors du traitement, il faudrait s'efforcer d'utiliser toutes les sources d'information disponibles pour confirmer la présence de sondes significatives pour la navigation.

La séquence de travail suivante devrait être adoptée :

##### B.1.1 Position

Cette étape devrait comprendre la fusion (si nécessaire) des données de position des différents capteurs, la qualification des données de position et l'élimination des sauts de position. Les données douteuses devraient être identifiées comme telles mais pas supprimées.

##### B.1.2 Corrections de profondeur

Des [corrections](#) devraient être appliquées pour les variations du niveau de l'eau, les mesurages des capteurs d'attitude ainsi que les changements de tirant d'eau du porteur (*e.g.* un accroupissement variant avec la vitesse, des changements dans le temps relatifs à la consommation de carburant). Il devrait être possible de retraiter des données pour lesquelles des [corrections](#) auraient été appliquées en temps réel.

##### B.1.3 Données d'attitude

Les données d'attitude (cap, pilonnement, tangage, roulis) devraient être qualifiées et les sauts de données devraient être éliminés. Les données douteuses devraient être identifiées comme telles mais pas supprimées.

#### B.1.4 Correction de la célérité du son

Les *corrections* dues au temps du double trajet et à la réfraction devraient être calculées et appliquées durant cette étape. Si ces *corrections* ont déjà été appliquées en temps réel durant le levé, il devrait être possible de les remplacer en utilisant un autre profil de célérité du son.

#### B.1.5 Temps de latence du système

Dans le système de levé, les temps de latence peuvent inclure à la fois des composantes constantes et variables. Le système d'acquisition et le système de traitement devraient contrôler la latence et l'éliminer si possible.

#### B.1.6 Fusion des profondeurs et des positions

Pour cette opération, le décalage temporel entre données de navigation et de positionnement (latence) et les paramètres géométriques entre les capteurs doivent être pris en compte.

#### B.1.7 Analyse du signal retour

Lorsqu'une représentation de la série temporelle de l'amplitude du signal retour est disponible, cette information peut être employée pour contrôler la validité des sondes.

#### B.1.8 Nettoyage automatique (non interactif) des données

Lors de cette étape, les coordonnées (*i.e.* les positions et les profondeurs) obtenues devraient être contrôlées automatiquement par un programme utilisant des algorithmes statistiques adaptés qui auront été documentés, testés et validés en démontrant qu'ils fournissent des résultats corrects et reproductibles. Lors du choix d'un algorithme, des techniques d'estimation robuste devraient être considérées dans la mesure où leur adéquation a été démontrée. De nombreuses suites de traitement de lots de données bathymétriques importants possèdent des outils statistiques intégrés permettant de détecter et de visualiser les valeurs aberrantes. De manière générale, des lots de données importants avec une proportion significative de recouvrement entre les profils fournissent une probabilité plus importante de détecter les *erreurs grossières*. En plus des statistiques, il peut être fait usage de valeurs de seuil pour faciliter la détection des *erreurs grossières* dans les données du levé. Chaque agence est responsable de la validation de l'algorithme employé et des procédures adoptées.

Toutes les *erreurs grossières*, ainsi que les données erronées ou douteuses, devraient être marquées en vue d'un autre contrôle par l'opérateur. Le type de marquage employé devrait indiquer qu'il a été établi durant l'étape automatisée.

#### B.1.9 Nettoyage manuel (interactif) des données

A l'issue des procédures de traitement automatisé, il est nécessaire qu'un hydrographe compétent et expérimenté vérifie les résultats automatisés et valide ces résultats et/ou résolve toutes les ambiguïtés restantes.

Pour cette étape, l'utilisation d'outils de visualisation en 3D est fortement recommandée. La décision d'accepter ou de rejeter des sondes apparemment erronées peut souvent être améliorée par la visualisation de lots de données combinés en trois dimensions. Ces outils

devraient permettre de visualiser la donnée au moyen d'un système de zoom. Le système de traitement interactif devrait aussi offrir différents modes de visualisation (*e.g.* graphique des profondeurs ou de l'*incertitude*, vue le long d'un profil de coupe, vue par faisceau, imagerie du signal réverbéré, *etc.*) et devrait permettre la visualisation des données du levé en conjonction avec d'autres informations utiles (*e.g.* trait de côte, épaves, aides à la navigation, *etc.*). L'édition des données devrait être possible dans tous les modes et devrait inclure un protocole de suivi. Lors de l'édition de données de sondage, il peut être important de comprendre le contexte spatial des données examinées. Ce qui peut apparaître comme des sondes erronées (*erreurs grossières*) hors de tout contexte peut s'avérer être de véritables *éléments* sur le fond (piliers submergés, épaves, *etc.*) lorsqu'elles sont visualisées dans le contexte d'un fond de carte par exemple. Dans la mesure du possible, les affichages des données seront géoréférencés. La possibilité de comparer des surfaces issues de données nouvellement recueillies avec d'autre générées à partir d'informations historiques peut souvent être utile pour valider la qualité des nouvelles informations ou, *a contrario*, pour avertir le service ayant collecté les données de l'existence d'une *incertitude* systématique non résolue qui nécessite une attention immédiate.

Dans la mesure du possible, ces outils devraient inclure le rapprochement de l'imagerie du signal réverbéré normalisé avec la bathymétrie et, dans la mesure où des outils de détection d'objets automatisée auront été utilisés, il devrait être possible d'afficher dans ces deux modes les données identifiées comme invalidées.

Les règles à observer par les opérateurs durant cette étape devraient faire l'objet d'une documentation.

L'invalidation, durant l'étape automatisée, de profondeurs moins importantes que les fonds environnants, devraient nécessiter une action explicite de l'opérateur, au moins pour les levés d'ordre spécial ou d'ordre 1a/b. Si l'opérateur modifie la validité des données, établie lors de l'étape automatisée, ce devrait être consigné. Si un état de validité est apposé par l'opérateur, l'indicateur de validité utilisé devrait pouvoir l'indiquer.

## B.2 Utilisation des *surfaces d'incertitude*

De nombreuses suites de traitement statistique de la bathymétrie possèdent également la capacité de générer une *surface d'incertitude* associée à la bathymétrie en faisant usage soit des évaluations de l'*erreur* des données soit en générant des statistiques spatiales dans les cellules d'un maillage. La visualisation et la codification de ces surfaces d'incertitude sont une méthode permettant de déterminer si la totalité de la zone de levé respecte les spécifications requises. Si certaines zones sortent des spécifications, elles peuvent être ciblées afin de faire l'objet d'une acquisition ultérieure ou pour être traitées par des systèmes alternatifs en vue de réduire l'*incertitude* jusqu'à une tolérance acceptable. Lorsqu'elle est exécutée en temps réel, la stratégie d'échantillonnage peut être adaptée en cours de levé, permettant ainsi de s'assurer que les données recueillies sont d'une qualité acceptable pour l'usage qui en sera fait. Chaque service est responsable de la validation de ces capacités de traitement préalablement à leur mise en œuvre.

## B.3 Procédures de validation

NORMES OHI POUR LES LEVES HYDROGRAPHIQUES (S-44)  
5<sup>ème</sup> édition février 2008

Les données finales devraient faire l'objet d'une validation interne indépendante faisant usage de procédures de *contrôle de la qualité* documentées.

---