

La nouvelle norme S-44 de l'Organisation hydrographique internationale sur les spécifications des levés hydrographiques : contexte, rédaction et évolutions apportées

■ **Christophe VRIGNAUD**

En septembre 2020, l'Organisation hydrographique internationale a publié la sixième édition de la norme sur les levés hydrographiques (norme S-44 de l'OHI¹). Ce document est la seule norme de portée internationale traitant des spécifications des levés hydrographiques.

Cette publication fait suite à un travail de plus de trois années, réalisé par une équipe constituée de représentants d'états membres de l'OHI, de représentants du monde industriel et d'observateurs.

Cette sixième édition, sans être une révolution, apporte de réelles évolutions logiquement attendues par la communauté hydrographique.

■ MOTS-CLÉS

Norme, spécification, hydrographie, bathymétrie

Le contexte international et historique

Dans un cadre international, la convention pour la sauvegarde de la vie humaine en mer de l'Organisation maritime internationale (SOLAS ou *International Convention for the Safety of Life at Sea*), dernière révision en juillet 2002⁴, est à souligner. Cette convention SOLAS a pour principal objectif de spécifier des normes minimales pour la construction, l'équipement et l'exploitation des navires, compatibles avec leur sécurité. Elle est considérée comme un document international majeur sur la sécurité des navires de commerce. Le chapitre cinq de la convention SOLAS est dédié à la sécurité de la navigation et recense certains services de sécurité de la navigation sous la responsabilité des états contractants. Ainsi, ce chapitre n'est pas dédié strictement aux navires, mais bien à des responsabilités gouvernementales ayant pour obligation d'organiser la diffusion des avertissements de navigation appropriés (règle 4) et d'assurer des services hydrographiques (règle 9).

Parallèlement à la convention SOLAS de l'OMI, la convention sur le droit de la mer des Nations Unies (convention UNCLOS ou *United Nations Convention on the Law of the Sea*, Montego Bay, 1982⁵) prend ici une certaine importance dans notre contexte puisque ce

Introduction

Le 3 mars 2017, l'Organisation hydrographique internationale (OHI) annonçait la création d'une équipe projet chargée de revoir la norme S-44 sur les spécifications des levés hydrographiques (lettre circulaire OHI 26/2017²). Le 14 septembre 2020, la nouvelle version de la norme est publiée par l'OHI (lettre circulaire 33/2020³), fruit d'un travail sur plus de trois ans réalisé par l'équipe projet.

Afin de bien appréhender l'importance d'un tel document pour la communauté hydrographique et pour bien comprendre la tâche allouée à cette équipe projet, il est important d'évoquer le contexte historique et international. En effet, depuis 1968, date de la première édition, différentes versions de cette norme S-44 se sont

succédé, contenant des évolutions plus ou moins importantes. En particulier, le contenu de la cinquième édition (2008-2020) est intéressant à cet égard. Par ailleurs, le rôle même de l'OHI dans ce contexte international est également à rappeler.

Une fois ces bases posées, les différentes actions structurantes de l'équipe projet seront présentées. Ces actions ont permis la rédaction de la version actuellement publiée et mettent en lumière les choix apportés par l'équipe dans la rédaction de cette sixième édition, en y apportant une certaine justification.

Enfin, les évolutions marquantes de la sixième édition de la S-44 seront présentées, en particulier la notion de couverture bathymétrique et le concept de "matrice de spécifications".

1 https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44_Edition_6.0.0_EN.pdf

2 <https://iho.int/uploads/user/Services%20and%20Standards/HSSC/Project%20Team%20HSPT/MISC/CL26.pdf>

3 https://iho.int/uploads/user/circular_letters/eng_2020/CL33_2020_EN_v1.pdf

4 [https://www.imo.org/fr/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\)%2C-1974.aspx](https://www.imo.org/fr/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)%2C-1974.aspx)

5 https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_f.pdf



document fait référence directement, à plusieurs reprises, à l'hydrographie et la cartographie marine (notamment sur les délimitations maritimes). Sa bonne mise en œuvre, sur de nombreux aspects, requiert l'existence d'un service hydrographique. Par ailleurs, au travers de cette convention, les Nations Unies reconnaissent l'OHI comme organisation compétente pour les sujets liés à l'hydrographie.

Pour mémoire, l'OHI a été fondé en juin 1921, avec la France parmi les états fondateurs. L'OHI définit l'hydrographie comme "la branche des sciences appliquées traitant du mesurage et de la description des éléments physiques des océans, des mers, des zones côtières, des lacs et des fleuves, ainsi que de la prédiction de leur changement dans le temps, essentiellement dans l'intérêt de la sécurité de la navigation et à l'appui de toutes les autres activités maritimes, incluant le développement économique, la sécurité et la défense, la recherche scientifique et la protection environnementale".

Et, puisque le sujet qui nous occupe ici est une norme hydrographique, la définition d'une norme internationale selon l'Organisation internationale de normalisation (ISO) est à rappeler : "Une norme internationale définit des spécifications, des lignes directrices ou des caractéristiques à utiliser systématiquement pour assurer l'aptitude à l'emploi des matériaux, produits, processus et services."

Ainsi, la convention SOLAS et UNCLOS imposent des obligations hydrographiques aux gouvernements contractants et reconnaissent l'OHI pour normaliser ces services destinés principalement à la sécurité de la navigation de surface. Dans ce cadre, les autorités compétentes (souvent les services hydrographiques) engagent leur responsabilité dans les produits fournis. Ces prérequis sur le contexte institutionnel et normatif international nous amènent maintenant à considérer le contenu de cette norme S-44 de l'OHI dédiée aux levés hydrographiques. La norme S-44 définit des spécifications pour les levés hydrographiques, principalement dédiés à la sécurité de la navigation de surface. Par "levés

hydrographiques", il faut comprendre principalement la description plus ou moins fine du relief sous-marin en termes de hauteur d'eau par rapport à une référence verticale, selon des spécifications rigoureuses. Ainsi, la S-44 traite des incertitudes de mesures (verticales et horizontales), de la capacité de détection d'objets, de l'exploration complète ou partielle du fond, des courants de surface, de la nature des fonds, de la position du trait de côte et de la position des aides à la navigation. Il est important de signaler que cette norme spécifie un minimum à atteindre, sans définir la méthodologie ni la technologie à employer. Par ailleurs, chaque service hydrographique, ou autorité, est libre de décliner la norme dans des exigences plus contraignantes afin de répondre, le cas échéant, à des contraintes locales. Il convient de garder en mémoire qu'un levé hydrographique est le résultat de différentes étapes : la préparation, la réalisation, le contrôle, le traitement des données et enfin la création du produit final. Elle s'adresse donc à du personnel qualifié (les "hydrographes").

La première version de la norme S-44 a été publiée en 1968 (figure 1). La notion d'incertitude de mesure n'était pas abordée et le terme d'"erreur admissible" sur les mesures était alors utilisé. Par exemple, pour la mesure de profondeur, trois catégories de levés étaient identifiées : (a) entre 0 et 20 m avec une erreur admissible sur la mesure de 0,3 m ; (b) entre 20 et 100 m avec une erreur admissible sur la mesure de 1 m ; (c) au-delà de 100 m avec une erreur admissible sur la mesure de 1 % de la hauteur d'eau. Les autres paramètres ne seront pas abordés ici. On remarque la nécessité de "catégoriser" les types de levés et, dans cette première version, cela se fait sur le critère de la hauteur d'eau.

La deuxième édition (1982) et la troisième édition (1987) n'apportent pas d'évolutions majeures. La quatrième édition (1998, figure 2) est plus intéressante puisqu'elle propose de réelles évolutions dans sa rédaction : la notion d'incertitude imposée pour 95 % des mesures est utilisée et un tableau présentant quatre catégories de levés est introduit. Cette quatrième édition

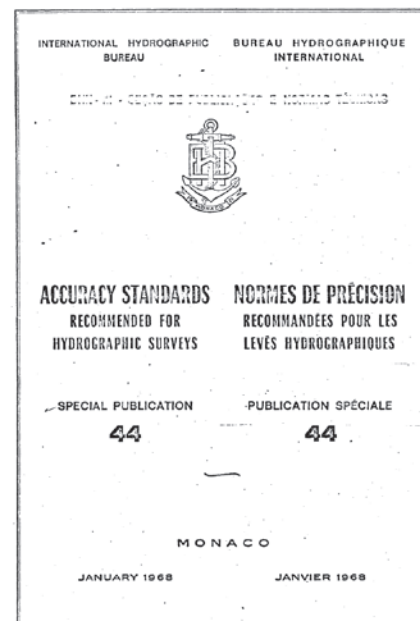


Figure 1. Couverture de la première édition de la S-44 (OHI - 1968).

profite des évolutions technologiques et métrologiques de la fin du XX^e siècle. Concernant la métrologie, il est intéressant de souligner qu'à partir de cette édition, il est considéré que la dispersion des mesures, autour de leurs valeurs moyennes, suit une loi normale. Par ailleurs, les mesures sont à considérer avec une incertitude correspondant à un niveau de confiance de 95 %, ce qui correspond à un facteur d'élargissement de 1,96 fois l'écart type pour les mesures de profondeur et 2,45 pour leur positionnement horizontal. Cette exigence sur les incertitudes de mesures est également valable pour les mesures des courants de surface. Concernant l'incertitude maximale tolérée du positionnement vertical des sondes, elle est calculée à partir d'une valeur constante et d'une valeur dépendant de la profondeur, suivant la formule $\sqrt{a^2 + (bd)^2}$, avec a et b les constantes définies pour chaque catégorie de levé et de la hauteur d'eau. Cette formulation suppose ainsi qu'il n'y a pas de corrélation entre l'incertitude de mesure fixe (l'offset) et l'incertitude de mesure liée à la hauteur d'eau. Concernant l'incertitude maximale tolérée du positionnement horizontal des sondes, elle est imposée par une constante ou bien un pourcentage de la hauteur d'eau, suivant les catégories de levés considérées.

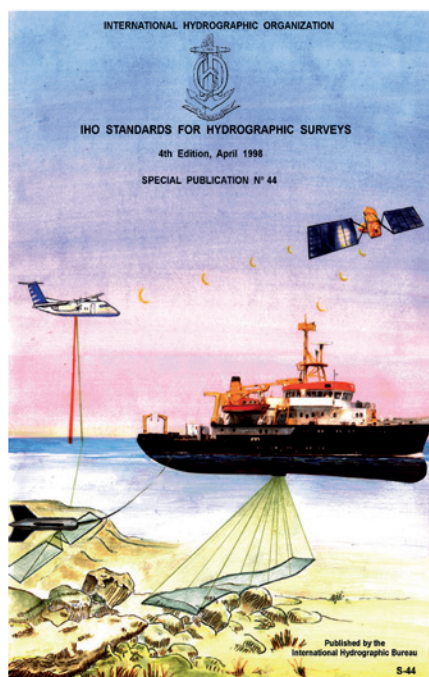


Figure 2. Couverture de la quatrième édition de la S-44 (OHI - 1998).

Si l'on s'attarde rapidement sur les catégories de levés hydrographiques, appelés "ordre", on notera que la catégorisation est maintenant définie en fonction du besoin lié à la sécurité de la navigation (table 1). Ainsi, l'ordre spécial est dédié aux ports ou aux zones avec une navigation de surface critique impliquant une distance sous

| ORDER | Special | 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|--|---|
| Examples of Typical Areas | Harbours, berthing areas, and associated critical channels with minimum underkeel clearances | Harbours, harbour approach channels, recommended tracks and some coastal areas with depths up to 100 m | Areas not described in Special Order and Order 1, or areas up to 200 m water depth | Offshore areas not described in Special Order, and Orders 1 and 2 |
| Horizontal Accuracy (95% Confidence Level) | 2 m | 5 m + 5% of depth | 20 m + 5% of depth | 150 m + 5% of depth |
| Depth Accuracy for Reduced Depths (95% Confidence Level) ⁽¹⁾ | a = 0.25 m b = 0.0075 | a = 0.5 m b = 0.013 | a = 1.0 m b = 0.023 | Same as Order 2 |
| 100% Bottom Search | Compulsory ⁽²⁾ | Required in selected areas ⁽²⁾ | May be required in selected areas | Not applicable |
| System Detection Capability | Cubic features > 1 m | Cubic features > 2 m in depths up to 40 m; 10% of depth beyond 40 m ⁽³⁾ | Same as Order 1 | Not applicable |
| Maximum Line Spacing ⁽⁴⁾ | Not applicable, as 100% search compulsory | 3 x average depth or 25 m, whichever is greater | 3-4 x average depth or 200 m, whichever is greater | 4 x average depth |

Table 1. Présentation des quatre catégories de levés hydrographiques (S-44 quatrième édition, OHI - 1998).

quille réduite. Dans cet exemple, l'incertitude maximale des mesures est de $\sqrt{0.25^2 + (0.0075d)^2}$. La bonne maîtrise de ces exigences sur les mesures implique évidemment un bilan global d'erreur du système *a priori* et un contrôle du levé *a posteriori*. Pour être conforme à un ordre donné, le levé hydrographique doit respecter les exigences de tous les critères composant l'ordre.

Enfin, la cinquième édition, en vigueur de 2008 à 2020, reprend globalement l'édition 4, avec une évolution des catégories de levés. Elle identifie toujours quatre ordres : ordre spécial, ordre 1a, ordre 1b et ordre 2 (table 2) – les exigences sur les incertitudes des mesures allant en décroissant. L'ordre spécial est toujours principalement dédié aux levés portuaires alors que l'ordre 2 est globalement dédié aux

| Reference | Order | Special | 1a | 1b | 2 |
|---|--|---|---|--|---|
| Chapter 1 | Description of areas. | Areas where under-keel clearance is critical | Areas shallower than 100 metres where under-keel clearance is less critical but <i>features</i> of concern to surface shipping may exist. | Areas shallower than 100 metres where under-keel clearance is not considered to be an issue for the type of surface shipping expected to transit the area. | Areas generally deeper than 100 metres where a general description of the sea floor is considered adequate. |
| Chapter 2 | Maximum allowable THU 95% Confidence level | 2 metres | 5 metres + 5% of depth | 5 metres + 5% of depth | 20 metres + 10% of depth |
| Para 3.2 and note 1 | Maximum allowable TVU 95% Confidence level | a = 0.25 metre b = 0.0075 | a = 0.5 metre b = 0.013 | a = 0.5 metre b = 0.013 | a = 1.0 metre b = 0.023 |
| Glossary and note 2 | Full Sea floor Search | Required | Required | Not required | Not required |
| Para 2.1 Para 3.4 Para 3.5 and note 3 | Feature Detection | Cubic features > 1 metre | Cubic features > 2 metres, in depths up to 40 metres; 10% of depth beyond 40 metres | Not Applicable | Not Applicable |
| Para 3.6 and note 4 | Recommended maximum Line Spacing | Not defined as <i>full sea floor search</i> is required | Not defined as <i>full sea floor search</i> is required | 3 x average depth or 25 metres, whichever is greater For bathymetric lidar a spot spacing of 5 x 5 metres | 4 x average depth |
| Chapter 2 and note 5 | Positioning of fixed aids to navigation and topography significant to navigation. (95% Confidence level) | 2 metres | 2 metres | 2 metres | 5 metres |
| Chapter 2 and note 5 | Positioning of the Coastline and topography less significant to navigation (95% Confidence level) | 10 metres | 20 metres | 20 metres | 20 metres |
| Chapter 2 and note 5 | Mean position of floating aids to navigation (95% Confidence level) | 10 metres | 10 metres | 10 metres | 20 metres |

Table 2. Les quatre catégories de levés hydrographiques (S-44 cinquième édition, OHI - 2008).



levés au-delà du talus continental. Une particularité est que l'ordre 1b a été créé afin de prendre en compte les spécificités techniques des mesures bathymétriques réalisées par LiDAR aéroporté. Encore ici, les évolutions technologiques influencent logiquement la rédaction de la norme S-44. Par ailleurs, comme pour la quatrième édition, des exigences sur les capacités de détection sont imposées pour les deux premiers ordres : par exemple, l'ordre spécial impose la détection d'objet de 1 m de côté sur toute la zone considérée par le levé, alors que l'ordre 1b n'impose aucune exigence sur ce critère et la couverture complète de la zone considérée n'est pas obligatoire. Sur ce critère de couverture de la zone, la notion d'espacement entre les routes du navire en acquisition est utilisée : pour l'ordre 1b par exemple, la distance entre les lignes suivies par le navire est imposée à trois fois la hauteur d'eau, ou, pour un avion, un espacement des points LiDAR de 5 x 5 mètres maximum. Il apparaît ainsi que pour l'ordre 1b (et l'ordre 2), suivant la technologie employée, la couverture d'un levé peut différer. Pour l'ordre spécial, ou l'ordre 1a, imposant une couverture complète de la zone, la notion d'espacement entre les routes d'acquisition est laissée libre, pourvu que toute la zone soit investiguée.

Le travail de l'équipe projet de l'OHI

En mars 2017, soit neuf ans après la publication de l'édition 5 de la S-44, l'OHI décide de créer une équipe projet chargée d'identifier les possibles limitations dans l'édition en cours et, le cas échéant, proposer une nouvelle édition. Cette équipe projet sur les levés hydrographiques (*Hydrographic Surveys Project team*) est composée de quarante-sept membres et a très peu évolué durant les trois années de travail. Parmi ces membres, on compte trente représentants des états membres de l'OHI (l'OHI compte 86 pays en 2019), quatorze représentants du monde industriel, deux observateurs (Fédération internationale des géomètres FIG et Fédération internationale des sociétés hydrographiques IFHS) et un repré-



Figure 3. Répartition géographique des répondants au questionnaire de l'équipe projet sur la S-44.

sentant de l'OHI. La France préside cette équipe, aidée d'un vice-président brésilien et la fonction de secrétaire est assurée par le représentant de l'OHI.

Dès les premières discussions, il s'est imposé à tous qu'une refonte de la S-44 était nécessaire afin de lever certaines imprécisions ou limitations de la cinquième édition et également pour répondre à de nouveaux besoins identifiés par les membres de l'équipe. Pour schématiser, on peut considérer que le travail de l'équipe projet s'est reposé sur quatre piliers structurants : (1) les règles de l'OHI définissant le mandat imposé, le processus de révision des normes et, plus généralement, tout le formalisme d'une organisation internationale qui cadre ce type de processus ; (2) le questionnaire publié par l'équipe projet durant l'été 2017, interrogeant la communauté hydrographique internationale sur la compréhension de la S-44 ; (3) les avis des intervenants de l'OHI sur une version préliminaire mi-2019 ; (4) les cinq rencontres de l'équipe au cours des trois années et les travaux inter-sessions relativement soutenus. Le point (1) ne sera pas détaillé ici, en revanche il est important de s'arrêter sur le questionnaire.

Le questionnaire, défini par l'équipe projet, a été mis en ligne de septembre à novembre 2017, à l'attention de toute la communauté hydrographique internationale. Il était composé de trente-huit questions et administré par

l'IFHS. 500 réponses ont été reçues, provenant du monde entier (figure 3). Nous pouvons considérer que ce nombre de réponses et l'emprise mondiale rendent les résultats statistiquement pertinents.

À partir de ce questionnaire, on peut retenir les principales informations suivantes : 81,3 % des répondants spécifient leurs levés hydrographiques sur la base d'une norme : 54 % utilisent la S-44 telle quelle, 7 % avec des spécifications moins contraignantes, 23 % avec des spécifications plus contraignantes (comme le Shom) et enfin, le reste (environ 15 %) utilise d'autres spécifications que la S-44. Pour ces derniers, il est intéressant d'observer que ces autres spécifications proviennent principalement de normes éditées par certains services hydrographiques (par exemple la NOAA aux États-Unis ou le LINZ en Nouvelle-Zélande) et que ces normes sont elles-mêmes dérivées de la S-44. Cela illustre l'importance de la S-44 comme instrument réellement utilisé par la communauté internationale.

Pour information, 44 % des répondant, possèdent une certification reconnue par l'OHI (catégorie A ou B cartographe, catégorie A ou B hydrographe), soit 56 % ne possédant pas de certification, mais étant néanmoins qualifié puisque 89 % ont une expérience professionnelle supérieure à six années. En France, la certification "FIG-OHI catégorie A hydrographe"



Figure 4. Membres de l'équipe projet lors de la troisième réunion hébergée par le service hydrographique australien (Wollongong, Australie, mars 2019).

est assurée par l'ENSTA Bretagne et la "FIG-OHI catégorie B hydrographe" par la licence 3 dispensée par le Shom et l'université de Bretagne occidentale.

À la question *"pensez-vous que la S-44 est aujourd'hui suffisamment stricte ?"*, 54 % considèrent que oui, alors que 18 % souhaiteraient plus de contraintes et 28 % ne savent pas. À partir de ce résultat assez mitigé, il a été décidé, dans un premier temps, de conserver les spécifications de la cinquième édition, sans durcir les ordres.

Par ailleurs, une majorité (61 %) pense que la S-44 devrait considérer d'autres besoins que ceux liés à la sécurité de la navigation, mais 44 % soulignent que le document doit tout de même rester focalisé sur cette sécurité de navigation. Ce point a motivé l'introduction du concept de "matrice de spécifications" détaillée plus loin.

Les résultats de ce questionnaire ont donc orienté les travaux de l'équipe projet et, à l'été 2019, une version préliminaire a été proposée aux intervenants de l'OHI (états membres, organisations internationales, industries...). L'objectif était, dans un premier temps, de donner les intentions de l'équipe projet à la communauté et d'ajuster le document en fonction des commentaires attendus en retour. Cette étape a eu pour conséquence d'apporter plusieurs changements dans la rédaction du document. Tout d'abord, l'équipe avait volontairement privilégié l'utilisation des définitions issues du vocabulaire international de métro-

logie (JCGM 200 :2012 - VIM Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM) 3^e édition – Version 2008 avec corrections mineures⁶). Il s'est avéré que l'utilisation des termes employés dans le VIM n'étaient pas forcément bien compris et pouvaient nuire à la lisibilité du document. Il a été décidé d'utiliser un vocabulaire "plus conforme" à l'univers hydrographique, en se rapprochant le plus possible des définitions officielles du VIM. Ensuite, cette relecture par le réseau OHI a mis en évidence le besoin d'un ordre plus restrictif, motivé notamment par les pays en bordure de la mer baltique. Les résultats du questionnaire ne montrant pas de contre-indication, l'ordre exclusif a été introduit suite à cette étape. Il est à noter que cet ordre, plus contraignant que l'ordre spécial, est déjà employé par le Canada ou l'Australie, avec quelques nuances entre eux. Enfin, cette relecture a également permis d'ajuster quelques chapitres comme celui sur les métadonnées ou sur "la matrice de spécifications".

Enfin, le quatrième et dernier pilier identifié dans ce chapitre est composé de l'équipe elle-même et en particulier des participants aux cinq réunions qui se sont déroulées au cours de ces trois années avec les travaux complémentaires nécessaires entre ces rencontres. En effet, si l'équipe projet est officiellement composée de quarante-sept membres, ce sont bien vingt à vingt-cinq personnes, qui étaient présentes lors des cinq réunions et qui

ont fourni un travail constant durant ces trois années de collaboration (figure 4). L'équipe est composée d'hydrographes et de cartographes (certifiés ou non), de géophysiciens, d'experts en instrumentations (acoustique, laser...) et provenant d'horizons divers (industries, académies, services hydrographiques, services cartographiques...). Cette diversité représente une mosaïque de compétences qui, une fois "mise en musique", a permis de délivrer un travail qualitatif, dans un temps relativement court pour une organisation internationale.

La nouvelle norme et ses changements

Le 14 septembre 2020, l'édition 6 de la S-44 est officiellement publiée et mise en ligne (figure 5). En théorie, elle remplace l'édition précédente, en pratique, il faudra certainement quelques mois pour sa bonne prise en main par les différents services hydrographiques ou les autorités en charge des levés.

Par rapport à la cinquième édition, la nouvelle version a été entièrement réécrite. L'un des nombreux enjeux a notamment été de supprimer toutes les références liées à la méthodologie d'acquisition ou aux technologies à employer – cela fait en effet partie des prérequis attendus pour ce type de document. Ainsi, la notion d'espa-



Figure 5. Couverture de la norme S-44 sixième édition.

6 https://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf

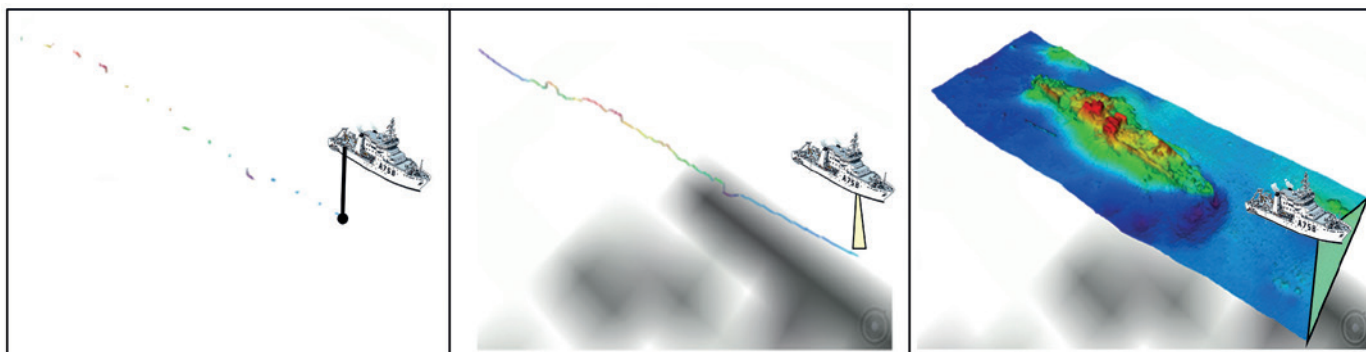


Figure 6. Résultats, en couverture bathymétrique sur une même zone, d'une acquisition au plomb suiffé, au monofaisceau et au multifaisceaux – mise en évidence de la disparité des résultats bathymétriques le long de la route navire pour ces trois technologies différentes.

cement entre les routes navire pour les ordres 1b et 2, ou la mention du LiDAR bathymétrique dans l'ordre 1b, ne pouvaient plus être conservées. Par ailleurs, comme évoqué plus haut, imposer des espacements entre les routes implique une couverture bathymétrique dépendant des technologies utilisées. En effet, avec la méthode "historique" de mesure de hauteur d'eau au fil à plomb (plus utilisée de nos jours, mais intéressante pour l'exercice), l'acquisition de données bathymétriques ne se fait que sur quelques points, à la verticale du navire et le long de sa route ; avec un monofaisceau (encore largement utilisé aujourd'hui), l'acquisition se fait en continu, à la verticale du navire et le long de sa route ; avec un multifaisceaux (système moderne d'hydrographie de plus en plus fréquemment mis en œuvre), l'acquisition se fait sur une zone étendue de bâbord à tribord, à la verticale du navire et le long de sa route (figure 6).

Enfin, il faut souligner que la méthodologie d'un levé, consistant à suivre des routes parallèles, est mise à mal en particulier par les technologies modernes de scan-laser sous-marin. Pour pallier cette problématique, la notion de "couverture bathymétrique" a été introduite. Ainsi, on ne parle plus d'espacement entre les routes, mais d'un pourcentage de couverture bathymétrique à réaliser. Cette notion a fait débat et a demandé un travail particulier de rédaction. Cette couverture bathymétrique vient en complément de la zone de recherche d'objet à couvrir. L'exemple de l'ordre 1a

est à ce titre intéressant : ses exigences imposent en particulier, sur toute la zone du levé, une recherche d'objet de 2 m de côté (jusqu'à 40 m de profondeur et 10 % de la hauteur d'eau au-delà), soit un *feature search* = 100 % et l'ordre 1a autorise une couverture bathymétrique qui peut ne pas être totale, soit un *bathymetric coverage* ≤ 100 %. On s'autorise ainsi des trous de couverture bathymétrique, mais on impose la détection d'objet sur toute la zone.

En complément de cette notion de couverture bathymétrique, permettant de supprimer les dépendances méthodologiques et technologiques, une autre évolution sensible a été l'introduction de l'ordre exclusif évoqué plus haut. Cette appellation n'est pas nouvelle pour la communauté hydrographique, car elle est déjà utilisée par certains pays pour des besoins spécifiques de sécurité de navigation dans des zones extrêmement critiques comme le Saint-Laurent au Canada ou le détroit de Torrès en Australie. Cet ordre, dit "exclusif", possède cependant quelques nuances entre les pays. Un recensement de ces spécifications locales a permis de converger vers l'ordre exclusif tel que défini dans l'édition 6. Ces spécifications minimales sont les suivantes : l'intervalle de confiance pour 95 % des mesures de hauteur d'eau est de $\pm \sqrt{0.25^2 + (0.0075d)^2}$, le positionnement horizontal des mesures sur le fond est à ± 1 m pour 95 % des mesures, la détection des objets de 50 cm de côté est imposée et la recherche d'objet doit être faite en double sur toute la zone (200 %), tout comme la couverture bathymé-

trique qui doit être doublée également (200 %). En pratique, certains services hydrographiques s'imposent déjà ces exigences. Cet ordre exclusif participera notamment à la création de surfaces numériques de terrain en haute résolution qui alimenteront les futurs standards cartographiques en préparation à l'OHI pour l'horizon 2024 (couche bathymétrique S-102⁷, cadrée par la future norme S-100⁸ de l'OHI).

La table 3 présente les cinq ordres définis dans la sixième édition avec, comme nous l'avons vu, l'ordre exclusif et la notion de "couverture bathymétrique" en nouveautés. Les critères liés au positionnement du trait de côte ou aux aides à la navigation sont dorénavant définis dans un tableau distinct. Pour ces derniers critères, le paramètre de positionnement vertical a été introduit et représente une nouveauté non négligeable.

Enfin, le dernier élément représentant une réelle évolution par rapport aux éditions précédentes est la "matrice de spécifications". Elle a été pensée afin d'ouvrir la S-44 à d'autres besoins que la sécurité de la navigation.

Cette volonté a été exprimée dès les premières discussions et confirmée par le questionnaire. Ainsi, si les cinq catégories d'ordres représentent bien le minimum à atteindre pour les levés destinés à la sécurité de la navigation, la matrice, quant à elle, est à utiliser pour tous les autres besoins. Ces autres besoins peuvent être très divers et ne sont pas spécifiquement normalisés : le dragage, l'inspection d'ouvrage, l'archéologie, la géophysique... On arrive ici en limite d'exercice puisque la S-44 ne peut pas imposer une norme

7 <http://s100.iho.int/S100/product%20specification/division-search/s-102-bathymetric-surface>

8 https://iho.int/iho_pubs/standard/S-100_Index.htm



| Reference | Criteria | Order 2 | Order 1b | Order 1a | Special Order | Exclusive Order |
|---|---|--|---|---|---|--|
| Chapter 1 | Area description (Generally) | Areas where a general description of the sea floor is considered adequate. | Areas where underkeel clearance is not considered to be an issue for the type of surface shipping expected to transit the area. | Areas where underkeel clearance is considered not to be critical but features of concern to surface shipping may exist. | Areas where underkeel clearance is critical | Areas where there is strict minimum underkeel clearance and manoeuvrability criteria |
| Section 2.6 | Depth THU [m] + [% of Depth] | 20 m + 10% of depth *Ba5, Bb2 | 5 m + 5% of depth *Ba8, Bb3 | 5 m + 5% of depth *Ba8, Bb3 | 2 m *Ba9 | 1 m *Ba10 |
| Section 2.6 Section 3.2 Section 3.2.3 | Depth TVU (a) [m] and (b) | a = 1.0 m b = 0.023 *Bc7, Bd4 | a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6 | a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6 | a = 0.25 m b = 0.0075 *Bc10, Bd8 | a = 0.15 m b = 0.0075 *Bc12, Bd8 |
| Section 3.3 | Feature Detection [m] or [% of Depth] | Not Specified | Not Specified | Cubic features > 2 m, in depths down to 40 m; 10% of depth beyond 40 m *Be5, Bf3 beyond 40m | Cubic features > 1 m *Be6 | Cubic features > 0.5 m *Be9 |
| Section 3.4 | Feature Search [%] | Recommended but Not Required | Recommended but Not Required | 100% *Bg9 | 100% *Bg9 | 200% *Bg12 |
| Section 3.5 | Bathymetric Coverage [%] | 5% *Bh3 | 5% *Bh3 | ≤ 100% *≤ Bh9 | 100% *Bh9 | 200% *Bh12 |

Table 3. Exigences des cinq catégories de levés hydrographiques (S-44 sixième édition, OHI – 2020).

pour ces besoins très disparates, aux exigences diverses, mais l'idée est bien de proposer un outil qui serait utilisé par la communauté afin de spécifier un levé selon un juste besoin. La matrice de spécifications offre alors une sorte de "menu" unique dans lequel "piocher" pour spécifier un levé.

Pour construire cet outil, les critères de la *table 3* ont été repris avec, pour chacun, une proposition d'une série de valeurs possibles, du moins contraignant au plus exigeant (*voir table 4*). Dans les listes de valeurs utilisées pour remplir la matrice, on retrouve bien évidemment les valeurs utilisées par les cinq ordres, mais également des valeurs utilisées

par les cartographes ou dans d'autres ordres locaux plus ou moins connus. Ce concept de matrice est ici évolutif puisque des critères peuvent être ajoutés par des lignes additionnelles et des valeurs peuvent venir compléter la série, par l'ajout de colonnes. Dans les années à venir, nous verrons comment la communauté s'appropriera cet outil.



| | Criteria | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----------|--|------|------|------|-------|------|-------|------|--------|-------|-------|------|------|-----|------|
| B | BATHYMETRY | | | | | | | | | | | | | | |
| a | Depth THU [m] | 500 | 200 | 100 | 50 | 20 | 15 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0.5 | 0.35 | 0.1 | 0.05 |
| b | Depth THU [% of depth] | 20 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | | | | | | |
| c | Depth TVU "a" [m] | 100 | 50 | 25 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.25 | 0.2 | 0.15 | 0.1 | 0.05 |
| d | Depth TVU "b" Note 1 | 0.20 | 0.10 | 0.05 | 0.023 | 0.02 | 0.013 | 0.01 | 0.0075 | 0.004 | 0.002 | | | | |
| e | Feature Detection [m] | 50 | 20 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0.75 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.25 | 0.2 | 0.1 | 0.05 |
| f | Feature Detection [% of Depth] | 25 | 20 | 10 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0.5 | 0.25 | | | | | |
| g | Feature Search [%] | 1 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 75 | 100 | 120 | 150 | 200 | 300 | |
| h | Bathymetric Coverage [%] | 1 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 75 | 100 | 120 | 150 | 200 | 300 | |

Table 4. Matrice de spécification (partie bathymétrique) – S-44 édition 6.



Par ailleurs, aux critères bathymétriques ont été ajoutés les critères de positionnement des aides à la navigation et du trait de côte, les critères de mesures de courant et enfin, des critères sur la nature des fonds. Ainsi, la matrice de spécifications est composée de quatre blocs, représentant les quatre thèmes utilisés dans la S-44 pour définir les ordres, mais avec une liste de valeurs permettant de composer les spécifications d'un levé afin de répondre à un juste besoin. L'intérêt peut aussi être double dans la mesure où, en plus d'être utilisé pour la définition d'un levé, l'outil peut également être exploité pour représenter la qualification d'un levé *a posteriori*, après contrôle, en affichant pour chaque critère une meilleure ou plus mauvaise réalisation par rapport aux spécifications initiales.

D'autres changements ont évidemment été apportés, les plus importants venant d'être décrits, on peut cependant également noter qu'il est maintenant essentiel de préciser l'époque de réalisation d'un système géodésique dans les métadonnées d'un levé et que cette information doit être prise en compte dans le bilan des incertitudes des mesures.

Conclusion

Comme nous l'avons vu, la connaissance du contexte international permet d'apporter un éclairage indispensable sur les enjeux d'une norme éditée par l'Organisation hydrographique internationale. En particulier pour la norme S-44 sur les levés hydrographiques, sa présentation, au travers de son contenu général et de ses précédentes éditions, souligne son importance et l'influence des évolutions technologiques provoquant logiquement les révisions successives. L'équipe projet de l'OHI mise en place en 2017 et chargée de revoir la cinquième édition de la norme S-44, a permis la publication de la sixième, après plus de trois années de travail. Ce projet a reposé sur quatre piliers structurants permettant cette révision par itérations successives, de manière cohérente et dans un délai relativement court à l'échelle d'une organisation internationale. L'édition

six de la S-44 est maintenant applicable et disponible sur le site de l'OHI, en langue anglaise – la version française devrait être publiée début 2021. De par les évolutions apportées, cette nouvelle édition est dorénavant indépendante de la technologie ou de la méthodologie employée dans la réalisation des levés hydrographiques et elle propose une ouverture vers des besoins, autres que ceux imposés par la sécurité de la navigation, au travers d'un concept de "matrice de spécifications". Après ce travail réalisé par l'équipe projet, l'OHI vient de décider la création d'un groupe de travail, plus pérenne, chargé entre autres tâches, de maintenir et promouvoir la S-44. ●

Remerciement

L'auteur remercie évidemment les membres de l'équipe projet qui ont assisté aux réunions et aux travaux intersessions et par cela construit cette nouvelle édition de la S-44 et en particulier ses membres français : Florian Imperadori, Ronan Pronost, Thierry Schmitt, (Shom) et Fabien Germond, David Vincentelli (iXblue).

Contact

Christophe VRIGNAUD

Président de l'équipe projet de l'OHI chargé de revoir la norme S-44, Shom.
christophe.vrignaud@shom.fr

ABSTRACT

In September 2020, the International Hydrographic Organization published the Sixth Edition of the Hydrographic Survey Standard (IHO Standard S-44). This document is the only standard of international scope dealing with specifications for hydrographic surveys. This publication has been made possible by the work of over three years, carried out by a team made up of representatives of IHO Member States, representatives of industry and observers. This sixth edition, without being a revolution, brings real changes logically expected by the hydrographic community.



COMMANDEZ "LES RÉFÉRENCES DE TEMPS ET D'ESPACE" AU PRIX DE 35,00 €
17 x 24 cm, 484 pages
frais de port inclus (France)

M/Mme Nom : _____

Prénom : _____

Société ou organisme : _____

Adresse : _____

Code postal :

Ville : _____

Tél. :

Fax :

Courriel : _____

Date : _____

Signature _____

Bulletin de commande à retourner accompagné d'un chèque à l'Association francophone de topographie
73, avenue de Paris
94165 SAINT-MANDÉ Cedex
Tél. : +33 (0) 1 43 98 84 80
Achat également sur Internet : www.aftopo.org