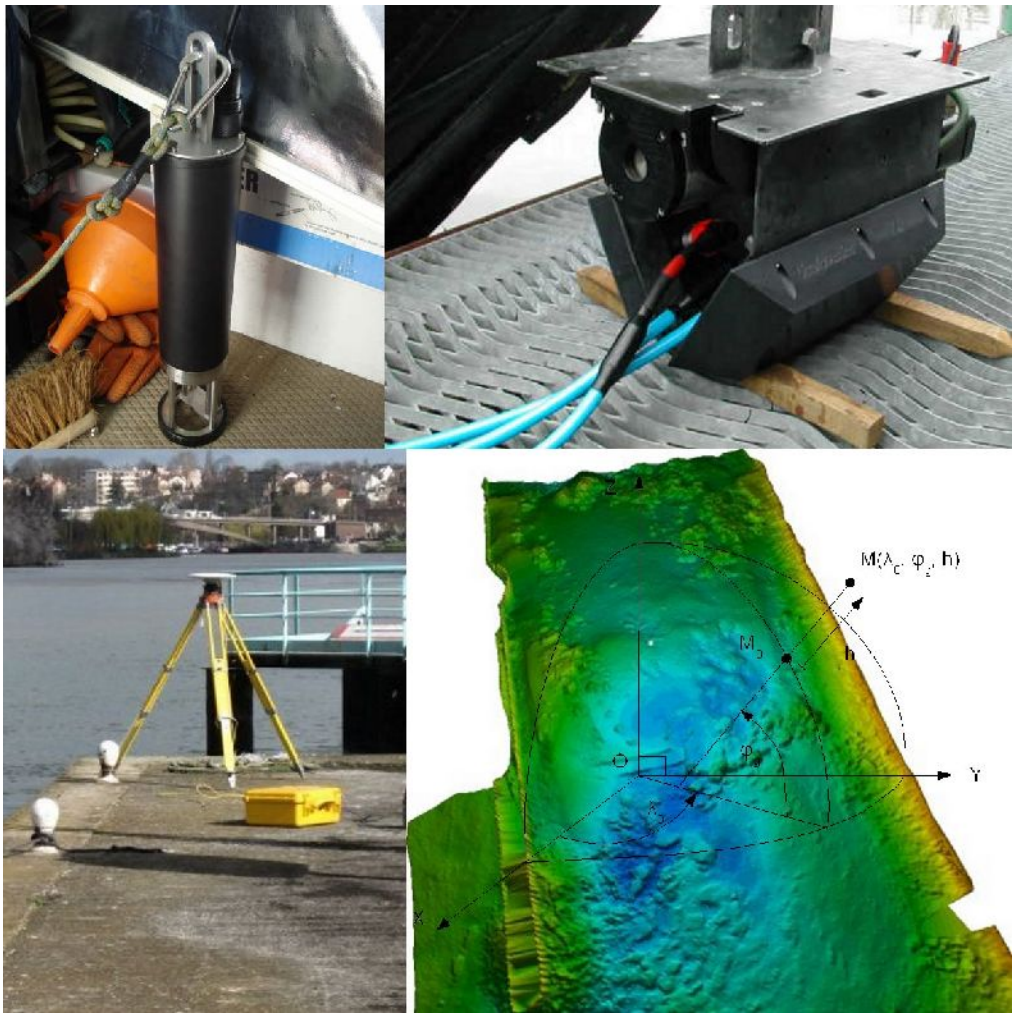
Association pour la Promotion de l'HYdrographie

Recommandations pour la conduite d'un levé bathymétrique

réalisé dans le domaine portuaire, côtier ou fluvial



Révisions

N° révision	Auteur	Date	Observations
V 1.0	GT Qualité	04/08/05	Création du document
V 1.1	GT Qualité	09/09/05	Mise au point du document
V1.1	Cetmef et pilote	15/09/05	Relecture
V1.1	Pilote	01/10/05	Mise en forme
V1.1	GT Qualité	10/01/06	Mise en cohérence de l'ensemble du document
V1.2	GT Qualité	16/02/06	Approbation et diffusion
V1.3	GT qualité	11/05/06	Prise en compte des remarques des hydrographes
V1.4	GT qualité	02/10/06	Mise en forme
V1.5	Cetmef et SHOM	15/10/08	Mise à jour et corrections

Ce document est publié et tenu à jour par l'association.

Sommaire

1. INTRODUCTION....6

1.1 Le rôle de l'hydrographie....6
1.2 Recommandations de la FIG....7
1.3 Le groupe de travail de l'association....7
1.3.1 Les membres....7
1.3.2 Principales étapes de la réflexion....7
1.4 Enquete preliminaire....8

2. ORGANISATION D'UN LEVÉ BATHYMETRIQUE....9

2.1 Logigramme....9
2.2 Données d'entrée du processus de levé bathymétrique....11
2.2.1 Prise en compte de la demande de travail....11
2.2.1.1 Cahier des charges d'un levé bathymétrique....11
2.2.1.2 Classes de produit APHY....11
2.2.2 Transmission aux hydrographes....11
2.3 Acquisition des mesures....11
2.3.1 Préparation du levé....11
2.3.2 Réalisation du levé....12
2.3.3 Documents issus du S.H.O.M....13
2.3.3.1 Norme SHOM Points géodésiques et repères de nivellement – V0.1....13
2.3.3.2 Norme SHOM Mesures des hauteurs d'eau – V1.0....13
2.3.3.3 Guide technique SHOM Référentiels géodésiques - coordonnées – V1.0....14
2.3.3.4 Guide technique SHOM Mesures marégraphiques - V2.1....14
2.4 Données de sortie du processus....14
2.5 Missions specifiques aux services....15
2.6 Processus soutien....16
2.6.1 Suivi métrologique du matériel de mesure....16
2.6.2 Formation....16

3. RECOMMANDATIONS APHY POUR UN LEVÉ BATHYMETRIQUE....17

3.1 Les levés bathymétriques....17
3.1.1 Clients des membres de l'APHY....17
3.1.2 Cahier des charges....17
3.1.3 Norme OHI S 44....18
3.1.4 Classes de produit APHY pour les levés hydrographiques....18
3.1.5 Méthodologie des levés bathymétriques....20
3.1.5.1 Systèmes bathymétriques....20
3.1.5.2 Définition des travaux à effectuer....21
3.1.5.3 Mesures complémentaires – corrections et réductions....23
3.1.5.4 Application des classes de produits....25
3.1.5.5 Contrôle de la qualité des données bathymétriques – Profils traversiers....26
3.1.5.6 Cas des fonds vaseux lors de la recherche du fond navigable....26
3.2 Références : position, altitude....27
3.3 Traitement des donnees....28
3.3.1 Niveaux de traitement des données....28
3.3.2 Données....28
3.3.3 Principes de traitement....29
3.4 Caractérisation des levés....32
3.5 Responsabilités....32
3.6 Sauvegarde des données....33
3.7 Transmission des donnees au shom....33

Annexes

ANNEXE 1 - Références

ANNEXE 2 - Glossaire

ANNEXE 3 - Cahier des charges d'un levé bathymétrique

ANNEXE 4 - Cahier de préparation de levé et journal d'intervention

ANNEXE 5 - Contenu d'un rapport de levé

ANNEXE 6 - Recommandations pour la gestion des systèmes de mesure

1. INTRODUCTION

Lors de l'assemblée générale de 2000 à la Rochelle, l'association DALI décide de créer un groupe de travail, dénommé « Qualité des informations hydrographiques ».

Les objectifs initiaux ont été définis lors de la première réunion du groupe de travail, le 5 juillet 2001, à savoir :

- ✔ élaborer des recommandations pour la mise en oeuvre des processus participant à la fourniture des informations hydrographiques,
- ✔ mettre en œuvre une procédure de certification s'appuyant sur le document précédent (cette action reste au libre choix des services),
- ✔ proposer une procédure de diffusion des processus définis,
- ✔ faire évoluer les processus en fonction des retours d'expérience.

Le présent document constitue les recommandations établies par le groupe de travail en matière de levés hydrographiques.

Il est destiné aux services membres de l'association mais également à toute entreprise ou service ordonnant ou réalisant des levés bathymétriques dans le domaine portuaire, côtier ou fluvial.

Il constitue une référence qui doit :

- ✔ permettre aux hydrographes de mieux justifier de la qualité de leur travail,
- ✔ guider les maîtres d'ouvrages dans l'expression de leur besoin (rédaction du cahier des charges), dans le choix du prestataire, et lors de la réception des travaux.

Les recommandations s'appuient sur les documents mis en œuvre par les membres de l'APHY, ayant formalisés leur méthode de travail. Ce document pourra constituer un point de départ pour une démarche de certification ISO.

Son application dans l'ensemble des services aura l'intérêt de donner le statut de règles de l'art à ces recommandations et d'unifier la profession dans ces pratiques.

Il conviendra de faire évoluer ces recommandations en fonction des retours d'expérience.

1.1 LE RÔLE DE L'HYDROGRAPHIE

Le rôle de l'hydrographie dans les ports et sur les voies d'eau navigables n'est plus à démontrer. Les enjeux qui lui sont rattachés sont énormes tant en terme de sécurité de la navigation et de prévention des risques, qu'en terme financier. Des opérations d'hydrographie précises, permettent en particulier :

- ✔ de procéder à une surveillance maîtrisée des fonds afin de programmer leur entretien et garantir la sécurité des usagers,
- ✔ de définir au plus juste le tirant d'eau des navires admissibles dans les chenaux, afin d'utiliser au mieux les profondeurs disponibles (incidence sur le chargement des navires),
- ✔ d'optimiser le coût des travaux de dragage, grâce à une définition plus précise des zones à draguer et des volumes de matériaux à extraire, et à un contrôle plus efficace de l'avancement des chantiers,
- ✔ d'appuyer sur des bases solides toute étude d'aménagement portuaire, côtier ou fluvial,
- ✔ d'appréhender les mécanismes d'évolution des fonds et de définir en conséquence une stratégie pertinente d'entretien et d'exploitation,
- ✔ assurer une connaissance des fonds dans le cadre de la prévention du risque inondation,
- ✔ de contrôler le mouillage des voies navigables intérieures.

Les objectifs ci-dessus ne peuvent être pleinement atteints qu'à condition que les opérations concernant l'organisation et la réalisation des levés hydrographiques soient réalisées dans les règles de l'art de la profession.

1.2 RECOMMANDATIONS DE LA FIG

Dans sa publication n° 8 1994 [a], relative à l'hydrographie dans les ports, disponible sur le site internet de l'association, la Fédération Internationale des Géomètres (F.I.G.), justifiant le "besoin d'une hydrographie adéquate dans les ports", est d'avis en matière de normes des levés hydrographiques et de la cartographie marine que tout levé hydrographique ou établissement de cartes portuaires doit se conformer aux normes internationales telles que publiées par le Bureau Hydrographique International (BHI) à Monaco.

Selon la F.I.G., les services portuaires devront adopter les normes acceptées au niveau international pour les levés hydrographiques, telles qu'elles sont publiées dans le document du BHI S-44 [b].

La norme OHI (S 44) a pour objectif de préciser les normes minimales en matière de levés hydrographiques afin que les informations hydrographiques soient suffisamment précises pour être exploitées par les navigateurs.

Le présent document s'appuie sur la norme S-44 pour la classification des levés réalisés par les membres de l'APHY.

1.3 LE GROUPE DE TRAVAIL DE L'ASSOCIATION

1.3.1 Les membres

Ils ont été choisis de manière à disposer d'une large représentativité :

- ✔ des sites (estuaires, ports de façade maritime, littoral, canaux, rivières, lacs, …),
- ✔ des matériels,
- ✔ des types de levés,
- ✔ des éventuelles procédures déjà mises en place dans les services.

Ont participé à cette étude :

- ✔ le Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales,
- ✔ la Direction Départementale de l'Equipement de Charente Maritime,
- ✔ Electricité De France,
- ✔ le Groupement d'Intérêt Economique Dragages-Ports,
- ✔ le Port Autonome de Bordeaux,
- ✔ le Port Autonome de Nantes-Saint-Nazaire,
- ✔ le Port Autonome du Havre,
- ✔ le Port Autonome de Marseille,
- ✔ le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine,
- ✔ le Service Maritime des ports de Boulogne-sur-mer et de Calais,
- ✔ le Service de Navigation de la Seine,
- ✔ les Voies Navigables de France,
- ✔ la Compagnie Nationale du Rhône.

1.3.2 Principales étapes de la réflexion

Les principales étapes de la réflexion ont été les suivantes :

- ✔ synthèse sur les pratiques existantes : la liste de tâches identifiées après enquête auprès de services types (PA du Havre, PA de Bordeaux, PA de Nantes-Saint-Nazaire, CNR, SN Seine) est présentée au § 1.4,
- ✔ définition du logigramme du processus de levé bathymétrique (cf. § 2.1) et identification des différents documents s'y rattachant,
- ✔ rédaction de recommandations, à partir des pratiques et des documents existants issus des services ainsi que du SHOM.

1.4 ENQUETE PRELIMINAIRE

Une enquête a été réalisée auprès de services types : Port Autonome du Havre, Port Autonome de Bordeaux, Port Autonome de Nantes-Saint-Nazaire, Compagnie Nationale du Rhône et Service de Navigation de la Seine.

Son objectif était de recueillir les pratiques de ces services et à partir de celles-ci de dégager et d'identifier les étapes nécessaires à la réalisation, au traitement et à la restitution d'un levé.

Cette enquête a permis d'identifier la liste des activités du processus de levé bathymétrique :

1. Prise en compte des demandes et traduction de la demande en termes hydrographiques
2. Transmission des consignes aux hydrographes
3. Mise en route de la vedette et des équipements embarqués
4. Contrôle de la qualité des données (avant, pendant et après le levé)
5. Définition des paramètres du sondeur et autres capteurs associés
6. Acquisition des données
7. Traitement des données de sondage
8. Validation du traitement des données de sondage
9. Qualification des données traitées
10. Diffusion des documents (plans, fichiers, rapports, courrier,…)
11. Diffusion des alertes en provenance du service hydrographique
12. Sauvegarde des fichiers de sondage
13. Archivage des documents (papier et informatique)
14. Maintenance de la vedette et des équipements embarqués (préventive et corrective)
15. Suivi métrologique des matériels de mesure
16. Contrôle et maintenance des équipements participant à la réduction du Z
17. Gestion de la formation (compétences requises et conditions de validation de celles-ci)
18. Maîtrise des conformités réglementaires (respect des normes et textes réglementaires applicables)
19. Mise à jour des procédures

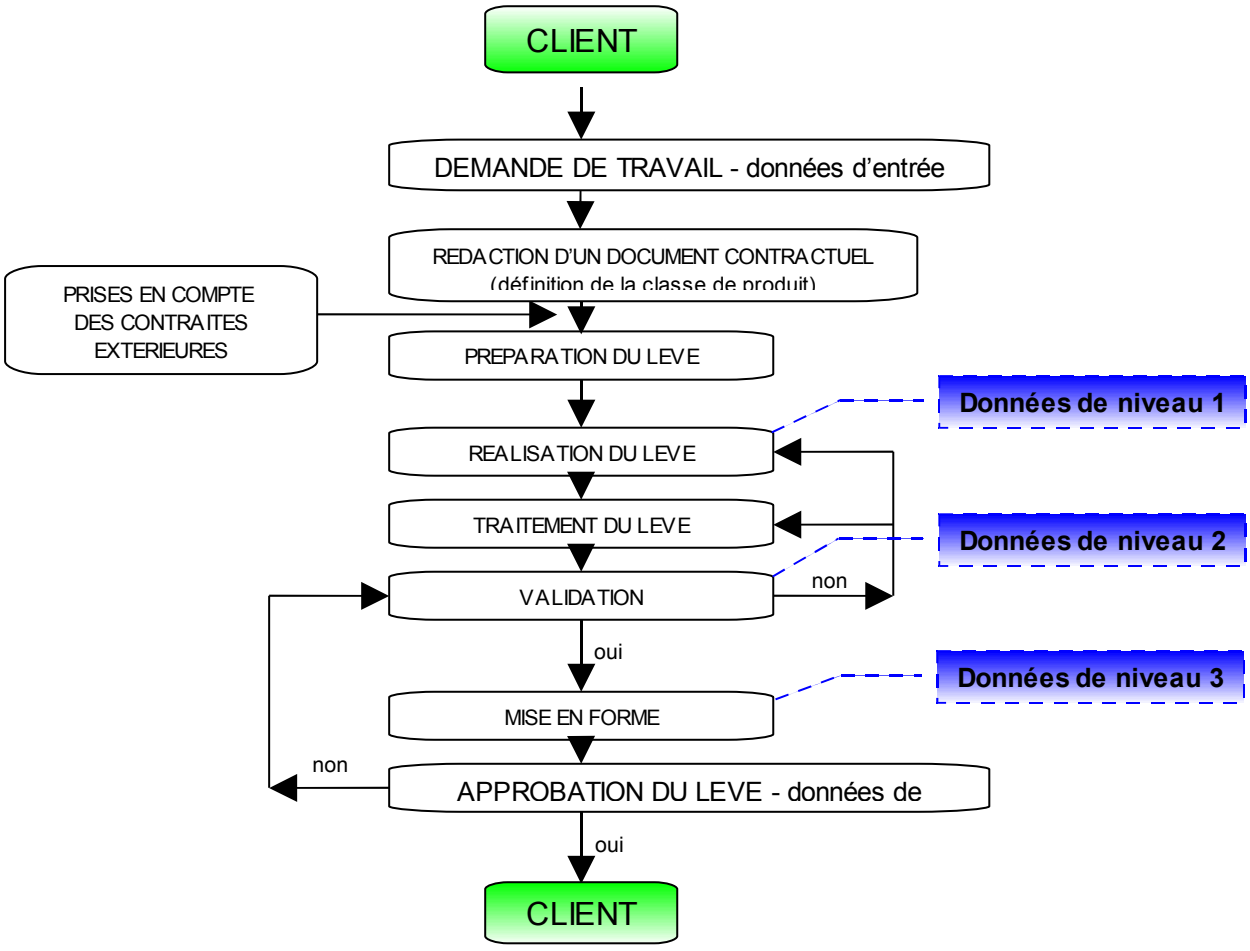
Cette liste globale fait apparaître :

- ✔ des éléments qui peuvent servir de règle commune à tous les services et qui pourraient donc constituer la base de recommandations d'hydrographie,
- ✔ des éléments propres à chaque service, directement liés aux équipements mis en œuvre, aux moyens humains et à l'organisation du service.

2. ORGANISATION D'UN LEVÉ BATHYMETRIQUE

2.1 LOGIGRAMME

L'organisation d'un levé bathymétrique est détaillée dans le logigramme suivant :



Les **données de niveau 1** sont les mesures brutes issues des capteurs. Elles sont réalisées sous la responsabilité de l'hydrographe.

Les **données de niveau 2** sont les sondes, c'est-à-dire les mesures traitées, géoréférencées et vérifiées par le responsable des levés.

Les **données de niveau 3** sont les données mises en forme (produit) et sont diffusées sous la responsabilité de l'approbateur (chef de service).

2.2 DONNÉES D'ENTRÉE DU PROCESSUS DE LEVÉ BATHYMÉTRIQUE

2.2.1 Prise en compte de la demande de travail

La prise en compte de la demande de travail doit répondre aux questions suivantes :

- ✔ Comment la demande de travail est transmise au service ?
- ✔ Quel est le lieu de réception de la demande ?
- ✔ Quelles sont la ou les personnes désignées pour réceptionner la demande ?
- ✔ Comment s'effectue la transmission de la demande au sein du service ?
- ✔ Comment est hiérarchisé le travail et par qui ?
- ✔ Quels sont les clients habituels et leurs besoins en matière d'hydrographie ?
- ✔ Quelle est en général la destination et la forme du travail demandé ?

2.2.1.1 Cahier des charges d'un levé bathymétrique

Les demandes adressées aux services hydrographiques étant généralement mal formulées, il est alors nécessaire de s'enquérir des besoins réels du client (quel est le destinataire final du levé demandé et à quoi va-t-il servir) et de traduire ceux-ci en termes hydrographiques.

Un cahier des charges type a été rédigé pour guider le client dans l'expression de son besoin (cf. annexe 3). Un exemple de cahier des charges de commande d'un levé bathymétrique est également disponible sur le site internet de l'association APHY.

Les spécifications techniques particulières demandées dans le cahier des charges s'appuient en grande partie sur la définition des classes de produits décrites dans le paragraphe suivant.

2.2.1.2 Classes de produit APHY

Une classe de produit correspond à un type de prestation réalisée par le service hydrographique.

Le groupe de travail a défini 4 classes de produit communes à l'ensemble des services (elles sont présentées § 3.1.4).

Celles-ci s'appuient sur la norme S-44 4ème édition de l'OHI [b].

2.2.2 Transmission aux hydrographes

L'hydrographe reçoit du responsable des levés, le cahier des charges du levé définissant la classe de produit, ainsi que les contraintes extérieures dont il doit tenir compte.

Les contraintes extérieures peuvent être les suivantes :

- ✔ consignes, règles particulières au secteur à lever (consignation d'ouvrage, plan de prévention),
- ✔ conditions d'environnement : vent, agitation du plan d'eau, hydrologie (débit, courant), visibilité, présence de flottants, plage de marée, nature du fond, turbidité …
- ✔ …

2.3 ACQUISITION DES MESURES

2.3.1 Préparation du levé

La préparation du levé concerne principalement la rédaction du cahier de préparation de levé dont un modèle est proposé en annexe 4.

Le cahier de préparation de levé précise le travail à effectuer, le matériel à utiliser pour réaliser le levé.

Il est rédigé par l'hydrographe en collaboration avec le responsable des levés.

Le modèle de cahier de préparation de levé présenté en annexe 4 mentionne :

- ✔ l'équipe de travail,
- ✔ des renseignements sur le site sur le plan pratique,
- ✔ des informations hydrographiques concernant la zone à lever,
- ✔ des moyens mis en œuvre (matériels et logiciels),
- ✔ du planning.
- ✔ Ce modèle n'est pas à respecter à la lettre mais à adapter en fonction :
- ✔ de l'organisation du service,
- ✔ de la répétitivité des sondages sur la zone spécifiée,
- ✔ de toutes les spécificités autres.

2.3.2 Réalisation du levé

Lors de la réalisation, un journal d'intervention est rempli par l'hydrographe.

Un modèle de journal d'intervention est présenté également en annexe 4. Il fait mention de :

- ✔ La dénomination de l'équipe de travail,
- ✔ Les moyens nautiques et matériels utilisés,
- ✔ Le contrôle du positionnement,
- ✔ L'altitude du plan d'eau,
- ✔ La mesure de la célérité,
- ✔ Des notes concernant la navigation (événements, fonctionnement des appareils, numéro, début et fin des profils, sauvegarde données),
- ✔ Le contrôle avant la fin du levé,
- ✔ Le retour du matériel ;

2.3.3 Documents issus du SHOM

Les documents suivants sont issus du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (S.H.O.M). Ils constituent un support pour l'acquisition des mesures.

Ils sont publiés et tenus à jour par :

SHOM
Direction des opérations
13, rue du Chatellier
CS 92803
29228 Brest cedex 2
tél. 02 98 22 15 84 (secrétariat)
fax. 02 98 22 12 08

Leur diffusion est réglementée par le SHOM.

2.3.3.1 Norme SHOM Points géodésiques et repères de nivellement – V0.1

Ce document [f] définit les informations à recueillir pour décrire les points géodésiques et les repères de nivellement, et les informations numériques à transmettre au SHOM à l'issue des travaux.

Il est destiné :

- ✔ aux producteurs d'information (notamment les missions du SHOM),
- ✔ aux responsables de la gestion des bases de données numériques du SHOM relatives à ce thème,
- ✔ éventuellement, aux utilisateurs des données du SHOM relatives aux points géodésiques et repères de nivellement.

2.3.3.2 Norme SHOM Mesures des hauteurs d'eau – V1.0

Ce document [g] décrit les règles à appliquer au SHOM en matière de mesure in situ des hauteurs d'eau et de traitement des observations correspondantes.

Il définit :

- ✔ le vocabulaire,
- ✔ les objectifs de mesure,
- ✔ les normes d'observation (objectif à atteindre en termes de connaissances et de qualité de la connaissance).

Ce document abroge et remplace l'instruction n°509 SHOM/EM du 11 juin 1982.

2.3.3.3 Guide technique SHOM Référentiels géodésiques - coordonnées – V1.0

Ce guide technique [h] définit les référentiels terrestres à utiliser de préférence pour transmettre des données géoréférencées à l'EPSHOM : informations géographiques, hydrographiques, géophysiques, océanographiques…

Il est destiné :

- ✔ aux producteurs de données géoréférencées,
- ✔ aux gestionnaires des bases de données du SHOM,
- ✔ aux utilisateurs de produits issus de ces bases.

2.3.3.4 Guide technique SHOM Mesures marégraphiques - V2.1

Le guide technique sur la mesure de la marée [i] est destiné à l'ensemble des responsables de mesures marégraphiques classiques travaillant pour ou avec le SHOM (missions hydro-océanographiques, autres organismes...).

Ce manuel définit les procédures de préparation d'une campagne de mesures (choix de l'emplacement de l'observatoire, choix de la technique de mesures, initialisation des appareils) et de la réalisation de ces mesures (calage et contrôle). Enfin, il décrit le contenu des dossiers destinés à être archivés au SHOM à Brest.

Il est le complément technique de la norme sur la mesure des hauteurs d'eau où sont définis le vocabulaire, les normes et la durée d'observation requise pour les différents objectifs à atteindre, et il est complété par les notices d'utilisation des appareils de mesures et des manuels d'utilisation des logiciels de traitement des données.

Ce document abroge et remplace :

- ✔ l'instruction n° 419/M/SH/6 du 14 décembre 1964 ;
- ✔ la note 1048 SHOM/EM du 7 novembre 1974 ;
- ✔ le guide technique « mesures marégraphiques » V1.3 du 01/07/2001.

2.4 DONNÉES DE SORTIE DU PROCESSUS

Les données de sorties sont les données bathymétriques mises en forme accompagnées d'un rapport de levé.

Le contenu d'un rapport de levé est fourni en annexe 5.

Il est rédigé par le responsable des levés en collaboration avec l'hydrographe.

Le rapport de levé contient les éléments suivants :

- ✔ la date et le lieu d'exécution du levé
- ✔ la description des matériels utilisés et leur configuration (version, paramétrage,…)
- ✔ la description de la méthodologie utilisée pour l'acquisition
- ✔ la description de la chaîne de traitement (algorithmes, lissage,…)
- ✔ la description des moyens humains utilisés :
- ✔ la liste de méta données suivantes :
  - ➢ Identification du levé
  - ➢ Description sommaire du levé
  - ➢ Qualité globale des données
  - ➢ Système de localisation
  - ➢ Autres renseignements sur les éléments livrés
  - ➢ Informations sur les données
  - ➢ Origine, support des éléments livrés
  - ➢ Référence des méta données

Ce modèle n'est pas à respecter à la lettre mais à adapter en fonction :

- ✔ de l'organisation du service,
- ✔ de la répétitivité des sondages sur la zone spécifiée,
- ✔ de toutes les spécificités autres.

2.5 MISSIONS SPECIFIQUES AUX SERVICES

Les étapes listées ci-dessous dépendent des matériels utilisés, des logiciels d'acquisition et de traitement utilisés, de l'organisation des services. Elles restent à décrire au niveau des services. Les recommandations pour la réalisation de ces étapes du processus sont données dans la partie 3.

- ✔ Réalisation du levé (définition des paramètres du sondeur…)
- ✔ Acquisition des données
- ✔ Traitement des mesures
- ✔ Mise en forme
- ✔ Validation du produit final
- ✔ Diffusion et stockage des documents

2.6 PROCESSUS SOUTIEN

2.6.1 Suivi métrologique du matériel de mesure

Des recommandations concernant la gestion des systèmes de mesure ont été rédigées ; elles sont fournies en annexe 6. Elles ont pour but de définir les principales règles de mise en œuvre des systèmes de mesure en vue de garantir le respect des exigences des classes de produit de l'APHY.

L'application des recommandations permet de démontrer que le service maîtrise les performances de ses systèmes de mesure.

Cette gestion s'appuie sur des fiches de vie des instruments de mesure. Ces dernières précisent pour chaque instrument de mesure :

- ✔ l'identification du système de mesure,
- ✔ les performances du système de mesure,
- ✔ le programme d'étalonnage et de vérification,
- ✔ le relevé des opérations d'étalonnage et de vérification, et calibrages
- ✔ l'historique des utilisations,
- ✔ le programme de maintenance,
- ✔ le relevé des opérations de maintenance.

Un exemple de fiche de vie de système de mesure est également en annexe 6.

2.6.2 Formation

Au delà des systèmes de mesure, la qualification de l'information hydrographique passe par la qualification des compétences, autrement dit la formation des hydrographes.

Ce thème a été traité par l'association et a fait l'objet d'un rapport de synthèse en 1999. Ce rapport propose des niveaux de qualification pour les hydrographes (H1, H2 et H3) ainsi que les programmes de formation correspondants. En 2007, l'association a mis en place un cycle de formation de niveau H2, sanctionné par un examen final et validé par le SHOM.

3. RECOMMANDATIONS APHY POUR UN LEVÉ BATHYMETRIQUE

Ces recommandations ont été rédigées en appui de la Norme SHOM Levés bathymétriques [e]. La présente partie du document définit les recommandations qu'il convient de respecter lors des travaux hydrographiques réalisés dans le domaine portuaire, côtier ou fluvial.

Elle présente également les données, numériques ou non, à fournir à l'issue d'un levé, ainsi que les principes d'organisation de celles-ci.

Cette partie a pour but :

- ✔ de définir des types de levés bathymétriques (classes de produit),
- ✔ de définir les exigences à respecter pour chaque classe de produit
- ✔ de définir les responsabilités du responsable du levé.

3.1 LES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES

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

3.1.1 Clients des membres de l'APHY

Les principaux clients dont les membres de l'APHY doivent satisfaire les besoins sont :

- ✔ la capitainerie ou services d'exploitation du cours d'eau,
- ✔ les services des dragages,
- ✔ les bureaux d'études internes et externes.

Les levés réalisés pour ces clients répondent aux objectifs suivants :

- ✔ garantie de la sécurité de la navigation,
- ✔ suivi de l'évolution des fonds, de la sédimentation, du transport solide,
- ✔ suivi et contrôle des dragages,
- ✔ suivi et contrôle d'ouvrages,
- ✔ suivi de la réalisation de travaux neufs,
- ✔ gestion des crues,
- ✔ études particulières.

3.1.2 Cahier des charges

Le cahier des charges qui ordonne le levé doit :

- ✔ identifier le client et le type de besoin à satisfaire par les données issues du levé bathymétrique,
- ✔ traduire ce besoin en définissant une classe de produit (type ou catégorie de levé hydrographique) à réaliser.

Les différentes classes de produits identifiés sont décrites au § 3.1.4.

3.1.3 Norme OHI S 44

L'OHI a publié en 2007 la 5ème version de la publication spéciale S44. Le but de cette norme est de fournir des exigences minimales en terme de qualité et de précision concernant les levés

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

La norme S44 définit 4 ordres en fonction du type de la zone levée. Les exigences des ordres sont fonction du degré de sécurité nautique à assurer et de la profondeur de la zone.

Le présent document reprend les spécifications de la S44 en les appliquant aux différents types de levés réalisés par les membres de l'APHY.

3.1.4 Classes de produit APHY pour les levés hydrographiques

Le type de levé (classe de produit) à effectuer est défini par le cahier des charges du levé (contraintes sur les travaux à réaliser) mais peut être adapté par le responsable du levé en fonction des contraintes rencontrées sur site en accord avec le client.

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

Un fichier informatique d'aide à la définition des spécifications techniques des classes de produits est en ligne sur le site internet de l'association. Il propose des exemples de classe de produit concernant la surveillance du chenal navigable.

Le tableau suivant fournit les spécifications requises pour chaque type de levé :

Classes de produit	Sécurité de la Navigation 1	Sécurité de la Navigation 2	Evolution des fonds 1	Evolution des fonds 2
Exemples	surveillance du chenal navigable/zones d'évitage surveillance des souilles recherche d'obstacle surveillance de structure immergée travaux de dragage	surveillance du chenal navigable/zones d'évitage surveillance des souilles surveillance de structure immergée travaux de dragage	calcul des capacités des retenues hydrauliques plans généraux maritimes suivi des dépôts de dragage données pour étude hydraulique et sédimentaire contrôle/surveillance du chenal	levé en transit
Précision horizontale Précision verticale	Ordre Spécial de la S44-OHI	Ordre Spécial de la S44-OHI	Ordre 1 de la S44-OHI	Ordre 2 de la S44-OHI
Densité de points levés	supérieur à 1 point par m²	1 à 2 points par ml	à choisir en fonction de l'étendue de la zone et de la régularité des fonds	
Ecartement maximal entre profils de bathymétrie	choisi de sorte à obtenir l'exploration totale	la plus grande des deux valeurs suivantes : 3 fois la profondeur ou 25m	à choisir en fonction de l'étendue de la zone et de la régularité des fonds	
Ecart toléré par rapport au profil guide	sans objet	± 1/5 de la distance inter-profils (minimum 5 m)	± 1/5 de la distance inter-profils	
Exploration totale	oui	non	suivant les besoins	

Levé type « sécurité de la navigation 1 »

Exemple pour la CNR :

- ✔ Dans le cadre de la surveillance du chenal navigable du Rhône, l'exploration totale du chenal navigable permet de garantir le mouillage défini dans le cahier des charges du concessionnaire de la voie d'eau ; il permet également de surveiller des ouvrages (quai, ports, garage d'écluse, seuil, digue, piège à matériaux) et le contrôle de travaux subaquatiques

(dragages, …). Il consiste à lever des tronçons de cours d'eau sous forme de semis de points permettant la réalisation de cartes bathymétriques.

Exemple pour EDF :

- ✔ Levé bathymétrique multifaisceaux dans les chenaux de prise d'eau des centrales électriques thermiques pour garantir la section d'écoulement de la source froide.
- ✔ Contrôle de l'état d'un batardeau immergé par sondage multifaisceaux en préparation d'une vidange décennale réglementaire de retenue hydro-électrique. Estimation du volume d'eau restant pour gérer la population piscicole en fin de vidange.

Levé type « sécurité de la navigation 2 »

Exemple pour le PANSN :

- ✔ La surveillance des souilles au Port Autonome de Nantes-Saint-Nazaire permet de garantir aux navires amarrés un pied de pilote suffisant quelles que soient les conditions de marée. Ces levés sont exécutés mensuellement, les profils étant longitudinaux par rapport aux bords à quai et espacés chacun de 5 mètres.

Exemple pour EDF :

- ✔ Sur le Rhin, levers bathymétriques monofaisceau au niveau des aménagements hydro-électriques pour connaître l'évolution de la sédimentation en amont des ouvrages, surveiller l'évolution des érosions en aval et contrôler les travaux de dragage (avant-après chantier). L'écart entre profils en travers varie de 10 à 30 m selon les zones et les profondeurs (3,5 m pour le chenal navigable).

Levé type « évolution des fonds 1 »

Exemple pour la CNR :

- ✔ Sur le Rhône, la réalisation de profils en travers tous les 100 m environ constitue la donnée d'entrée de la mise à jour des modèles mathématiques d'écoulement du Rhône. Les modèles permettent alors la vérification des obligations du concessionnaire du cours d'eau (calcul des niveaux de crue, calcul des cotes des plans d'eau de référence pour la navigation).

Exemple pour le PAB :

- ✔ contrôle mensuel d'une passe de chenal de navigation en vue de calculer le tirant d'eau admissible des bateaux.

Exemple pour le PANSN :

- ✔ Au Port Autonome de Nantes-Saint-Nazaire, la surveillance des chenaux de navigation permet de définir le tirant d'eau maximal admissible pour les bateaux désirant rentrer dans l'estuaire de la Loire. Ce type de levé est réalisé mensuellement avec des profils perpendiculaires à l'axe du chenal et espacés chacun de 100 mètres. Les profils sont décalés chaque mois de 50 mètres, ce qui permet tous les 2 mois de recouper les informations sur la zone.

Exemple pour EDF :

- ✔ Levé bathymétrique complet d'une retenue hydro-électrique pour réactualiser sa courbe de capacité (volume d'eau disponible par rapport à la cote du plan d'eau).

Levé type « évolution des fonds 2 »

Exemple pour la CNR :

- ✔ Dans le cadre de la surveillance du chenal navigable du Rhône, un levé de type « évolution des fonds 2 » permet par un contrôle visuel en temps réel, de s'assurer très rapidement du non-engagementt du chenal navigable à l'issue d'un événement susceptible de modifier son état (crue, …).

3.1.5 Méthodologie des levés bathymétriques

3.1.5.1 Systèmes bathymétriques

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

Par exemple, on devra :

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

3.1.5.2 Définition des travaux à effectuer

Un levé bathymétrique est constitué de profils rectilignes généralement parallèles le long desquels sont réalisées les mesures de bathymétrie, et dont l'écartement maximal est défini par les exigences du paragraphe § 3.1.4.

Dans le cas où une exploration totale est spécifiée, qu'elle soit réalisée par la mise en œuvre de capteurs acoustiques à balayage latéral (insonification totale au SMF ou sonar latéral), ou qu'une couverture bathymétrique totale soit spécifiée (levé SMF surfacique), l'espacement entre les profils est défini par les performances en couverture du système mis en œuvre avec un recouvrement suffisant pour répondre aux exigences de la classe de produit.

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

- ✔ levés SMF surfaciques : de préférence parallèle aux isobathes,
- ✔ autres levés : de préférence perpendiculaire aux isobathes.

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

Elle doit assurer le cas échéant une couverture bathymétrique totale, permettre la détection des relèvements avec la résolution spécifiée, et assurer la qualité spécifiée aux données de bathymétrie.

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

On appliquera alors les normes spécifiques à la classe de produit appropriée.

Par ailleurs, la phase de définition des travaux à effectuer doit être précédée d'un travail de recherche afin de définir les relèvements, obstructions, épaves et échos fixes à rechercher à partir des données disponibles (exemple : levés antérieurs, cartes du SHOM, informations disponibles auprès des autorités locales ou des pratiques locaux, ...).

3.1.5.3 Mesures complémentaires – corrections et réductions

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

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

Corrections instrumentales des sondeurs :

Elles sont normalement négligeables si le sondeur a été correctement réglé et leur contrôle fait partie des procédures propres à chaque équipement.

Pour les SMF, il est possible de déterminer des courbes de biais (toutes les autres sources d'erreur ayant été corrigées par ailleurs) sur un fond plat de référence. Cette courbe de biais, si elle est systématique, peut être appliquée aux données pour correction.

Corrections de célérité :

Elles sont de deux types :

- ✔ Pour les sondeurs verticaux : elles permettent de convertir le temps de trajet aller-retour de l'onde acoustique en distance. Cette correction implique la connaissance du profil de célérité réel ou intégré entre le fond et la surface.
- ✔ Pour les sondeurs multifaisceaux : la connaissance du profil de célérité réel est indispensable à la connaissance du trajet réellement suivi par les rayons acoustiques en incidence oblique : calcul précis de la valeur de la sonde et de sa position.

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

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

Corrections d'attitude :

Les corrections d'attitude comprennent la correction des effets :

- ✔ du pilonnement,
- ✔ de roulis,
- ✔ de tangage.

Les données des sondeurs verticaux doivent par ailleurs prendre en compte la valeur du cap du porteur (positionnement des sondes) et être corrigées du pilonnement par mise en œuvre d'un compensateur de houle, d'une centrale d'attitude ou, à défaut et si besoin, en lissant les bandes de sondes.

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

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

Correction d'immersion de la base :

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

- ✔ Contrôles à la barre effectués à faible immersion et en tenant compte de la célérité du son ;

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

On pourra par ailleurs mettre en œuvre un système de mesure de l'altitude ellipsoïdale du porteur avec une précision centimétrique (GPS cinématique) afin de s'affranchir des problèmes d'enfoncement de la base en fonction du chargement du porteur et de sa vitesse. Cette dernière méthode nécessite cependant la connaissance de l'altitude du zéro de réduction des sondes par rapport à l'ellipsoïde du WGS 84 et peut ne pas être applicable.

Dans le cas où cette méthode est mise en œuvre, les exigences de précision du § 3.1.4 s'appliquent aux données ramenées au zéro de réduction des sondes.

Réduction de marée – référence verticale des sondes :

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

Elle est obtenue :

- ✔ Par observations in situ de la marée après adoption d'un zéro de réduction ;
- ✔ Par interpolation entre plusieurs observations effectuées suivant la procédure précédente ;
- ✔ Par calcul à l'aide d'un modèle numérique de marée, validé par l'EPSHOM. Dans le cas où des mesures seraient faites au large ou dans des régions dans lesquelles il n'est pas possible d'effectuer de mesures de marée in situ, les données pourront être corrigées d'une marée issue d'un modèle non calé, s'il est établi que cette correction améliore la qualité des données ;
- ✔ Par mesure de l'altitude du porteur par rapport à l'ellipsoïde du WGS84 en mettant en œuvre un système de mesure de précision centimétrique sur la verticale. Cette solution ne doit être mise en œuvre que si l'altitude du zéro de réduction des sondes sur la zone du levé par rapport à cet ellipsoïde est connue.

3.1.5.4 Application des classes de produits

Les classes de produit définies au paragraphe 3.1.4 s'appliquent aux données de bathymétrie réduites et corrigées. Il est donc indispensable d'établir, en fonction du système mis en œuvre, un bilan des incertitudes prenant en compte toutes les corrections précédentes. Le respect des spécifications définies au paragraphe 3.1.4 par ce bilan peut être utilisé pour justifier la conformité du levé à la norme par le responsable du levé.

Une qualification statistique globale des données doit également être utilisée pour contrôler la qualité du levé : cf. § 3.1.5.5.

La précision du sondeur traduit la qualité d'estimation de la profondeur (précision verticale) et de la position des sondes (précision horizontale) déterminées par le système - cf. [m].

La précision globale dépend :

- ✔ de la précision du sondeur : précision des mesures d'angles et de distance,
- ✔ de la précision des capteurs ou mesures auxiliaires : système de positionnement, centrale d'attitude, mesure de marée, de célérité …

Les mesures comportent :

- ✔ **des erreurs aléatoires** : la mesure fluctue autour d'une valeur moyenne.

  L'incertitude globale a pour origine diverses sources d'erreurs élémentaires, telles que :

  - erreur de mesure acoustique,

- erreur du système de positionnement,
- erreur de mesure du pilonnement,
- erreur de mesure du roulis,
- erreur de mesure du tangage,
- erreur de mesure du cap.

L'incertitude globale est estimée par composition des écarts types des erreurs élémentaires.

✔ **des erreurs systématiques** (ou biais) : la mesure est entachée d'une erreur fixe, éventuellement stable et prédictible.

On peut citer les causes suivantes d'erreur :

- erreur de synchronisation système de positionnement/sondeur,
- erreur de positionnement des antennes,
- erreur de correction de la marée,
- erreur de prise en compte du tirant d'eau,
- erreur d'orientation des antennes,
- erreur de mesure de la célérité.

Les opérations d'étalonnage des sondeurs visent à minimiser les erreurs systématiques.

3.1.5.5 Contrôle de la qualité des données bathymétriques – Profils traversiers

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

On réalisera donc au cours des levés hydrographiques, un réseau de profils dits "traversiers", globalement perpendiculaires aux profils réguliers, avec un écartement maximal de 10 à 15 fois l'écartement du levé régulier. En outre, tout profil du levé régulier devra être coupé par un traversier au moins.

Par ailleurs, dans le cas de levés SMF surfaciques, on utilisera le recouvrement entre fauchées pour améliorer l'estimation de la qualité des données acquises.

L'analyse des recouvrements sera utilisée pour estimer la précision globale des données du levé.

3.1.5.6 Cas des fonds vaseux lors de la recherche du fond navigable

Les ports d'estuaires sont confrontés à une problématique particulière liée à la présence de vase et à l'optimisation des volumes de dragages qui a conduit à la définition de la notion de profondeur navigable qui autorise un navire à naviguer dans la vase en conservant des qualités de navigation suffisantes.

La notion de profondeur navigable a été définie par le Groupe de Travail n°3a) du Comité Technique Permanent II de l'AIPCN dans son rapport intitulé « Navigation au-dessus des fonds de vase » publié en 1983 en tant que profondeur maximale par rapport au plan de référence et qui peut être considérée en toute sécurité comme le fond du chenal pour la navigation.

Ce même groupe de travail a proposé d'utiliser le poids spécifique de la vase comme critère pour définir la profondeur navigable.

Des études complémentaires menées conjointement par les ports de Nantes-Saint-Nazaire, de Bordeaux et le STCPMVN, ont été réalisées sur la caractérisation des vases (densité, viscosité, rugosité, …) et leur implication dans la résistance à l'avancement des navires. Elles ont été suivies de modélisation et d'essais en bassin (caractérisation des vases, modélisation et essais en bassin) qui ont permis de définir les valeurs limites de densité acceptable dont la moyenne est de l'ordre de 1,2.

La définition de cette densité « navigable » pose le problème de sa mesure in situ. L'utilisation des sondeurs à ultrason monofaisceau bifréquence (généralement 30/33 kHz voire 15kHz et 200/210 kHz) permet d'obtenir un écho avec la fréquence supérieure qui représente le toit de vase, et un ou plusieurs échos avec les fréquences inférieures. Ces échos de basse fréquence indiquent les ruptures de continuité du milieu. Le choix de l'écho, retenu comme profondeur navigable, sera étayé par des mesures de densité du milieu, les caractéristiques rhéologiques des matériaux, et la connaissance du milieu. Des sondes permettant de mesurer la profondeur et la densité associée sont donc utilisées dans différents pays en complément des informations fournies par les sondeurs à ultrason.

Les ports de Bordeaux et de Nantes-Saint-Nazaire ont acquis une grande expérience dans ce domaine au même titre que d'autres ports estuariens soumis à l'envasement (Rotterdam, Anvers, Bangkok, …)

On se reporter aux références [o] à [s] pour plus d'information sur la navigation en fonds vaseux.

3.2 RÉFÉRENCES : POSITION, ALTITUDE

Chaque levé doit être rapporté à un référentiel de position et d'altitude unique.

La position est normalement rapportée au système géodésique mondial en vigueur (ITRFS ou densification régionale), à défaut au système géodésique WGS84.

Pour la France, chaque levé doit être rapporté au référentiel de position et d'altitude, défini dans le décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000 [k].

Pour le domaine maritime, la référence verticale pour les sondes est le zéro de réduction des sondes (se reporter à la norme du SHOM sur les hauteurs d'eau en référence [g]).

La date de la mesure est exprimée par rapport à l'heure TU (Temps Universel).

3.3 TRAITEMENT DES DONNEES

3.3.1 Niveaux de traitement des données

Les données bathymétriques peuvent être classées en fonction de leur niveau de traitement.

Nota : ne pas confondre dans la suite du document l'ordre d'un levé au sens de la norme S44 (spécial, 1, 2 ou 3), avec le niveau de traitement des données défini ci-dessous.

DONNEES DE NIVEAU 1 (mesures bathymétriques)

Ce sont les mesures brutes fournies par les sondeurs.

Elles comprennent au minimum :

Sondeur mono faisceau	Sondeur multifaisceaux
Pour chaque émission du sondeur : ✔ date et heure de l'instant d'émission, ✔ mesure de profondeur (exprimée en mètres).	Pour chaque cycle du sondeur : ✔ date et heure de l'instant d'émission, ✔ les paramètres d'attitude du porteur : cap, roulis, tangage, pilonnement, ✔ éventuellement la célérité de surface pour les SMF qui en ont besoin, Pour chaque faisceau : ✔ l'incidence de départ du faisceau, ✔ le temps de parcours aller/retour du signal,

Les données de bathymétrie de niveau 1 sont normalement accompagnées des fichiers de données des capteurs auxiliaires associés au sondeur et nécessaires aux traitements des données (mesures de position du navire, profils de célérité, tirant d'eau, biais de mesure de la centrale d'attitude, bras de levier, fichier de marée…) et au contrôle de leur qualité.

DONNEES DE NIVEAU 2 (sondes traitées)

Ce sont les sondes, c'est à dire les mesures traitées, géoréférencées et validées par le responsable des levés.

DONNEES DE NIVEAU 3 (cartes bathymétriques, visualisation des fonds)

Ce sont les données mises en forme.

3.3.2 Données

Les données à fournir au client devront être qualifiées, c'est à dire comportant une estimation de leur précision et de leur domaine validité.

3.3.3 Principes de traitement

3.3.3.1 Données des capteurs annexes

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

Ce sont :

- ✔ Le système de positionnement du porteur,
- ✔ Le système de mesure de cap,
- ✔ Les systèmes de mesure du profil de célérité et, le cas échéant, de la célérité de surface,
- ✔ Le système de mesure de l'attitude,
- ✔ Le système de mesure de l'immersion des bases,
- ✔ Le système de mesure ou de prédiction de marée.

La première phase de traitement des données de bathymétrie doit permettre l'examen de toutes les données provenant de ces systèmes.

3.3.3.2 Corrections et réduction

Conformément au paragraphe 3.1.5.3, les données sont corrigées et réduites au cours du traitement et après la validation précédente, de :

- ✔ La réduction d'antennes : cette correction consiste à prendre en compte, dans le calcul de position des sondes, le décalage horizontal entre l'antenne du système de positionnement et l'antenne du sondeur. Il est nécessaire de connaître le cap du navire.
- ✔ L'immersion des bases,
- ✔ L'attitude (roulis, tangage et pilonnement) le cas échéant,
- ✔ La désynchronisation sondeur/autres capteurs en cas de retards lors de l'acquisition,
- ✔ La marée,
- ✔ La célérité (profil),

- ✔ La célérité (coque si nécessaire dans le cas d'un SMF).

Si les données ont été corrigées lors de l'acquisition par le système, les corrections appliquées sont contrôlées, et validées (voir § 3.3.1.3).

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

En cas d'invalidation de données de localisation, cap, attitude ou célérité de coque, il est possible d'interpoler entre 2 données valides si l'incertitude finale commise sur les données de bathymétrie est conforme aux spécifications du levé.

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

3.3.3.3 Traitement des données de bathymétrie

Les erreurs ponctuelles et systématiques des données de bathymétrie doivent être détectées pour pouvoir respecter les spécifications de la norme. Les outils et méthodes utilisés pour le traitement doivent être répertoriés au cours du traitement. Une fois le levé validé, le jeu de données final ne doit contenir que des sondes valides.

3.3.3.4 Contrôle de la qualité des données

La qualité des données de niveau 2 doit être contrôlée par tous les moyens de comparaison disponibles :

- ✔ contrôle aux points de croisement entre profils,
- ✔ comparaison avec d'autres données,
- ✔ détermination de l'incertitude finale en fonction de l'incertitude sur les mesures utilisées.

Des guides techniques et des procédures propres aux entités chargées de la réalisation des levés et du traitement des données définissent les méthodes de contrôle de la qualité.

Ce contrôle doit permettre, entre autres, la qualification de la précision verticale et planimétrique des données de niveau 2.

3.3.3.5 Echantillonnage des données (niveau 3)

➢SONDEUR VERTICAL

Echantillonnage spatial :

Compte tenu du faible volume de données générées par les sondeurs verticaux, l'échantillonnage spatial des données numériques du sondeur est facultatif.

Toutefois, s'il est appliqué, l'échantillonnage retenu doit être un "échantillonnage de sécurité", c'est à dire que l'écart entre le fond interpolé linéairement entre les sondes retenues est toujours :

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

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

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

Si l'acquisition des données du sondeur vertical n'a été effectuée que de manière analogique (sur bande), l'échantillonnage retenu lors de la numérisation doit conserver un espacement entre sondes cohérent avec la morphologie du fond, et dans tous les cas au moins inférieur à la moitié de l'écartement entre profils réguliers.

Echantillonnage vertical :

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

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

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

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

➢SONDEUR MULTIFAISCEAUX

A l'issue du traitement des données de bathymétrie SMF de niveau 2, un échantillonnage destiné à éliminer les données redondantes ou à limiter les volumes de données archivées dans les bases peut être appliqué.

Tout échantillonnage des données de bathymétrie doit être contrôlé par un opérateur et validé selon des procédures en vigueur

Les données valides non retenues lors de la phase d'échantillonnage sont archivées dans les données de niveau 2 traitées, sans être intégrées en base.

Les volumes de données générées par les sondeurs multifaisceaux petits fonds peuvent nécessiter avant leur intégration dans les bases de données un échantillonnage spatial.

Celui-ci sera réalisé en fonction des caractéristiques du sondeur (résolution) et des fonds représentés (densité de sonde plus élevée sur des fonds accidentés que sur fond plat), et en mettant en œuvre un outil de condensation.

La condensation des données de bathymétrie SMF ne peut être effectuée que sur les données de niveau 2 : la présence de mesures aberrantes dans les données de niveau 1 perturbe la modélisation nécessaire à la condensation.

L'organisme producteur des données de niveau 2 est responsable de la condensation des données.

3.3.3.6 Validation et qualification des données

A l'issue de l'ensemble des traitements effectués pour obtenir les lots de données de niveau 2 éventuellement échantillonnées, le responsable du levé doit, à partir des contrôles qualité effectués et de la qualification des données, valider et qualifier les lots de données produits.

3.3.3.7 Expression et arrondissage du résultat de la mesure des fonds

Le résultat de la mesure des fonds sera présenté sous la forme suivante : Z ± u. L'incertitude u est fournie avec deux chiffres significatifs. La valeur du mesurande est à arrondir de façon que l'erreur ne joue que sur le dernier chiffre exprimé (cf. note d'information Cofrac de février 2001)

Exemple : altitude des fonds = 58.7 ± 0.1 mètres NGForthométrique.

3.4 CARACTÉRISATION DES LEVÉS

Un lot de données bathymétriques doit être caractérisé et qualifié par sa classe de produit et exigences spécifiques.

3.5 RESPONSABILITÉ

Le responsable des levés est chargé de :

- ✔ de l'application des présentes recommandations pour la préparation, l'exécution et le traitement des levés bathymétriques,
- ✔ de la diffusion de l'information nautique urgente, de fournir aux services compétents (Service navigation, concessionnaire de la voie d'eau …) les informations nécessaires ou utiles pour garantir la sécurité des usagers,
- ✔ de la diffusion au SHOM des levés (code minier), et organisme gestionnaire de la zone de levé.

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

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

Le responsable du levé doit s'engager sur l'actualité (au moment du levé) des données anciennes existant dans la zone levée. En particulier, à l'issue du traitement des recherches effectuées au cours du levé, le responsable du levé doit prendre clairement position sur l'existence et sur la cote des relèvements anciens recherchés.

Il doit signaler dans le rapport particulier si le présent levé annule et remplace les levés précédents.

3.6 SAUVEGARDE DES DONNÉES

Chaque organisme mettra en place son archivage des données qui répondra à ses besoins. Les données de niveau 2 seront conservées au moins jusqu'au prochain levé dans l'objectif de garantir la sécurité de la navigation.

3.7 TRANSMISSION DES DONNEES AU SHOM

Dans le cadre de la mise à jour des documents nautiques, les services hydrographiques maritimes effectuant des levés sur des zones relevant de la responsabilité du SHOM, enverront annuellement au SHOM un plan de situation de ceux-ci. Le SHOM pourra alors demander les données (si possible de niveau 2) accompagnées du rapport de levé correspondant.

Le SHOM devra être également destinataire de toute information nautique (obstruction, épave, pipe, nouvelles infrastructures …).

Annexe 1
Références

RÉFÉRENCES

[a] Publication de la FIG (Fédération Internationale des Géomètres) n° 8 1994, relative à l'hydrographie dans les ports – ISBN 0-644-35210-8

[b] S 44 4ème édition - OHI (Organisation Hydrographique Internationale) - IHO Standards for Hydrographic Surveys - Avril 1998

[c] Dictionnaire hydrographique de l'OHI, S32, 5ème édition, 1998

[d] Rapport de 1999 de l'association APHY sur les normes de compétences en hydrographie portuaire

[e] Norme SHOM levés bathymétriques et sa procédure générale PG2007-031 : "Traitement de l'information nautique urgente zone NAVAREA II"

[f] Norme SHOM Points géodésiques et repères de nivellement – V0.1

[g] Norme SHOM Mesures des hauteurs d'eau – V1.1

[h] Guide technique SHOM Référentiels géodésiques - coordonnées – V1.0

[i] Guide technique SHOM Mesures marégraphiques - V2.1

[j] Instruction du 1er Ministre n°228 SGMER du 3 mai 2002

[k] Décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000 portant application de l'article 89 de la loi n°95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics. Journal Officiel de la République Française, n°300 du 28 décembre 2000. pp.20746-20747

[l] Déclarations de fouilles et de levés géophysiques, articles 131 à 136, Titre VIII, Livre 1er -Régime général - du Code Minier

[m] Cours sur les Sondeurs Multifaisceaux de Hervé BISQUAY (IFREMER)
http://www.ifremer.fr/flotte/cours/cours_smf_fichiers/

[n] Compte rendu de la première réunion du groupe de travail qualité 5 octobre 2001
disponible sur le site internet de l'association : http://www.cetmef.equipement.gouv.fr/aphy/

[o] Rapport établi par le Groupe de Travail n°3a) du Comité Technique Permanent II de l'AIPCN publié en 1983 (supplément du bulletin AIPCN n°43 ou article 3 du bulletin AICPN n°43) intitulé « Navigation au-dessus des fonds de vase »

[p] Rapport établi par le LCHF en août 1986 intitulé « Navigabilité dans les chenaux envasés - rapport sur la 1ère étape de l'étude »

[q] Rapport établi par la SOGREAH en février 1990 intitulé « Navigabilité dans les chenaux envasés - rapport sur la 2ème étape de l'étude »

[r] Rapport établi par HYDROEXPERT en juin 1989 intitulé « Etalonnage des sondes JTD3-JTT4-SR10 - Applications aux problèmes de navigation dans les chenaux envasés et aux dragages des sédiments fins »

[s] Rapport établi par le Groupe de Travail n°14 du Comité Technique Permanent II de l'AIPCN publié en 1990 intitulé « Méthodes économiques d'entretien des chenaux » (supplément du bulletin AICPN n°68)

Annexe 2
Glossaire

GLOSSAIRE

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

Ajustage :

Voir calibrage.

Antenne :

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

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

Base :

Antenne d'émission et/ou de réception d'un sondeur.

Batillage :

Battement de l'eau sur les berges dû au déplacement des bateaux ou au clapot

Bathymétrie :

Mesure de la profondeur d'une surface immergée.

Brassiage :

Valeur de la sonde la plus faible trouvée sur une remontée de fond.

Calibrage (= ajustage) :

Opération destinée à amener un équipement de mesure à un fonctionnement et à une justesse (aptitude d'un équipement de mesure à donner des indications exemptes d'erreur systématique) convenables pour son utilisation.

Cap :

Angle formé par la direction du nord géographique et la ligne de foi du navire.

Classe de produit :

Type de levé à réaliser, il est défini par des spécifications techniques particulières (précision horizontale et verticale, densité de points levés, …).

Client :

Organisme ou personne qui reçoit le produit ; ici, il peut s'agir de la capitainerie, des services des dragages, de bureaux d'études, …

Condensation :

Echantillonnage spatial des données de bathymétrie destiné à limiter le volume de données archivées en base, tout en préservant l'information nécessaire à une description optimale du relief sous-marin, et en respectant les impératifs liés à la sécurité de la navigation.

Consigne :

Ensemble des divers documents (fiches d'intervention, modes opératoires, intructions…) définissant l'exécution du levé bathymétrique.

Correction :

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

Couverture :

Surface explorée. Pour un système acoustique, surface insonifiée.

Cycle :

Ensemble des mesures acquises lors d'une émission-réception du sondeur.

Ecart :

Non réponse à une exigence spécifiée.

Engraissement :

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

Erreur de mesure :

Ecart entre le résultat de la mesure et la valeur vraie.

Etalonnage : (≠ calibrage)

Ensemble d'opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs indiquées par un équipement de mesure, et les valeurs connues correspondantes d'une grandeur mesurée (référence, étalon).

Exploration :

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

Exploration totale :

L'exploration est dite totale lorsque les moyens d'exploration ont été mis en œuvre sur tout le levé (ou le lot de données) de manière à détecter tous les relèvements de fonds devant l'être selon l'ordre du levé.

Fauchée :

Aire insonifiée par un sondeur multifaisceaux le long de la route du navire.

Formation des voies :

Technique permettant d'orienter un faisceau acoustique dans une direction donnée par combinaison des signaux des transducteurs élémentaires.

Incertitude liée à la mesure (paramètre caractéristique de la qualité du mesurage) :

Paramètre associé au résultat d'un mesurage qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande (grandeur à mesurer). L'incertitude de mesure comprend plusieurs composantes qu'il faudra estimer puis composer selon la loi dite de propagation des incertitudes.

Incidence :

Angle défini entre la verticale et la direction initiale du faisceau.

Insonification :

Exploration par mise en œuvre d'un moyen acoustique.

Insonification totale :

Exploration totale acoustique.

Lacet :

Mouvement de rotation autour de la verticale du bâtiment.

Largeur de fauchée :

Largeur du couloir exploré ("insonifié") par le sondeur, parallèlement à la route du navire.

Levé surfacique :

Levé réalisé au sondeur multifaisceaux, assurant une couverture totale de la zone sondée par recouvrement longitudinal et latéral des mesures effectuées.

Lot de données :

Ensemble de données homogènes en termes de qualification hydrographique.

Marnage :

Variation de la hauteur d'un plan d'eau

Mesure :

La mesure (résultat d'action) est le résultat d'un mesurage (action de mesurer) effectué sur un mesurande (grandeur à mesurer).

Méta donnée (réf. norme SHOM sur le format Pivot) :

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

Mouillage :

Hauteur d'eau minimale garantie pour la navigation intérieure par rapport à la cote du niveau de référence

Niveau 1 (données) :

Mesures brutes datées fournies par les instruments mesures

Niveau 2 (données) :

Mesures de bathymétrie traitées, géoréférencées et validées par le responsable des levés

Niveau 3 (produits) :

Données mises en forme pour satisfaire une demande (MNT).

Non-conformité :

Non satisfaction d'une exigence (cf. Norme ISO 9000 : 2000)

L'exigence peut être spécifiée (cahier des charges, norme, procédure, etc.), imposée (par le client) ou implicite.

Exemples de non-conformités :

- le rapport de levé n'est pas remis au client à la date prévue ;
- un document périmé est appliqué ;
- une définition de responsabilité manque.

Ouverture angulaire :

Angle au sommet du cône formé par les faisceaux bâbord et tribord de plus grande incidence. Ce paramètre définit, avec la profondeur et la courbe de portée du sondeur, la largeur de fauchée.

Ouverture d'un faisceau :

Angle au sommet du « cône » formé par le lobe de directivité a –3dB d'un faisceau. Il permet de définir la résolution du sondeur. L'ouverture longitudinale et l'ouverture latérale peuvent être différentes.

Pastille insonifiée (ou empreinte du pied de faisceau) :

Zone du fond de la mer explorée ("insonifiée") par un faisceau acoustique.

Pied de pilote :

Hauteur d'eau minimale sous la quille nécessaire afin de garantir une navigation en toute sécurité

Pilonnement :

Composante verticale du mouvement du porteur.

Portée (pour un système acoustique) :

Profondeur ou distance limite au-delà de laquelle les mesures ne sont plus exploitables.

Précision :

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

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

Procédure :

Manière spécifiée d'effectuer une activité ou un processus (cf. Norme ISO 9000 : 2000). Ici, la procédure est un document présentant les aspects organisationnels de l'activité (actions ou instructions à réaliser par les différents acteurs, références à d'autres documents, informations à échanger, outils principaux à utiliser). Dans notre cas, il peut s'agir par exemple de la procédure « gestion des instruments de mesure ».

Processus :

Ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie (cf. Norme ISO 9000 : 2000). Dans notre cas, il s'agit principalement du processus de levé bathymétrique qui décrit le déroulement de la réalisation du produit. Les éléments d'entrée sont alors : la demande de travail exprimée dans le cahier des charges ; les éléments de sorties sont le produit final attendu par le client (carte bathymétrique accompagnée du rapport de levé).

Profil :

Route prédéfinie suivie par un bâtiment ou une embarcation en sondage.

Qualification :

Association d'indices de qualité à une donnée. En bathymétrie, les données sont qualifiées par l'identification de la classe de produit à laquelle appartiennent les données validées.

Réalisation d'un levé :

Il s'agit uniquement de la phase terrain du levé.

Réduction:

Opération qui consiste à appliquer une correction systématique à une valeur observée ou calculée.

Recherche :

Opération qui aboutit à la détermination des caractéristiques d'un relèvement du fond. Elle est constituée par une phase d'exploration, puis par une phase d'étude (cotation) du relèvement détecté au cours de l'exploration.

Retenue normale ou niveau de référence :

Il s'agit du niveau d'eau garanti aux bateaux, exprimé en cote d'altitude.

Roulis :

Mouvement de rotation du bâtiment autour de sa ligne de foi.

Seuil de navigation :

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

Seuil de recherche :

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

Sonde :

Distance verticale entre le fond et le niveau de référence correspondant au zéro de réduction des sondes.

Sondeur :

Appareil permettant de mesurer la hauteur entre la surface de la mer et le fond sous marin.

Sondeur monofaisceau (ou vertical) :

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

Sondeur multifaisceaux (ou SMF) :

Sondeur permettant de mesurer plusieurs hauteurs d'eau réparties sur un large fauché perpendiculaire à la route suivie par le navire.

Souille :

Empreinte que laisse un navire échoué dans la vase ou le sable.

Souille d'amarrage :

Approfondissement naturel ou artificiel (crée et entretenu par l'homme) au droit d'un ouvrage portuaire pour permettre à un navire d'éviter tout risque d'échouage, quelque soit les conditions de marée.

Système de mesure :

Système destiné à faire une mesure, seul ou en conjonction avec d'autres équipements. Dans notre cas le système de mesure peut être la chaîne complète de mesure de l'embarcation : sondeur + centrale d'attitude + capteur de célérité + système de positionnement.

Système de sondage multi transducteurs :

Ce système met en œuvre plusieurs sondeurs monofaisceau en ligne sur une même embarcation. En fournissant la hauteur d'eau sous chaque sondeur, le système multi transducteurs permet une exploration totale des fonds sur une largeur de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres.

Tangage :

Mouvement de rotation du bâtiment autour de la ligne perpendiculaire à la ligne de foi dans le plan horizontal du bâtiment.

Tirant d'air :

C'est la distance verticale entre le niveau du plan d'eau et la partie fixe la plus haute du bateau.

Tirant d'eau :

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

Top :

Point où la position d'un porteur est mesurée (entre les tops, la position est déduite par interpolation).

Transducteur :

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

Vérification d'un système de mesure :

Opération permettant de constater que les écarts entre les valeurs indiquées par un équipement de mesure et les valeurs connues correspondantes d'une grandeur mesurée sont tous inférieurs aux erreurs maximales tolérées (exigences spécifiées dans les classes de produit).

Zone d'Evitage :

Zone suffisamment importante, et dénuée de tout obstacles, pour permettre tout mouvement de rotation d'un bâtiment.

Annexe 3
Cahier des charges

Cahier des charges

pour la commande du levé bathymétrique

sur la zone de *(A PRECISER)*

Rappel de la Réglementation en vigueur

Décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000 portant application de l'article 89 de la loi n°95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics. Journal Officiel de la République Française, n°300 du 28 décembre 2000. pp.20746-20747.

Normes OHI pour les Levés Hydrographiques, 4ème édition, avril 1998, Publication Spéciale n°44, publié par le Bureau Hydrographique International.*(uniquement pour les levés maritimes)*

Déclarations de fouilles et de levés géophysiques, articles 131 à 136, Titre VIII, Livre 1er - Régime général - du Code Minier.

Travail demandé

Description du contexte, des besoins et des objectifs d'utilisation des données

Qui commande le levé ?

Qui utilisera les résultats du levé ?

Pour quel besoin le levé est effectué ?

A quoi servira –t-il ?

Zone à lever

Description et positionnement de la zone à lever

Vocabulaire :

Définition du vocabulaire employé dans le cahier des charges s'il peut prêter à confusion

Positionnement :

Système géodésique de référence :

Ellipsoïde :

Projection :

Méthodologie

uniquement si on impose un matériel (monofaisceau ou multifaisceaux)

Spécifications techniques particulières

Précision horizontale :

Précision verticale :

Densité de points restitués :

Ou

Ecartement entre profils de bathymétrie :

Densité de points restitués le long du profil :

Exploration totale : *Oui/Non*

Prélèvement de sédiments : *Oui/Non*

Obligations contractuelles :

En cas de détection d'obstruction mettant en jeu la sécurité de la navigation, le prestataire s'engage à en informer immédiatement le service compétent en charge de son maintien.

Le prestataire devra tenir à la disposition du prescripteur, pendant une durée de 1 an suivant la réception de l'ensemble des documents du paragraphe 9, les données brutes ainsi que les moyens de traitement et de cartographie utilisés pour établir ceux-ci.

Documents à fournir :

Le titulaire fournira au Maître d'Ouvrage les documents suivants :

- ✔ Fichiers numériques (format)
- ✔ Plans (échelle, zone)
- ✔ Le rapport du levé dont les éléments sont précisés en annexe du présent cahier des charges

Contraintes du site

Date prévisible de début des travaux :

Notice explicative :

Lors de la consultation les candidats fourniront une notice explicative comportant les éléments suivants :

- ✔ Délai d'exécution estimé et détail de celui-ci (acquisition, traitement, cartographie et rédaction du rapport de levé)
- ✔ Description des moyens humains (curriculum vitae, qualification et compétences)
- ✔ Description des moyens matériels et conditions limites d'utilisation
- ✔ Méthodologie proposée
- ✔ Certification
- ✔ Références
- ✔ Offre financière pour la prestation demandée

Annexe 4
Cahier de préparation du levé et journal d'intervention

Cahier
De
Préparation du levé

Nom affaire	Référence :	Classe de produit :

Site concerné :

Nom du responsable de la Maîtrise d'Oeuvre

Nom de l'hydrographe

EQUIPE DE TRAVAIL :

RENSEIGNEMENTS SUR LE SITE :

1.Contact local Mr/Mme.....Tél ....
2.Type de plan d'eau ❍Lac ❍Rivière ❍Canal .....
3.Surface du plan d'eau ..... ha
4.Longueur du plan d'eau ..... m
5.Profondeur maxi. théorique ..... m
6.Berges (boisées, falaises) .....
7.Mise à l'eau : ❍ Niveau d'eau requis : .....
8.❍ Terre ❍ Béton ❍ Pont roulant (charge .....) ❍ Grue
9.Chemin d'accès : ❍ Sinueux ❍ Etroit (largeur .....) ❍ Propre
10.Lieu d'observation de la marée ……..

DOCUMENTS DE BASE

Cahier des charges..... ❑
Dossier station..... ❑
Dossier marée..... ❑
Cartes générale de la zone à lever..... ❑
Photographies ou autres supports..... ❑
Repères géodésiques……..... ..... ❑
.....
.....
Bathymétries, levers antérieurs, ou plan de dragage..... ❑

Autres plans
..... ❑
.....

MOYENS MIS EN OEUVRE :

❑ Check-list Bathymétrie : Etablie le : ……..
❑ Vérification de la conformité des matériels : Réalisée le …….
❑ Obtention du matériel: *(spécifique au service)*
❑ Envoi matériel sur site :
❑ Organisation du déplacement de l'équipe :
Validation planning horaire (feuille suivante) *
Envoi planning intervention au site *
Fiches de déplacement validées *

DÉFINITION DE LA NAVIGATION : (FOND DE PLAN, PROFILS,…)

Logiciel utilisé (ABISS2, HYPACK, autre) :

Nom et lieu du (des) fichier(s) de navigation (Fonds de plan)

FICHE PLANIFICATION HORAIRE

(Bathymétrie de) :

Date	Tâches prévues	Horaire		Nombre d'heures:	
		Début	fin	total	Non effectif
J1					
J2					
J3					
J4					
J5					

JOURNAL D’INTERVENTION

EQUIPE TERRAIN

MOYENS NAUTIQUES ET MATERIELS

- Support nautique:_
  - préciser les offsets (configuration du bateau)
  - Tirant d'Eau
- Matériels utilisés
- Réglages utilisés
  - initiaux
  - modifications en cours de levé (date, commentaires, numéro des profils concernés)
- Célérité
- Sondeur:
  - Type
  - Fréquence(s)
  - Sélection de l'écho
  - Cadence d'acquisition
  - Gamme de mesure (suivant la profondeur)
  - Distance entre tops (temps, distance, action volontaire)
- Faisceau(x) :
  - Ouverture angulaire du(des) faisceau(x)
- Paramètres temps :
  - Référentiel Temps : TU ou TU +1 …(Temps Universel)
  - Synchronisation des horloges de chaque matériel
- Paramètres particuliers

Système référence :

Lambert I, 2, 3 ə Local ə RGF 93 ə

Position de contrôle

Nom station	X	Y	Z
Coordonnées GPS			
Ecart E_i en cm			
Visée 2, si Ei > 10 cm			
Ecart E_i en cm			

Si E_i > 30 cm ➔ **FNC** et **appel au Chargé .d'Affaire.**

POSITIONNEMENT DGPS

Nom station	X	Y	Z

N° balise + fréquence d'émission

Croquis repérage

Système référence :

Mesure 2 si Ei > 10cm			
Ecart E_i en cm			

Si E_i > 10 cm ➔ **autorisation de dérogation nécessaire**

POSITIONNEMENT OPTIQUE

Nom station	X	Y	Z

Hauteur de Tourillon (m)

Croquis repérage

Nom repère visée 1	X	Y	Z
Distance(m) :		*Angle (gon) :*	
Nom repère visée 2	**X**	**Y**	**Z**
Distance(m) :		*Angle (gon) :*	

Système référence :

Lambert I, 2, 3 ə Local ə RGF 93 ə

Ecart E_i en cm			

Si E_i > 10 cm ➔ **autorisation de dérogation nécessaire**

ALTITUDE DU PLAN D'EAU

Type de mesure	

Heure (TU)	Niveau échelle ou numéro des marégraphes

MESURE DE LA CELERITE

Profil vertical	Heure :
Référence capteur utilisé (type et n° SPLIT)	

Coordonnées point de mesure	**X**	**Y**	**Z plan d'eau**

Mesures			
profondeur	Température	Conductivité	Salinité
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Réglage célérité (m/s)	

Vérification (Contrôle physique sur une zone connue)				
Sondeur			Profondeu	Type mesure P
Immersion I	Mesure M	Profond. S = I+M		

NAVIGATION, NOTES

Evénements *Fonctionnement des appareils* *Numéro des profils* *Début et fin des profils* *Sauvegarde données*	

Notes J	
Sauvegarde données J (Visa CI)	

Notes J	
Sauvegarde données J (Visa CI)	

Navigation, notes (Suite)

Notes J	
Sauvegarde données J (Visa CI)	

Notes J	
Sauvegarde données J (Visa CI)	

Notes J	
Sauvegarde données J (Visa CI)	

CONTRÔLE AVANT FIN DE LEVÉ

Visualisation de l'acquisition (en plan et/ou colorisation du z)

- SMF :
  - Colorisation du z : *permet de voir s'il manque des données*
- Sondeur monofaisceau :
  - Visualisation en plan : *permet de voir les profils réalisés*

RETOUR ESSAI TERRAIN

RETOUR MATERIELS ET CONFINEMENT :

REMARQUES EN FIN D'ESSAI :

Etat du matériel

Autres

Annexe 5
Rapport de levé

CONTENU DU RAPPORT DU LEVÉ

1. La date et le lieu d'exécution du levé

2. La description des matériels utilisés et leur configuration (version, paramétrage, fréquence du sondeur, angle d'ouverture du faisceau)

3. La description de la méthodologie employée pour réaliser le levé

4. La description des moyens humains utilisés :

4.1 Désignation nominative du chef d'équipe, du vérificateur et de l'approbateur du levé

4.2 Fourniture des qualifications et description des compétences

5. La liste de méta données suivantes :

5.1 Identification du levé

Désignation du levé

Numérotation s'il y a lieu des différentes versions du rapport en précisant la date de création, ainsi que les dates de modification du document avec le détail des modifications apportées

Désignation de l'ensemble des éléments livrés

5.2 Description sommaire du levé

Rappels des objectifs du levé

Référence du cahier des charges auquel à répondu le prestataire

Référence du présent rapport

Nature des profils *(profils réguliers, profils de recherche, profils traversiers, sondes plongeurs)*

Autres données *(autres informations recueillies pendant le levé : magnétisme, sonal, sédimentaires, …)*

Image de la zone *(représentation graphique simplifiée de la zone couverte)*

Version numérique du rapport du levé *(format et désignation du fichier)*

5.3 Qualité globale des données

Description du déroulement du levé *(particulièrement de tout élément permettant de justifier de la qualité des données permettant par exemple une comparaison entre les précisions demandées dans le cahier des charges et celles réalisées ainsi que les raisons fournies en cas d'écart)*

Caractérisation hydrographique de la zone *(courte description des fonds constatés)*

Corrections de sondages :

- Marée (ou niveau de référence) : Oui/Non
- Célérité : Oui/Non

Méthode de correction des sondages *(par observations, modèle,…)* :

- Marée (ou niveau de référence)
- Célérité

Précision des sondes *(estimation quantitative de la précision des sondes : écart-type, 95%,…)*

Description de la méthode d'estimation de la précision des sondes

Précision des positions des sondes

Description de la méthode d'estimation de la précision de la position des sondes

Etat d'achèvement *: achevé ou inachevé*

Etat de validation : *validé complètement ou partiellement par…*

Etat de l'approbation : *approuvé, non approuvé ou approuvé avec des réserves par …*

5.4 Système de localisation

Système géodésique de référence :

Ellipsoïde :

Projection :

Niveau de réduction des sondes *(sondes réduites au zéro hydrographique, …) :*

5.5 Autres renseignements sur les éléments livrés

Dates d'exécution du levé (dont le premier et le dernier jour)

Limites géographiques de la zone (latitudes et longitudes extrêmes)

Polygone limite

sous la forme :
ZONE 1 [limite extérieure]
L1, G1
L2, G2
……
ZONE 1 [limite intérieure]

Sondes minimale et maximale du lot de données

5.6 Informations sur les données

Nombre de sondes contenues dans le lot de données

Nombre de profils contenus dans le lot de données

Echelle du levé

Renseignements complémentaires qui ne sont pas forcément dans le lot de données *(Nombre d'épaves, d'obstructions,…)*

Numéros des minutes correspondant au lot de données

5.7 Origine, protection, codage, support des éléments livrés

Nom du prestataire

Nom du responsable du levé

Type de protection du document, de classification

Format numérique de livraison du produit

Nature et désignation des produits numériques délivrés

5.8 Référence des méta données

Date de création :

Date de validation :

Date de mise à jour :

Annexe 6
Recommandations pour la gestion des systèmes de mesure

Sommaire

1. OBJET DU DOCUMENT....4

2. DÉFINITION....4

3. GESTION DES LISTES ET FICHES DE VIE....6

3.1 organisation générale....6
3.2 etablissement et gestion de la liste des systèmes de mesure....6
3.3 Etablissement et gestion des dossiers par type de système de mesure....7
3.4 Etablissement et gestion des fiches de vie....7

4. MAINTENANCE DES SYSTÈMES DE MESURE....8

4.1 Déclenchement d'une opération de maintenance....8
4.2 Opération de maintenance....8

5. ETALONNAGE ET VÉRIFICATION DES SYSTÈMES DE MESURE....8

5.1 Organisation générale....8
5.2 Logigramme des tâches pour la gestion des systemes de mesure....10

1. OBJET DU DOCUMENT

Le présent document concerne la gestion des systèmes de mesure. Il a pour but de définir les principales règles de mise en œuvre des systèmes de mesure en vue de garantir le respect des exigences des classes de produit APHY.

L'application des présentes recommandations permet de démontrer que le service maîtrise les performances de ses systèmes de mesure.

2.DÉFINITION

Etalonnage : (≠ calibrage)

Concerne les appareils de mesure individuels : sondeur, centrale d'attitude, célérimètre, thermomètre, gyrocompas, centrale inertielle, appareils de positionnement (tachéomètre…)

Les étalonnages sont réalisés par les constructeurs ou des laboratoires spécialisés.

Les étalonnages permettent de confirmer les performances des appareils de mesure.

Vérification d'un système de mesure :

Opération permettant de constater que les écarts entre les valeurs indiquées par le système de mesure (sondeur+centrale d'attitude+positionnement+logiciel d'acquisition) et les valeurs connues correspondantes d'une grandeur mesurée sont tous inférieurs aux erreurs maximales tolérées (exigences spécifiées dans les classes de produit).

La vérification permet

- ✔ de constater les écarts par rapport à une valeur connue
- ✔ de contrôler la conformité du système de mesure par rapport aux exigences
- ✔ de prononcer la mise en service, la réparation, l'étalonnage ou la réforme

La vérification fait l'objet d'un constat écrit. La vérification doit être réalisée par un agent habilité, si cet agent a suivi une formation interne ou externe appropriée, ou possède une grande expérience dans la vérification des équipements de mesure.

Paramétrage :

Réglage du système de mesure pour prendre en compte les conditions d'environnement (célérité, latence, paramètre du sondeur, géométrie du système)

Calibrage (= ajustage) :

Opération destinée à amener un équipement de mesure à un fonctionnement et à une justesse (aptitude d'un équipement de mesure à donner des indications exemptes d'erreur systématique) nécessaires pour son utilisation.

Exemple du calibrage d'un sondeur multifaisceaux par H. BISQUAY de l'Ifremer :

Les opérations de calibrage à la mer sont systématiquement réalisées lors de l'installation d'un nouvel équipement (sondeur, centrale d'attitude ou système de positionnement) ou lors d'une modification d'un équipement. Il est souhaitable de les renouveler régulièrement (par exemple deux fois par an).

Ces levés de calibrage ont pour but d'identifier et de corriger des erreurs systématiques résiduelles :

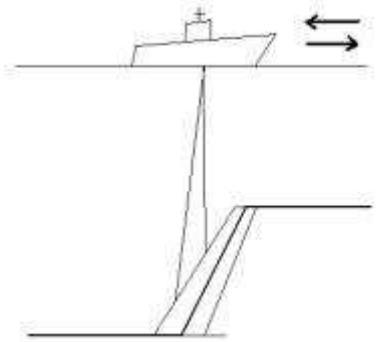
- ✔ le biais de roulis : erreur systématique dans la mesure du roulis fournie par la centrale d'attitude au sondeur (en général lié à un défaut d'alignement des deux capteurs),
- ✔ le biais de tangage : erreur systématique dans la mesure du tangage fournie par la centrale d'attitude au sondeur (en général lié à un défaut d'alignement des deux capteurs),
- ✔ le biais de cap : erreur systématique dans la mesure du cap fournie par le gyrocompas ou la centrale d'attitude au sondeur (en général lié à un défaut d'alignement des deux capteurs),
- ✔ le défaut de synchronisation position / sonde : retard dans la fourniture de la position au sondeur.

Trois types d'opération sont normalement réalisées (l'ordre est en principe indifférent) :

- Le calibrage en tangage et le contrôle de la synchronisation sonde/navigation :

Cette opération consiste à suivre une route aller/retour à deux reprises, en faisant varier la vitesse sur un fond présentant une forte dénivelée dans l'axe du profil. Il est recommandé de disposer d'une pente de l'ordre de 10 à 20 degrés la plus régulière possible. Il est souhaitable que la profondeur varie largement (typiquement, Pmax-Pmin > 20%).

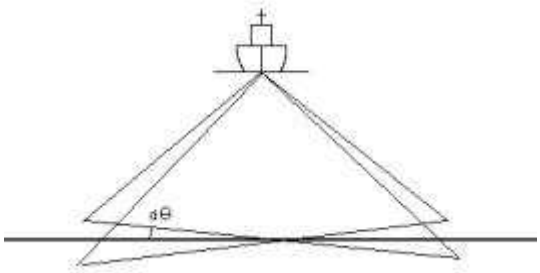
La comparaison des deux levés (superposition des isobathes ou visualisation de coupes dans l'axe du profil) permet de déterminer l'angle dont il faut corriger le tangage ainsi que le retard sonde / navigation, pour que les deux levés soient identiques. Le biais en tangage dépend de la profondeur alors que le retard de la navigation par rapport au sondeur dépend de la vitesse.



- Le calibrage en roulis :

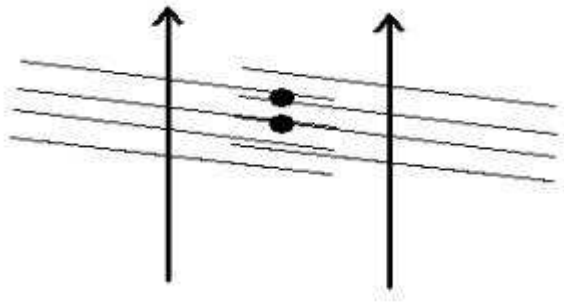
Cette opération consiste à suivre une route aller/retour sur un fond plat. La profondeur doit être la plus grande possible.

La comparaison des deux levés (superposition des isobathes ou visualisation de coupes perpendiculaires à l'axe du profil) permet de déterminer l'angle dont il faut corriger le roulis pour que les deux levés soient identiques.



- Le calibrage en cap :

Cette opération consiste à suivre deux routes parallèles, dans la même direction, de part et d'autre d'une remontée de fond significative (obstruction artificielle, par exemple). La comparaison des deux levés (superposition des isobathes ou visualisation de coupes parallèlement à l'axe du profil) permet de déterminer l'angle dont il faut corriger le cap pour que les deux levés soient identiques.



L'exploitation des levés de calibrage est souvent réalisée à l'aide de modules logiciels spécifiques, qui permettent de visualiser l'influence des biais sur des tracés bathymétriques (isobathes et coupes).

3.GESTION DES LISTES ET FICHES DE VIE

3.1 ORGANISATION GÉNÉRALE

Au niveau de chaque service, l'organisation de la maîtrise des systèmes de mesure est confiée à un responsable désigné par le responsable de l'hydrographie.

Le responsable des systèmes de mesure établit et tient à jour :

- ✔ une liste des systèmes de mesure du service qu'il conserve et tient à jour (voir § 3.2),
- ✔ un dossier par type de système de mesure (voir § 3.3),
- ✔ une fiche de vie par système de mesure (voir § 3.4).

Le responsable des systèmes de mesure s'assure que chaque système de mesure est identifiable.

3.2 ETABLISSEMENT ET GESTION DE LA LISTE DES SYSTÈMES DE MESURE

La liste, établie par le responsable des systèmes de mesure, recense l'ensemble des systèmes de mesure du service qui ont une incidence sur la conformité du levé aux exigences définies par la classe de produit, à la date de la mise à jour de la liste.

Elle comporte, pour chaque système de mesure :

- le nom du système

Le nom du système correspond au nom commercial ou technique sous lequel le système de mesure est acquis par le service.

- le type de système de mesure auquel il appartient

Chaque système est rattaché à un « type de système de mesure ». Pour un type de système de mesure, les systèmes appartenant à ce type sont gérés de manière identique (ils peuvent par exemple se différencier uniquement par le numéro d'identification et éventuellement quelques détails).

- l'identification du système de mesure

La liste des systèmes de mesure est mise à jour selon une fréquence définie par le responsable et figurant sur la liste.

3.3 ETABLISSEMENT ET GESTION DES DOSSIERS PAR TYPE DE SYSTÈME DE MESURE

Pour chaque type de systèmes de mesure, le responsable crée un dossier contenant les caractéristiques du système :

- ✔ notice constructeur du système de mesure
- ✔ mode opératoire de l'utilisation du système de mesure (Appropriation de la notice constructeur par l'hydrographe)
- ✔ mode opératoire d'étalonnage et vérification (pour le maintien en condition opérationnelle)
- ✔ mode de maintenance

Ces dossiers sont gérés et mis à jour par le responsable des systèmes de mesure. Les différents modes opératoires ou notices sont identifiés de façon à pouvoir y faire référence sans ambiguïté dans les fiches de vie des systèmes de mesure. Le responsable a également en charge l'intégration des nouveaux systèmes de mesure.

3.4 ETABLISSEMENT ET GESTION DES FICHES DE VIE

Le responsable des systèmes de mesure initie la « fiche de vie » de chaque système de mesure et assure ou fait assurer le suivi et l'actualisation de ces fiches.

Un exemple de fiche de vie est fourni en annexe.

Les fiches de vie comportent au minimum les informations suivantes.

Identification :

(Nom de l'entité, type et nom du système de mesure, identification, date d'acquisition, nom du fournisseur, description du matériel)

Performances du système de mesure :

- ✔ plages d'utilisation du système de mesure
- ✔ résolution du système (taille de la pastille insonifiée)
- ✔ estimation de la précision du système de mesure (données constructeur, étude spécifique)

Programme d'étalonnage et de vérification :

- ✔ type et périodicités de contrôle
- ✔ historique des opérations d'étalonnage et de vérification

Historique des utilisations du système :

Tenir à jour un historique des utilisations peut être fastidieux, aussi pour ce point il est suffisant de s'assurer que le responsable des systèmes de mesure est capable de reconstituer l'historique, par exemple, à partir des comptes rendus de levé qui précisent les systèmes de mesure utilisés.

Programme et historique des opérations de maintenance :

4.MAINTENANCE DES SYSTÈMES DE MESURE

4.1 DÉCLENCHEMENT D'UNE OPÉRATION DE MAINTENANCE

A chaque échéance définie sur la fiche de vie dans la partie « Programme de maintenance », et, le cas échéant, à la demande spécifique d'un utilisateur (suite à un défaut de fonctionnement, un incident ou une intervention hors maintenance), le responsable juge, en fonction de l'état du système de mesure, des éléments portés sur la fiche de vie ou avec l'aide d'un expert, si l'opération de maintenance doit être déclenchée ou si le système doit être réformé.

4.2 OPÉRATION DE MAINTENANCE

Le responsable déclenche l'opération de maintenance prévue sur la fiche de vie dans la partie « Programme de Maintenance » et selon les indications notées sur la fiche.

Après la réalisation de l'opération de maintenance, le responsable met à jour la fiche de vie en ajoutant les informations liées aux opérations de maintenance réalisées et la date de la prochaine opération de maintenance.

Une opération de maintenance sera suivie d'une vérification.

5.ETALONNAGE ET VÉRIFICATION DES SYSTÈMES DE MESURE

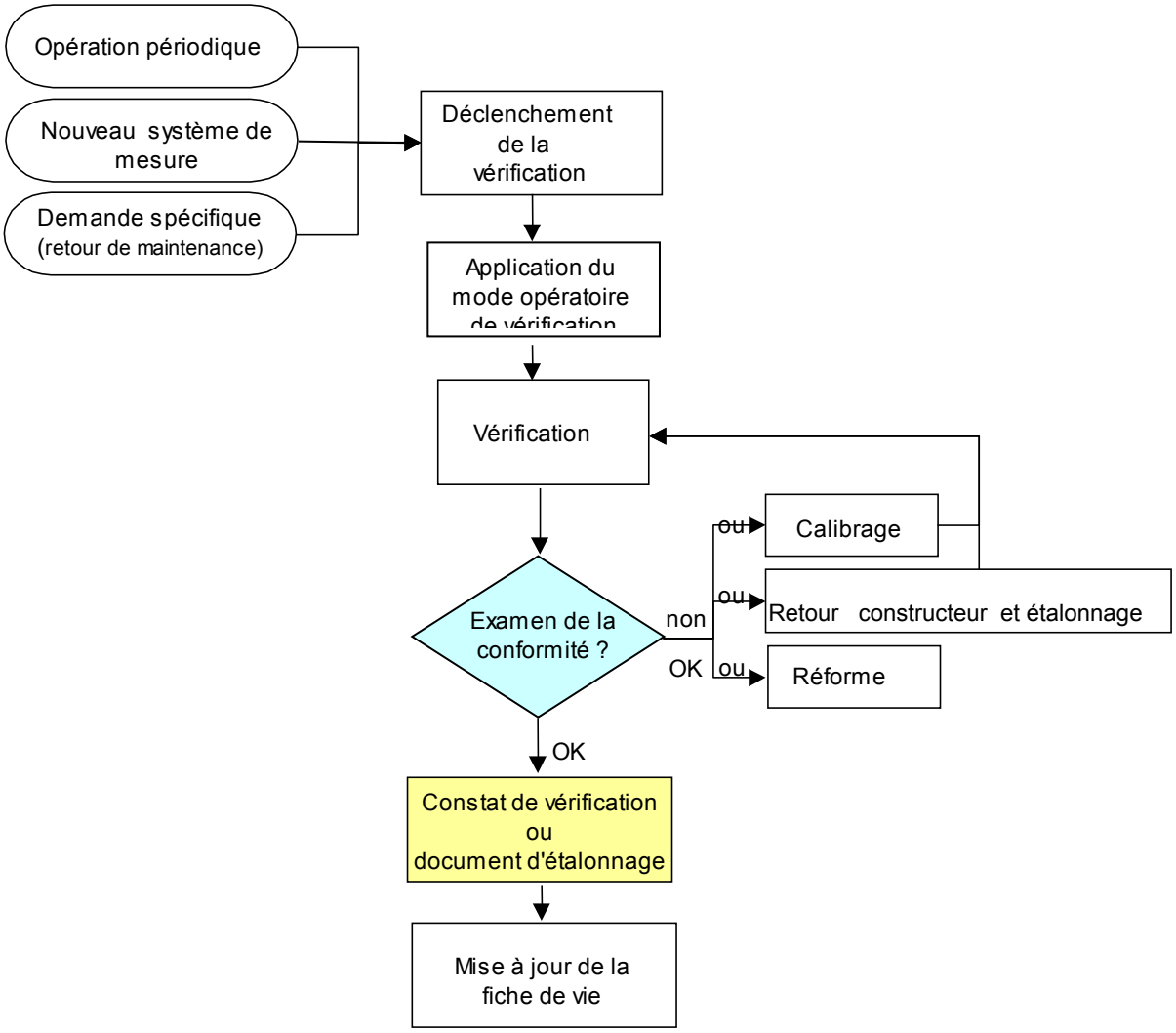
5.1 ORGANISATION GÉNÉRALE

Les règles d'étalonnage et de vérification des systèmes de mesure sont établies pour chaque type de système de mesure. La rédaction de ces règles est réalisée par le responsable des systèmes de mesure.

L'intervalle d'étalonnage ou de vérification, établi initialement pour un système de mesure donné, est réexaminé annuellement par le responsable et, le cas échéant, réadapté en fonction de l'expérience acquise. Cet intervalle est mentionné dans le dossier par type de système de mesure et dans les fiches de vie.

5.2 LOGIGRAMME DES TÂCHES POUR LA GESTION DES SYSTEMES DE MESURE

L'enchaînement des différentes tâches concernant la vérification des systèmes de mesure ou de surveillance figure sur le logigramme suivant.



Dans le cas où les incertitudes liées aux moyens et méthodes de vérification sont négligeables par rapport aux erreurs maximales tolérées (définies dans les classes de produit DALI), **l'examen de la conformité** consiste à :

- ✔ *accepter le matériel*, si l'écart entre la valeur conventionnellement vraie et la valeur indiquée par le système de mesure est inférieur à l'erreur maximale tolérée,
- ✔ *refuser le matériel*, si l'écart entre la valeur conventionnellement vraie et la valeur indiquée par le dispositif est supérieur à l'erreur maximale tolérée.

Il conviendra de prendre en compte les incertitudes liées aux moyens de vérification lorsqu'elles ne sont pas négligeables par rapport aux erreurs maximales tolérées. La décision argumentée relève du responsable des systèmes de mesure.

Le constat de vérification donne le résultat des opérations de vérification qui permettent de prononcer la mise en service ou non.

Procédure
maitrise des systèmes de mesure
Exemple de fiche de vie

I D E N T I F I C A T I O N d u S y s t è m e d e m e s u r e

Nom du service :

Type et nom du système mesure :

Marque, Numéro de série, Numéro d'identification :

Dates d'acquisition et de mise en service :

Nom du fournisseur :

Numéro d'inventaire porté sur le matériel :

Description du matériel :

P E R F O R M A N C E S D U S Y S T E M E D E M E S U R E

Plages d'utilisation : (ex : pour une profondeur de 0.5 m à 10 m)

Résolution du système : (ex : taille de la pastille insonifiée en fonction de la profondeur)

Précision du système de mesure :

Elle caractérise la qualité de l'estimation de la profondeur et de la position des sondes. En effet, le résultat d'une mesure est la somme de la valeur vraie et des erreurs aléatoires et systématiques. Les calibrages du système de mesure permettent de réduire les erreurs systématiques, alors que les erreurs aléatoires sont estimées par composition des écarts types des erreurs élémentaires.

Procédure
maitrise des systèmes de mesure
Exemple de fiche de vie

PROGRAMME D'ETALONNAGE ET DE VERIFICATION

ETALONNAGE :

Rappel éventuel du mode opératoire d'étalonnage fourni dans le dossier du système de mesure

Périodicité des étalonnages (à justifier) :

VERIFICATION :

Rappel éventuel du mode opératoire de vérification fourni dans le dossier du système de mesure

Périodicité des vérifications (à justifier) :

RELEVE DES OPERATIONS D'ETALONNAGE ET DE VERIFICATION

Date	Nature	Résultats / Décision / Action	Visa du responsable

PROGRAMME DE MAINTENANCE

Nom de l'organisme (noms des organismes) assurant la maintenance :

Type de maintenance et périodicités :

Types d'opérations de maintenance régulières :

RELEVE DES OPERATIONS DE MAINTENANCE

Opération de maintenance	Date	Test de décision de remise en service	Visa du responsable	Date de la prochaine opération

Couverture crédit photo(s)

Service Navigation Nord Pas de Calais: bathycélérimètre, Septembre 2008		Service Navigation de la Seine: sondeur interférométrique Geoswath, 2000
CETMEF: Antenne GPS RTK, mars 2008	Service Navigation de la Seine: Vue amont du barrage de Suresnes en 3D, 2005	*(superposé)* CETMEF: élévation d'un point, octobre 2008

Conception graphique Minvielle (CETMEF)

Mise en page Minvielle (CETMEF)