



# Service hydrographique du Canada

## LIGNES DIRECTRICES GESTION DE LEVÉS HYDROGRAPHIQUES

### PRÉFACE

L'avènement du positionnement par satellite, des systèmes de sondage multitransducteurs et multifaisceaux et des outils de traitement de données sophistiqués a grandement modifié la façon d'effectuer des levés hydrographiques. Les outils de gestion, comme ISO 9001:2000, ont également marqués les méthodes utilisées en matière d'assurance de la qualité.

Les Ordres permanents pour les levés du Service hydrographique du Canada (SHC), tels que rédigés dans les années 1980 et 1990, ne répondent plus aux normes et aux méthodes de travail requises pour effectuer des levés hydrographiques. Suite à une révision, les exigences en matière de levés hydrographiques ont été divisées en trois documents distincts.

Le document intitulé *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* décrit les exigences en matière de levés, afin d'assurer une acquisition de données hydrographiques conforme à des normes spécifiques. Ce document quantifie les niveaux de précisions requis, selon l'usage prévu des données. Tous les levés hydrographiques du SHC doivent satisfaire aux normes contenues dans ce document.

Le Système de gestion de la qualité (SGQ) *Procédures pour les levés hydrographiques*, explique en détail les procédures, méthodes, équipements et étapes requises pour obtenir le degré de précision indiqué dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. Il peut y avoir de petites différences selon les Régions, mais les procédures régionales du SGQ assurent le respect des normes du SHC.

Ce document est intitulé *Lignes directrices pour les levés hydrographiques* et assure le lien entre les normes du SHC et les *Procédures pour les levés hydrographiques* (SGQ) régionales.

**Ce document fait référence aux divers documents produits et est mis à jour par le Service hydrographique du Canada. Veuillez contacter le Service hydrographique du Canada pour obtenir plus de renseignements sur ces documents.**

[shcinfo@dfo-mpo.gc.ca](mailto:shcinfo@dfo-mpo.gc.ca)

**Préparé par :** *Groupe de travail sur les normes et procédures (GTNP)  
Comité d'acquisition et d'analyse de données (CAAD)  
Service hydrographique du Canada  
Pêches et Océans Canada  
Première édition*

***Juillet 2008***

---



## **Table des matières**

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Instructions relatives aux levés hydrographiques</b>	<b>3</b>
2.1	Instructions en matière de levés sur le terrain	3
2.2	Finalisation de levés	4
<b>3</b>	<b>Planification de levés</b>	<b>4</b>
3.1	Minutes hydrographiques	5
3.2	Ordre de levé	5
3.3	Documents pertinents	6
3.4	Instructions sur la réduction des niveaux d'eau	7
<b>4</b>	<b>Gestion des erreurs et étalonnage d'équipements</b>	<b>8</b>
4.1	Erreurs systématiques	8
4.1.1	Étalonnage des équipements de sondage	9
4.1.1.1	<i>Multitransducteurs et multifaisceaux</i>	9
4.1.1.2	<i>Simple faisceau</i>	11
4.2	Erreurs aléatoires	11
4.2.1	Total d'erreurs propagées (TEP)	12
4.3	Erreurs grossières	13
4.3.1	CUBE (Estimateur combiné de l'incertitude et de la bathymétrie - <i>Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator</i> )	13
<b>5</b>	<b>Mobilisation</b>	<b>13</b>
5.1	Contrôle horizontal	14
5.1.1	Points de contrôles permanents horizontaux	14
5.1.2	Description de stations	16
5.2	Référence verticale	16
5.2.1	Enregistreurs de niveaux d'eau et repères altimétriques	17
5.2.2	Points de contrôle vertical permanents (p. ex. repères altimétriques)	17
5.2.3	Descriptions des repères altimétriques	19
5.3	Système de positionnement	19

---

---

5.4	Vérification finale	20
<b>6</b>	<b>Acquisition et traitement de données</b>	<b>20</b>
<b>6.1</b>	<b>Bathymétrie</b>	<b>20</b>
6.1.1	Corrections pour la vitesse du son	22
6.1.1.1	Barre d'étalonnage (pour SEMT et SESF)	23
6.1.1.2	Profilage de la vitesse du son (pour les SEMT et SESF; obligatoire pour les SEMF)	24
6.1.2	Tirant d'eau statique et dynamique	25
6.1.3	Pilonnement, tangage, roulis et cap	26
6.1.4	Positionnement	27
6.1.5	Sondages simple faisceau	27
6.1.6	Sondages multitransducteur	29
6.1.7	Sondages multifaisceaux	30
6.1.8	Sondages avec sonar à balayage latéral	31
6.1.9	Sondages interférométriques	32
6.1.10	Sondages aéroportés (LIDAR)	34
6.1.11	Sondages ponctuels	35
6.1.12	Examen de hauts-fonds	35
6.1.13	Lignes de vérification	36
6.1.14	Levé en route et de reconnaissance	37
6.1.15	Réduire les sondages au zéro des sondes du levé	38
6.1.15.1	Réduire les sondages au zéro des sondes à l'aide d'un GPS en mode cinématique en temps réel (RTK).	39
<b>6.2</b>	<b>Aides à la navigation</b>	<b>39</b>
6.2.1	Aides fixes	40
6.2.2	Aides flottantes	41
6.2.3	Alignements	41
6.2.4	Feux à secteurs	43
<b>6.3</b>	<b>Épaves et obstructions</b>	<b>43</b>
6.3.1	Positions d'épaves et des obstructions	43
6.3.2	Profondeur minimale au-dessus d'une épave	44
<b>6.4</b>	<b>Câbles et conduites submergés</b>	<b>45</b>
<b>6.5</b>	<b>Hauteurs-libres</b>	<b>45</b>
<b>6.6</b>	<b>Objets remarquables</b>	<b>46</b>
<b>6.7</b>	<b>Altitudes</b>	<b>47</b>
<b>6.8</b>	<b>Classification du fond marin</b>	<b>48</b>

<b>6.9</b>	<b>Relèvement de la ligne de rivage</b>	<b>49</b>
<b>6.10</b>	<b>Levé de révision</b>	<b>50</b>
6.10.1	Levé de révision au cours d'un levé hydrographique standard	51
6.10.2	Levé de révision de publications nautiques.	52
<b>6.11</b>	<b>Instructions nautiques</b>	<b>52</b>
<b>6.12</b>	<b>Nomenclature cartographique</b>	<b>53</b>
<b>6.13</b>	<b>Utilisation de photos</b>	<b>54</b>
6.13.1	Utilisation générale	54
6.13.2	Photographies aériennes pour les Instructions nautiques	55
<b>6.14</b>	<b>Mesures des courants</b>	<b>56</b>
<b>6.15</b>	<b>Vérifications-terrain (avant de quitter le terrain)</b>	<b>58</b>
6.15.1	Bathymétrie	58
6.15.2	Autres données	58
<b>6.16</b>	<b>Autres calculs</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b><i>Contrôle de la qualité</i></b>	<b>59</b>
<b>7.1</b>	<b>Bathymétrie</b>	<b>60</b>
7.1.1	Chevauchement entre les levés	60
<b>7.2</b>	<b>Autres calculs</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b><i>Finalisation et dépôt des données</i></b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b><i>Rédaction de rapports</i></b>	<b>62</b>
<b>9.1</b>	<b>Signalement de dangers à la navigation</b>	<b>63</b>
<b>9.2</b>	<b>Rapports sur les avancements des travaux</b>	<b>63</b>
<b>9.3</b>	<b>Rapport de projet</b>	<b>64</b>
<b>9.4</b>	<b>Rapports techniques et spéciaux</b>	<b>66</b>
<b>9.5</b>	<b>Signaler des accidents</b>	<b>66</b>
<b>10</b>	<b><i>Abréviations, acronymes, définitions et expressions</i></b>	<b>69</b>

---



## *Liste des modifications*

<b>Version</b>	<b>Date</b>	<b>Modification</b>



## 1 Introduction

Ce document explique en détail les exigences auxquelles un levé hydrographique doit satisfaire. Les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* de décembre 2005 et le présent document annulent toutes les éditions précédentes des *Normes de levés hydrographiques du SHC - Ordres permanents pour les levés* et l'édition 1998 des *Normes minimales du SHC pour les levés hydrographiques*.

Les lignes directrices suivantes sont fondées sur les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*, les *Ordres permanents, 1986* et les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* d'août 1998. Ces lignes directrices ne remplacent pas les nouvelles *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* de décembre 2005, ni les *Procédures du SHC pour les levés hydrographiques (SGQ)* existantes, mais elles doivent être utilisées dans le cadre des diverses tâches requises pour effectuer un levé hydrographique. Voici une description des trois niveaux de documents relatifs aux levés hydrographiques.

- *Normes du SHC pour les levés hydrographiques, 2005.*  
Document national décrivant les diverses précisions requises pour les entités recueillies par le Service hydrographique du Canada, ou tout organisme le remplaçant.
- *Lignes directrices du SHC pour la gestion de levés hydrographiques, 2008.*  
Document national décrivant la méthodologie à utiliser afin de se conformer aux diverses normes décrites dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.
- *Procédures du SHC pour les levés hydrographiques (selon le Système de gestion de la qualité du SHC fondé sur ISO 9001:2000).*  
Ensemble de procédures et de formulaires régionaux détaillés qui tiennent compte de l'environnement distinct de chaque Région (processus, bateaux, systèmes, processus, etc.). Ces procédures font référence aux deux documents précédents.

Au cours de la rédaction de ces lignes directrices, nous avons utilisé les documents suivants à titre de référence :

- La réimpression n° 19 de l'Organisation hydrographique internationale (OHI) – Lignes directrices pour la préparation de spécifications relatives aux levés hydrographiques.
- Les normes néozélandaises en matière de levés hydrographiques (*New Zealand's Standards for Hydrographic Surveys (HYSPEC) v3-2001*)
- Levés hydrographiques - Spécifications et livrables (*National Ocean Service (NOS) Hydrographic Surveys-Specifications and Deliverables-2003*).
- Ingénierie et conceptions (*Engineering and Design – Hydrographic Surveying 2002 by USA Corps of Engineers*).

## 2 Instructions relatives aux levés hydrographiques

Tous les projets de levés hydrographiques devraient être accompagnés d'instructions définissant les tâches à effectuer. Les instructions détaillées en matière de levés devraient être rédigées une fois que le projet aura été approuvé et mis au calendrier pour exécution.

### 2.1 Instructions de levés hydrographiques

Le but des Instructions de levés est de dresser une liste de tâches à exécuter et de fournir des informations additionnelles qui ne sont pas couvertes par les Normes du SHC, les *Procédures du SHC pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales ou tout autre document émanant du SHC. Les instructions relatives au projet de levés devraient être approuvées par le gestionnaire, des levés hydrographiques.

Les détails inclus dans les instructions relatives au projet de levés varieront selon la nature du levé et sa complexité; toutefois, ils devraient comprendre :

- une description générale du projet,
- le but du levé hydrographique (utilisation par le SHC, client externe),
- l'historique de la région à relever (cartes existantes, travaux déjà effectués, etc.),
- le secteur à relever, incluant les limites, l'Ordre du levé (Tableau 1, *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*), le mode opératoire, la technologie envisagée, la densité des données, etc.,
- les références géodésiques horizontales et verticales à utiliser,
- les degrés de précision à atteindre (ordre de levé), tel que défini dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*,
- les instructions relatives aux observations du niveau des eaux (tidales et non tidales) et réductions des sondages (généralement des instructions séparées rédigées par l'unité de Marées, courants et niveaux de l'eau - voir § 3.4 Instructions tidales),
- instructions relatives au traitement et à la soumission de données numériques,
- si requis, instructions en matière de désignation d'un agent à la sécurité et de conformité au Code canadien du travail,
- rédaction de rapports (fréquence, type de rapports, statistiques requises, etc.).

Si le projet est exécuté par le SHC, les informations suivantes devraient également être ajoutées :

- liste du personnel participant,
- dates de début et de fin,
- plates-formes de sondages qui seront utilisées,
- si les travaux sont exécutés pour un client externe : une copie de l'accord de partenariat ou de contrat, la date à laquelle le produit doit être livré, les détails sur les livrables (numérique, papier, format, etc.).

Les informations suivantes doivent être incluses si le projet est exécuté par une firme indépendante pour le compte du SHC :

- formats des données et instructions particulières sur la soumission de données,
- requête pour l'utilisation d'équipement particulier et de logiciels de traitement,
- dates de livraison des produits,
- rapports récapitulatifs sur la méthodologie et les équipements utilisés,
- rapports sur le contrôle de la qualité, incluant tous les enregistrements pertinents (notes-terrain, etc.),
- une copie de l'accord de partenariat, de l'entente ou du contrat.

Des exigences supplémentaires ou des instructions de levés modifiées découlant d'informations et de demandes qui n'étaient pas disponibles ou connues au moment de la rédaction des instructions originales, pourraient être transmises au cours des levés.

## **2.2 Finalisation de levés**

Dans des circonstances normales, un levé hydrographique devrait être planifié et exécuté de manière à permettre l'achèvement de toutes les phases du travail-terrain, au même rythme que l'avancement de la couverture initiale de sondages. La couverture initiale de sondages ne devrait pas progresser plus rapidement que les autres éléments essentiels requis pour compléter un secteur (examen de hauts-fonds, échantillons de fonds, alignements, positionnement d'aides fixes et objets remarquables, etc.), puisque les secteurs achevés peuvent être immédiatement utilisés pour créer ou mettre à jour des produits du SHC.

Si, au cours d'un levé hydrographique, l'hydrographe-en-Charge (HEC) considère que le travail décrit dans les instructions pour le levé ne peut être achevé, il ou elle devrait planifier les travaux afin de s'assurer de parachever une partie déterminée du secteur des levés.

## **3 Planification de levés**

Avant de se rendre sur le terrain, l'hydrographe-en-Charge et son équipe devront planifier les tâches à effectuer, recueillir toutes les informations pertinentes nécessaires à l'accomplissement des diverses tâches et vérifier que tout l'équipement destiné aux travaux-terrain est en bon ordre de marche et étalonné. Assurez-vous que tous les examens médicaux sont en règles, que les risques envisageables aient été identifiés et que les procédures de travail aient été lues et signées par les membres du personnel; assurez-vous aussi que toutes les formations nécessaires aient été suivies avant d'entamer les tâches.

Dans certains cas, il serait souhaitable une reconnaissance la région du levé, afin d'établir des contacts directs, le cas échéant, d'organiser l'hébergement et les bureaux temporaires, et avoir une idée de la région à relever.

Il faut parfois obtenir des autorisations pour travailler dans certaines zones comme des parcs, des réserves, etc. Dans ces cas, il faut contacter les autorités compétentes (Affaires indiennes et du Nord

Canada, Parcs Canada, etc.) pour être bien informé des coutumes et pour entretenir de bonnes relations avec ces groupes.

### **3.1 Minutes hydrographiques**

Le monde numérique a grandement modifié le concept d'échelle et de minutes hydrographiques. Les données bathymétriques numériques peuvent être portées sur une minute hydrographique à diverses échelles pour utilisation interne. Les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales définissent la nécessité ou non de soumettre des minutes hydrographiques avec les fichiers numériques.

Si les minutes hydrographiques s'avèrent nécessaires, elles devront être produites à l'échelle qui représente le mieux la région relevée. L'échelle d'une minute hydrographique ne détermine plus la densité des sondes, ni l'espacement des lignes de sonde.

Voici, ci-dessous, des suggestions d'échelles pour les régions types :

- quais et postes d'amarrage 1:1 000 ou plus
- ports et chenaux critiques 1:5 000 ou plus
- approches et routes recommandées 1:10 000 ou plus
- zones côtières 1:20 000 ou plus
- au large 1:50 000 ou moins

Afin d'assurer une représentation uniforme des entités sur les minutes hydrographiques, l'encodage des données sur les minutes hydrographiques devrait être effectué conformément aux spécifications contenues dans la version actuelle du manuel de numérisation.

Veuillez prendre note que l'espacement des lignes de sonde n'est plus déterminé par l'échelle des levés, mais plutôt par les profondeurs et les caractéristiques du fond marin des secteurs à relever, tel qu'établi dans l'Ordre de levé (voir le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*).

### **3.2 Ordre de levé**

Les exigences en matière de précision des différents secteurs à relever sont indiquées dans le Tableau 1 – Normes pour les données bathymétriques et dans le Tableau 2 – Normes pour le positionnement des aides à la navigation et entités importantes, tous deux contenus dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

L'ordre en vertu duquel le secteur sera relevé, doit être défini avant de se rendre sur le terrain. Cette définition va dicter les degrés de précisions, la couverture du fond, l'espacement des lignes de sonde et les capacités de détection requises lors de l'acquisition de données bathymétriques.

Les zones critiques devraient, de préférence, être relevés à l'aide de systèmes multifaisceaux ou multitransducteurs; c'est p. ex. le cas pour les eaux portuaires peu profondes, les zones d'amarrage et les chenaux critiques associés et offrant une profondeur d'eau sous quille minimale, ainsi que pour des levés d'ingénierie, ou lorsqu'une couverture totale du fond est requise. On peut utiliser des échosondeurs à simple faisceau, conjointement avec un sonar à balayage latéral. Un espacement de lignes de sonde plus étroit pourrait s'avérer nécessaire afin de fournir la meilleure couverture possible pour les ordres plus élevés. Le travail doit être effectuées selon les précisions et les spécifications décrites dans les Ordres exclusifs, spéciaux, 1 et 2.

Dans les zones moins critiques, des sondeurs à simple faisceau peuvent être utilisés pour couvrir les secteurs à relever en utilisant les espacements de lignes spécifiés dans le Tableau 1 - Normes pour les données bathymétriques des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. On pourrait aussi utiliser des systèmes de sondage multifaisceaux et multitransducteurs sans chevauchement entre les lignes de sonde. Le travail doit être effectué selon les précisions et les spécifications décrites dans les Ordres exclusifs, spéciaux, 1 et 2.

L'ordre de levé, le type d'échosondeur utilisé et l'espacement des lignes de sondage vont aider à définir la quantité de travail à effectuer et vont aussi permettre de déterminer le temps et le budget nécessaires au projet.

### 3.3 Documents pertinents

Les informations bathymétriques portées sur la carte peuvent provenir de sources variées, y compris de l'extérieur du SHC. Les données bathymétriques obtenues au cours d'un nouveau levé doivent être comparées aux documents-source et publications existantes. Il faut obtenir une liste des documents ayant été utilisés pour l'analyse du projet.

Ce qui suit est une liste de documents et publications qui devraient être apportés sur le terrain. Il se peut qu'il ne soit pas nécessaire de disposer de tous les documents listés ci-dessous, selon la nature du projet :

- copies de la dernière édition corrigée des cartes marines du secteur à relever,
- liste des cas d'investigations requises par l'unité de Production cartographique,
- liste des demandes particulières et des mises à jour requises par l'unité des Instructions nautiques,
- s'il y a lieu, une copie des minutes hydrographiques et plans source antérieurs, (de préférence en format numérique),
- photographies aériennes à jour et cartes topographiques du secteur,
- copie des publications pertinentes au secteur à relever : *Instructions nautiques*, *Tables des marées*, *Avis mensuels des niveaux de l'eau*, *Livre des feux, bouées et signaux de brume*, publications non gouvernementales fournissant des informations aux plaisanciers,
- listes des positions de tous les points de contrôles horizontaux et d'objets remarquables du secteur ainsi que leurs descriptions (provenant de la DLG, des gouvernements provinciaux, du SHC, etc.),
- listes des altitudes de tous les points de contrôles verticaux du secteur, ainsi que leurs

descriptions (provenant de la DLG, des gouvernements provinciaux, du SHC, etc.),

- liste des dernières positions des aides fixes et flottantes (provenant de la base de données de la GCC – SIPA),
- tous les numéros de fichiers nécessaires, etc., obtenus auprès du CDH/Gestion de données.

Les organismes comme Ports pour petits bateaux, les Autorités portuaires, Transports Canada (*Loi sur la protection des eaux navigables*), Travaux publics, autorités locales, etc., devraient être contactés afin d'obtenir des informations sur les projets de construction, de dragage, etc. prévus dans le secteur à relever.

Les documents de référence liés aux opérations et les procédures spécifiques d'étalonnage d'équipements, ainsi que les guides de l'utilisateur des divers équipements utilisés au cours des levés, devraient être disponibles.

On devrait aussi pouvoir disposer d'autres documents de référence comme les conventions de travail, les règles et procédures administratives, les guides et règles de sécurité qui régissent les levés hydrographiques, etc.

### **3.4 Instructions sur la réduction des niveaux d'eau**

Habituellement, on doit soumettre un projet de levés à l'unité Marées et niveaux de l'eau qui l'analysera et donnera des instructions particulières pour ce projet. Ceci devrait être fait à l'avance, de manière à ce que l'information demandée soit prête avant la date du départ.

Ces instructions devraient inclure les éléments suivants :

- le zéro des sondes,
- la référence verticale pour les élévations,
- la façon dont les sondes vont être réduites (échelles de niveau d'eau, enregistreurs de niveau d'eau, cartes cotidales, prédictions, etc.),
- le fuseau horaire à utiliser,
- l'emplacement des enregistreurs de niveau d'eau permanents (marée/sans marée) situés dans le secteur à relever et un exemplaire de leur historique d'inspections,
- un énoncé spécifiant si le zéro des sondes doit être établi par transfert de niveau d'eau et à partir de quelle station,
- emplacement des enregistreurs temporaires de niveau d'eau,
- exigences en matière d'observations à long terme des niveaux de l'eau,
- autres exigences particulières, comme des observations de courants et de courants de marée.

Tous les travaux doivent être effectués conformément aux procédures et précisions indiquées dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* et le *Manuel canadien des marées*.

## 4 Gestion des erreurs et étalonnage d'équipements

La gestion des incertitudes comprend plusieurs étapes et éléments. Les principales étapes de gestion des incertitudes sont :

- la préanalyse (conception de levés), ou une estimation de la contribution des erreurs aléatoires provenant de diverses sources d'erreurs est faite pour définir si l'équipement envisagé pour les levés va donner des résultats conformes ou supérieurs aux spécifications,
- contrôle des erreurs par l'étalonnage et les bonnes pratiques de levés,
- évaluation des résultats des levés, afin de déterminer si les spécifications de levés ont été atteintes, et
- documentation, ou chaque entité comme des sondes, des aides à la navigation, etc. se voit attribuer un degré d'incertitude, et/ou des métadonnées sur le degré d'incertitude pour l'ensemble du projet de levés, de manière à permettre aux utilisateurs de déterminer si l'ensemble de données répond à leurs besoins particuliers.

Les principaux éléments d'incertitudes sont :

- des erreurs systématiques ou des écarts résultant d'écarts dans les paramètres des systèmes qui n'aurait pas tenu compte au moyen d'une procédure de levés, comme l'étalonnage du système,
- erreurs aléatoires dues au parasites (bruit de fond) présent au cours du processus de mesure,
- des fautes ou des erreurs accidentelles qui pourraient être dues à de mauvais fonctionnements d'appareils, aux conditions environnementales et aux facteurs humains, qui sont au-delà de tout contrôle.

### 4.1 Erreurs systématiques

Les erreurs systématiques peuvent être réduites à des niveaux négligeables en appliquant soigneusement les procédures d'étalonnage avant chaque levé. De plus, il faudrait effectuer une vérification régulière (quotidienne, dans certains cas) et après chaque modification apportée aux équipements, aux logiciels et aux micrologiciels, pour s'assurer au fur et à mesure de la progression des levés que les erreurs ou les fautes soient atténuées.

Tout l'équipement qui va être utilisé sur le terrain doit être vérifié sur le terrain, et, s'il y a lieu, étalonné avant à son transport vers le secteur des levés. Durant le transport, il y a toujours des possibilités d'avarie due aux vibrations, chocs, écarts de température, etc., peu importe le degré de précision avec lequel un équipement a été ajusté au moment de son transport de l'usine ou de l'atelier. Certains appareils doivent aussi faire l'objet d'essais-terrain sur le site des levés avant leur utilisation. Les utilisateurs devraient se référer aux guides des utilisateurs et aux procédures SGQ de levés hydrographiques pour s'assurer que les essais requis aient été faits sur les instruments et qu'ils fonctionnent selon les spécifications définies.

Il faut au moins effectuer les opérations suivantes :

- les récepteurs GPS doivent être vérifiés sur des points de contrôle connus,
- tous les équipements de mesure de distances devraient être vérifiés sur une base

géodésique d'étalonnage. Les bases géodésiques devraient avoir une précision plus grande que celle spécifiée par le fabricant; de plus, il faudrait définir une valeur constante du zéro pour l'appareil,

- les baromètres et les psychromètres doivent être étalonnés,
- les télémètres devraient être vérifiés par rapport à des distances connues,
- les théodolites devraient être vérifiés pour détecter les erreurs de colimaçon, parallaxe, erreur d'index vertical et toutes autres imprécisions de l'instrument. Toutes les parties mobiles doivent être vérifiées pour assurer leur bon fonctionnement,
- les niveaux devraient être vérifiés (au moyen du « peg-test ») et les mires devraient être étalonnées par comparaison avec un étalon,
- les enregistreurs et les échelles de niveau d'eau qui seront utilisées au cours du levé devraient être vérifiés,
- les échosondeurs devraient être vérifiés en conditions-terrain, préférablement sur les plates-formes de travail sur lesquelles ils sont installés,
- les profileurs de vitesse du son devraient être vérifiés et étalonnés (voir les instructions du fabricant pour les fréquences d'étalonnage recommandés),
- les barres d'étalonnage, les jalons et les plombs de sonde devraient être mesurés pour s'assurer que les marqueurs de distance soient bien arrimés.

Tous les ordinateurs, tous les programmes et les réseaux informatiques devraient être vérifiés pour s'assurer qu'ils soient fonctionnels dans un environnement terrain.

Les différentes suites de logiciels utilisés pour acquérir, traiter et analyser les diverses données bathymétriques recueillies devraient être vérifiés pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement et que les mises à jour ( « service packs, hotfixes ») et les pilotes officiels soient installés. L'utilisation des dernières versions des mises à jour est laissée à l'appréciation du chef de projet. Des copies de sauvegarde de ces différents suites de logiciels devraient être disponibles et entreposées dans des endroits sûrs en vue d'une utilisation éventuelle.

Tous les instruments devraient être revérifiés et, au besoin, être réétalonnés après avoir subi une réparation ou des modifications (remplacement de cartes électroniques, ajustements d'ordinateurs, etc.). Il faut consigner toutes les réparations et modifications.

#### **4.1.1 Étalonnage des équipements de sondage**

Les systèmes de sondage requièrent un étalonnage avant la mise en fonction de la plate-forme de sondage sur le terrain.

##### **4.1.1.1 Multitransducteurs et multifaisceaux**

Les systèmes multitransducteurs et multifaisceaux sont des dispositifs complexes d'échosondage et nécessitent un ajustement et un étalonnage minutieux avant d'être utilisé sur le terrain.

Il faut mesurer physiquement les paramètres d'alignements et les distances entre les différents senseurs des systèmes multitransducteurs ou multifaisceaux, de même que le point de référence du bateau, et saisir l'information dans l'ordinateur du système. Ces mesures sont généralement effectuées après que le système ait été installé ou lorsqu'un appareil a été remplacé ou déplacé.

Au début de la saison de levé et avant de se rendre sur le terrain, ou à chaque fois qu'un appareil a été remplacé ou déplacé, il faut :

- effectuer des essais et des vérifications du senseur d'attitude,
- utiliser une barre d'étalonnage pour mesurer le tirant d'eau du transducteur,
- vérifier l'alignement du transducteur ou du bras de support du transducer,
- vérifier l'alignement du gyro à l'aide de techniques précises d'arpentage terrestre ou par d'autres méthodes comme le « patch test »,
- effectuer des essais de déjaugage et d'enfoncement (« squat »), et
- vérifier et corriger les délais de temps entre les systèmes de positionnement, de sondage et le senseur d'attitude.

Un « patch test » devrait être effectué pour quantifier les écarts résiduels de l'alignement initial et les décalages. Ce test consiste à effectuer plusieurs lignes de sondage réciproques à des vitesses, profondeurs et fonds différents pour ensuite comparer les résultats obtenus. Les lignes effectuées perpendiculairement sur un fond à faible pente (de préférence en enregistrant le sommet) serviront à vérifier la latence et le tangage dans les données. Des lignes de sondage réciproques effectuées par-dessus un fond plat, serviront à vérifier le roulis. Les lignes de sondage effectuées de chaque côté d'une entité déterminée, comme une épave, peuvent permettre de déterminer les écarts du gyro.

Les données obtenues peuvent être soigneusement analysées pour effectuer les ajustements requis. Les résultats de ce test devraient être documentés, consignés et rendus disponibles sur demande. Noter que ce peut également être fait dans la zone de travail.

Pour plus d'informations, consultez « *The Calibration of Shallow Water Multibeam Echo-Sounding Systems* », André Godin, 1997.

Une fois que tous les ajustements et étalonnages ont été effectués, le système devrait être utilisé pour effectuer une série de lignes de sondage parallèles et perpendiculaires au-dessus d'un fond de référence dont les profondeurs ont été définies et vérifiées, à l'aide d'un système indépendant. Les résultats ainsi obtenus devraient être comparés avantageusement et dans les limites des exigences de précision mentionnées dans l'Ordre permanent, tel qu'établi dans le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Des essais devraient également être effectués afin de s'assurer que le système peut détecter les entités selon les dimensions minimales requises par l'ordre du levé, tel qu'établi dans le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

#### **4.1.1.2 Simple faisceau**

Les échosondeurs à simple faisceau installés sur les plates-formes de sondages qui seront utilisés au cours des levés, devraient faire l'objet d'essais en conditions réelles, afin de s'assurer que leur fonctionnement soit conforme aux spécifications; il en va de même pour le reste de l'équipement. Une barre d'étalonnage devrait être utilisée pour mesurer le tirant d'eau du transducteur et pour déterminer la vitesse du son. Lorsque des résultats d'ordres supérieurs sont requis, des tests devraient être faits pour vérifier le déjaugage et l'enfoncement de l'embarcation (« squat »), l'alignement du gyro ou du senseur d'attitude et les mesures entre les capteurs sont nécessaires.

## **4.2 Erreurs aléatoires**

Contrairement aux erreurs systématiques, les erreurs aléatoires ne peuvent être éliminées. Toutefois, il est possible d'évaluer les incidences des erreurs aléatoires sur les résultats de levés (préanalyse), afin d'atténuer ou de réduire leurs effets (conception du levé et sélection d'instruments) et pour évaluer la qualité du levé, tant au cours du levé (assurance de la qualité en temps réel - AQTR), qu'à la fin du levé. Une évaluation d'après levé permet d'attribuer une valeur d'incertitude à chaque objet dévaluer la qualité générale du levé pour générer des métadonnées. Ceci fournit l'information nécessaire aux utilisateurs d'ensembles de données, afin qu'ils puissent déterminer si cela répond à leurs besoins particuliers

On peut effectuer une pré-analyse en utilisant, par exemple, une feuille de calcul EXCEL. Des valeurs pour chaque erreur aléatoire peuvent être attribuées à 1 sigma (déviation standard, valeur efficace, ECP, etc.). On appelle ceci la propagation des erreurs aléatoires. C'est très simple pour les échosondeurs à faisceau unique (voir p. ex. « *Professional Paper No. 25* » de l'UKHO). Pour les échosondeurs multifaisceaux, c'est un peu plus compliqué (voir p. ex. « *Accuracy Estimation of Canadian Swath (Multi-beam) and Sweep (Multi-Transducer) Sounding Systems* », 1995, R. Hare, A. Godin et L. Mayer).

Plusieurs trousse de navigation et d'enregistrements de données disposent d'outils d'évaluation qui tient compte de la déviation standard de la surface bathymétrique. L'estimateur combiné de l'incertitude et de la bathymétrie (*Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator - CUBE*) est un exemple d'outil d'évaluation en temps réel incorporé dans des trousse d'acquisition et de traitement de données (voir § 4.3.1). La déviation standard de la surface bathymétrique peut diminuer au fur et à mesure que de nouvelles données sont rajoutées à la surface. Il faut considérer le fait que la déviation standard de la moyenne est toujours plus petite que la déviation standard d'une mesure unique.

#### 4.2.1 Total d'erreurs propagées (TEP)

Tel que stipulé dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*, la précision des profondeurs réduites doit être définie. En définissant cette précision, toutes les sources d'erreurs individuelles doivent être quantifiées pour définir l'erreur totale propagée (ETP). Voici quelques-unes des sources d'erreurs dont il faut tenir compte :

- réglage du tirant d'eau statique,
- dérive du tirant d'eau dynamique, incluant le déjaugage et d'enfoncement (« squat »),
- changement dans la vitesse du son,
- erreurs causées par les instruments,
- roulis, tangage et pilonnement,
- minutage de la navigation,
- lecture des niveaux d'eau ou des hauteurs GPS en mode cinématique (« RTK »),
- modèle de propagation de la marée.

L'estimation des précisions des positions et des profondeurs sont calculées séparément en tant que racine carrée des variances (résultante quadratique) de toutes les erreurs-source. Selon cette approche, aucune erreur n'est corrélée, ni compensée et elles respectent une distribution normale (gaussienne). Dans les cas où une telle hypothèse ne s'avère pas valide, une estimation de l'erreur introduite dans le processus d'évaluation sera donnée.

Comme certaines erreurs-sources ne sont pas encore bien comprises, les estimations initiales vont être fondées sur des tests élémentaires sur un nombre limité d'ensembles de données. Pour valider ces estimations, il faut utiliser des ensembles de données étalon indépendants (validation) comme méthode pour étalonner à post-priori le processus d'estimation des erreurs.

On applique l'approche de [Velberg \[1993\]](#) pour estimer les effets des changements temporels sur la bathymétrie. Cette approche implique que l'erreur due à la nature dynamique du fond marin est connue ou qu'elle peut être estimée.

Afin de pouvoir établir un budget d'erreurs, des estimations de toutes les erreurs-sources aléatoires indépendantes, ayant le même niveau de certitude, sont requises. Pour plus d'informations sur le ETP et le processus de calcul, consultez le document intitulé « *Estimation of Bathymetric Accuracy Attributes and their Implementation in the Source Data Base* », 1996, R. M. Hare.

### 4.3 Erreurs grossières

Cette dernière catégorie d'erreurs comprend celles qui découlent d'erreurs grossières ou d'accidents. Contrairement aux erreurs systématiques, celles-ci ne peuvent être éliminées par des procédures minutieuses. Contrairement aux erreurs aléatoires, elles ne peuvent être estimées avant le levé et elles ne peuvent être réduites par des mesures additionnelles. Par contre, les erreurs grossières peuvent être détectées et éliminées, à condition que le levé compte suffisamment de mesures redondantes et que degré de précision soit suffisant. On utilise souvent le terme détection d'erreur imperceptibles (DEI; *Minimally Detectable Blunder - MDB*). Pour la bathymétrie, des ensembles de données très denses (provenant p. ex. de multifaisceaux à haute résolution) permettent de détecter des erreurs incongrues (d'un point de vue statistique) parmi les valeurs avoisinantes. Il y a de nombreuses approches statistiques pour repérer les erreurs grossières dans les données multifaisceaux.

Pour les levés effectués à l'aide d'échosondeurs à simple faisceau, la faible densité des données rend le repérage des erreurs grossières très peu probable. La fiabilité des levés multifaisceaux est beaucoup plus grande en raison de la capacité de détection. C'est pour cette raison que de tels levés sont recommandés pour les ports, les approches et les zones critiques.

#### 4.3.1 CUBE (Estimateur combiné de l'incertitude et de la bathymétrie - *Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator*)

CUBE utilise les sondages et leurs incertitudes estimées (voir § 4.2) comme valeurs de base et, à travers les données spatiales, une pondération des incertitudes et en se fiant à la très haute densité des données multifaisceaux, extrait une surface bathymétrique maillée et une surface d'incertitude (erreur) associée. De plus, il trace les hypothèses statistiques pour chacun des points de profondeur et tente de déterminer laquelle des valeurs est la plus probable, là où il y en a plus d'une. Ceci en fait un outil très puissant pour identifier et supprimer les erreurs dans les données. Une fois que celles-ci ont été supprimées des données, CUBE est activé une nouvelle fois pour générer des surfaces bathymétriques et d'incertitudes. La surface d'incertitude est la quantification de la qualité du levé, qui peut être comparée aux spécifications et utilisée pour créer les métadonnées du levé.

## 5 Mobilisation

Avant de pouvoir acquérir des données hydrographiques, lorsque cela est possible, il faudra réutiliser ou rétablir les références verticales et horizontales, installer (au besoin) et étalonner le système de

positionnement (de référence) et installer les instruments nécessaires à l'enregistrement des fluctuations des niveaux d'eau.

## 5.1 Contrôle horizontal

À moins d'utiliser le réseau DGPS, il faudra disposer de points de contrôles horizontaux afin de pouvoir positionner les données bathymétriques, les aides fixes et flottantes et les objets remarquables utiles à la navigation, ainsi que la ligne de rivage.

Pour effectuer les tâches susmentionnées, il faudra éventuellement installer et établir de nouveaux points de contrôles dans le secteur du levé. Les nouveaux points de contrôles doivent être établis au degré de précision stipulé dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Il faut suivre les procédures et spécifications établies par les Services géodésiques régionaux ou nationaux si on utilise un GPS pour obtenir les positions.

Pour plus de renseignements au sujet du positionnement par GPS, consultez le document intitulé *Ordre permanent sur les levés GPS*.

S'il faut utiliser des méthodes de levés traditionnelles (angles et distances) pour obtenir les positions : suivre les méthodes et procédures indiquées dans les *Spécifications pour levés de contrôle et recommandations sur l'établissement de repères* de RNCAN et les *Normes de précision pour le positionnement* ou dans les procédures d'autres agences officielles provinciales. Ceci a pour but de s'assurer que les précisions stipulés dans les Tableaux 1 et 2 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* soient atteintes.

### 5.1.1 Points de contrôles permanents horizontaux

À moins d'indication contraire, tout nouveau point de contrôle terrestre primaire doit être marqué de façon permanente avec un médaillon implanté dans le rock ou le sol, étampé et identifié selon la convention de numérotage utilisée par la Base de données géodésiques nationale.

Les points de contrôle secondaires peuvent être marqués par des trous de forage, des piquets en métal, des conduites, etc. puisqu'elles ne sont que de nature semi-permanente. Toutefois, elles devraient faire l'objet d'une même description que les points de contrôles permanents (voir § 5.1.2 Description de stations).

Tous les points de contrôle horizontal permanents doivent être identifiés avec la mention HYDROGRAPHIC SERVICE – CANADA - HYDROGRAPHIC SERVICE inscrite sur le médaillon. Les mots devraient être inscrits à distance égale et proche du périmètre du médaillon.

Chaque médaillon devrait être identifié au moyen du système de numérotation de la Base de données géodésiques nationale (BDGN), consistant en 8 caractères alphanumériques **MYRA9XYZ** où le :

- « M » est une lettre fixe indiquant que le point a été implanté à partir de l'année 2000,

- « YR » représente les 2 derniers chiffres de l'année au cours de laquelle le point a été implanté,
- « À » est un numéro à un chiffre, identifiant la province ou le territoire (voir tableau ci-dessous) où le point de contrôle a été installé,
- « 9 » est un numéro à un chiffre qui identifie l'organisme qui a implanté ce point (SHC = 9),
- « XYZ » est un numéro à trois chiffres (001 à 999) qui marque le point de façon unique (attribué par les bureaux régionaux du SHC).

Par exemple, le numéro de station 8739412 signifie : 87 = l'année d'installation; 3 = Ontario, 9 = SHC et 412 = identificateur propre à la station. Remarquez que la position du premier caractère (« M ») est laissée en blanc, puisque le point a été implanté avant l'an 2000.

Le numéro du point de contrôle horizontal doit être étampé à l'aide de poinçons, dans la partie centrale ouverte du médaillon, centré au-dessus de « -CANADA- » et orienté pour être lisible du Sud en faisant face au Nord, tout comme « -CANADA- ».

TOUS les médaillons doivent porter la mention « CANADA » orienté au Sud, de manière à ce que les médaillons se lisent du Sud et que la position « midi » indique le Nord.

Liste des Provinces et Territoires et leurs identifiants pour les points de contrôle horizontaux :

Province	A
Terre-Neuve	0
Nouvelle-Écosse	1
Île-du-Prince-Édouard	1
Nouveau-Brunswick	1
Québec	2
Ontario	3
Manitoba	4
Saskatchewan	5
Alberta	6
Colombie-Britannique	7
Territoire du Yukon	8
Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut	9

Dans le cas où les points de référence sont installés pour faciliter le positionnement de futurs points de contrôle horizontaux, ils devraient être référencés et étampés avec la mention Réf. 1, Réf. 2, Réf. 3, etc. Ils doivent être décrits par rapport à la station de référence.

Chaque Région se voit attribuer annuellement un bloc de numéros compris entre 001 et 999 qu'elle pourra utiliser pour les identifiants XYZ.

Chaque Région assumera la responsabilité d'attribuer des numéros XYZ pour les zones de travail suivantes :

- Maritimes Le Bureau régional devrait attribuer les numéros pour Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard et le Nouveau-Brunswick.
- Québec Le bureau régional pour toute la Province du Québec.
- Centre et Arctique Le Bureau régional pour l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan, l'Alberta, la côte du Yukon, les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut.
- Pacifique Le Bureau régional pour la Colombie-Britannique et le Yukon.

Des numéros ou des blocs de numéros peuvent être assignés d'une Région à une autre lorsqu'une Région doit effectuer des levés dans une zone relevant d'une autre Région.

### 5.1.2 Description de stations

Il faut rédiger clairement les descriptions de chacun des points de contrôle permanents, afin de les retrouver facilement. Tous les points de contrôle doivent être décrits conformément à la documentation du SGQ. Un croquis sommaire de la région devrait indiquer l'emplacement général du médaillon par rapport à la ligne de rivage, les directions vers les autres points, etc. Un croquis détaillé devrait indiquer les distances entre le médaillon et d'autres entités et objets remarquables, de manière à pouvoir repérer facilement le point de contrôle. Il faudrait aussi prendre des photos (voir le § 6.13 Utilisation de photos) et les inclure avec la description écrite.

## 5.2 Référence verticale

Il faudra réutiliser ou établir une référence verticale (zéro des sondes) afin de réduire les sondages à un niveau de basses eaux (qui peut être défini comme le niveau en dessous duquel l'eau ne descend que rarement au cours de la saison de navigation).

Il faudra aussi réutiliser ou établir une référence verticale pour les altitudes afin de déterminer les élévations des objets (aides fixes et objets remarquables) et les hauteurs libres sous les obstacles aériens (ponts, lignes à haute tension, etc.).

Dans les eaux à marée :

- les sondages sont réduits à la basse mer inférieure, grande marée (BMIGM), à la marée normale la plus basse (MNPB) ou à la marée astronomique la plus basse (MAPB),
- les altitudes et les hauteurs libres sont réduites à la pleine mer supérieure, grande marée (PMSGM) ou à la marée astronomique la plus haute (MAPH).

Dans les eaux sans marée,

- les sondages, altitudes et hauteurs libres sont réduits au zéro des sondes (un niveau de basses eaux).

Dans certains cas, les références verticales sont déjà établis et il ne faudra que vérifier les enregistreurs de niveaux d'eau existant ou installer un enregistreur temporaire et le référencer au zéro des sondes en le nivelant à partir de repères existants.

Dans d'autres cas, il faudra établir le zéro des sondes du secteur à relever au moyen de transfert de niveau d'eau, ce qui demande des lectures simultanées de plusieurs niveaux d'eau provenant d'enregistreurs temporaires et permanent, situé à des endroits éloignés.

Des instructions spécifiques devraient être données par le représentant de Marées et niveaux d'eau et ajoutées aux Instructions de levés.

### 5.2.1 Enregistreurs de niveaux d'eau et repères altimétriques

Les enregistreurs de niveaux d'eau permanents situés dans les environs du secteur à relever doivent être vérifiés pour s'assurer que les valeurs de niveaux d'eau enregistrées sont précises. Les repères altimétriques et les échelles de niveau d'eau situés dans les environs doivent être nivelés afin de s'assurer qu'ils soient stables et qu'ils n'aient pas été déplacés verticalement. Tout écart significatif devrait être signalé à l'agent des Marées du SHC avant le début des opérations.

Les enregistreurs de niveaux d'eau temporaires, y compris les échelles de niveau d'eau, devraient être installés et rattaché à un minimum de trois repères altimétriques permanents. Ces repères devraient être référencés au zéro des sondes, au CGVD28 (NMM) et à l'ellipsoïde WGS84.

Pour les enregistreurs de niveaux d'eau numériques : suivre les méthodes et procédures indiquées dans le guide de l'utilisateur.

Tous les enregistreurs de niveaux d'eau, tant temporaires que permanents, doivent être vérifiés régulièrement (quotidiennement, si possible), afin de s'assurer qu'ils enregistrent les bonnes valeurs de niveaux d'eau.

Tous les travaux doivent être effectués conformément aux procédures et précisions stipulés dans la dernière édition du *Manuel canadien des marées*, afin qu'ils soient conformes aux normes stipulées dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

### 5.2.2 Points de contrôle vertical permanents (p. ex. repères altimétriques)

À moins d'indication contraire, tout nouveau repère doit être marqué de façon permanente avec un médaillon étampé et identifié selon la convention de numérotage utilisée par la Base de données géodésiques nationale.

Tous les médaillons-repères verticaux doivent être identifiés avec la mention HYDROGRAPHIC SERVICE – CANADA - HYDROGRAPHIC SERVICE inscrite sur le médaillon. Les mots devraient être inscrits à distance égale et proche du périmètre du médaillon.

Chaque médaillon devrait être identifié au moyen du système de numérotation de la Base de données géodésiques nationale (BDGN), consistant en 8 caractères alphanumériques **MYRA9xYZ** où le :

- « **M** » est une lettre fixe indiquant que le point a été implanté à partir l'année 2000,
- « **YR** » représente les 2 derniers chiffres de l'année au cours de laquelle le point a été implanté (p. ex. 87, 99, 01),
- « **x** » est une lettre identifiant la province ou le territoire (voir tableau ci-dessous) où le point de contrôle a été implanté,
- « **9** » est un numéro à un chiffre qui identifie l'organisme qui a implanté le point (SHC = 9),
- « **XYZ** » est un numéro à trois chiffres (001 à 999) qui marque le point de façon unique (attribué par les bureaux régionaux du SHC).

Par exemple, le numéro de station 87L9412 signifie : 87 = année d'installation; L = Québec, 9 = SHC et 412 = identificateur propre à la station. Remarquez que la position du premier caractère (« **M** ») est laissée en blanc, puisque le point a été implanté avant l'an 2000.

Le numéro du repère doit être étampé à l'aide de poinçons, dans la partie ouverte du médaillon, juste en dessous et parallèlement à la rainure sur la face du médaillon. Les lettres BM devraient être étampées et centrées au-dessus de la rainure.

Liste des Provinces et Territoires et de leurs identifiants pour les points de contrôle vertical (CV) – p. ex. BM,

Province	x
Terre-Neuve	F
Nouvelle-Écosse	N
Île-du-Prince-Édouard	P
Nouveau-Brunswick	B
Québec	L
Ontario	U
Manitoba	M
Saskatchewan	S
Alberta	A
Colombie-Britannique	C
Territoire du Yukon	Y
Territoires du Nord-Ouest	T
Nunavut	V

Chaque Région se voit attribuer annuellement un bloc de numéros compris entre 001 et 999, qu'elle pourra utiliser pour les identifiants XYZ.

Chaque Région assumera la responsabilité d'attribuer des numéros XYZ pour les zones de travail suivantes :

- Maritimes Le Bureau régional devrait attribuer les numéros pour Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard et le Nouveau-Brunswick.
- Québec Le Bureau régional pour toute la Province du Québec.

- Centre et Arctique Le Bureau régional pour l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan, l'Alberta, la côte du Yukon, les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut
- Pacifique Le Bureau régional pour la Colombie-Britannique et le Yukon.

Les numéros ou les blocs de numéros peuvent être assignés d'une Région à une autre lorsqu'une Région doit effectuer des levés dans une zone relevant d'une autre Région.

### 5.2.3 Descriptions des repères altimétriques

Pour faciliter le repérage des médaillons, une description claire doit être rédigée et une position horizontale doit être prise. Un croquis devrait indiquer la direction et la distance entre le repère et d'autres structures ou entités remarquables (voir le *Manuel canadien des marées*, § 6.2.2 Repères – descriptions). Il faudrait aussi prendre des photos (voir le § 6.13 Utilisation de photos) et les inclure avec la description écrite.

## 5.3 Système de positionnement

Les corrections GPS sont fournies par les réseaux à grande échelle GCC-DGPS, C-DGPS ou WAAS. Toutefois, dans certaines régions, où la réception du signal GPS est difficile ou lorsqu'une haute précision est requise, il faut parfois installer une station de référence DGPS ou RTK temporaire. Cette station temporaire doit être installée sur un point de contrôle permanent dont la précision respecte l'Ordre de levé.

Avant d'acquérir les données, il faut vérifier les paramètres et la précision obtenue par le système de positionnement, Ceci pourrait se faire au moyen de différents tests (surface bathymétrique de référence, comparaison avec des systèmes indépendants, des points de contrôle, etc.).

Le système de positionnement doit être surveillé afin de s'assurer que la qualité du positionnement horizontal réponde aux spécifications. Le logiciel GPS offre des capacités de surveillance qui peut être effectuée en temps réel à bord. La plupart des systèmes affichent et enregistrent les résiduels, le nombre de satellites, la dilution de la précision (DOP), l'âge des corrections DGPS, etc. Tant que l'hydrographe surveille cette information et qu'il agisse dès que les conditions de précision se détériorent, ceci devrait être suffisant. La position du point de référence devrait être vérifiée initialement par rapport à un autre point de contrôle connu, de même que le système du navire relativement à un point sur un quai ou une entité accessible ayant fait l'objet d'un levé.

Avec les systèmes de positionnement télémétriques, les positions devraient idéalement être obtenues à l'aide d'au moins 3 lignes de positions (LDP) en tout temps et un tel système devrait être étalonné quotidiennement par rapport à des points connus ayant une plus grande précision que le système de positionnement. L'utilisation de systèmes distance/distance et angle/distance est acceptable s'ils répondent aux exigences de précision spécifiées dans le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

## 5.4 Vérification finale

Une vérification finale devrait être faite pour s'assurer que tout l'équipement fonctionne adéquatement et que les systèmes d'enregistrement consignent correctement les positions, les profondeurs et, dans certains cas, les valeurs de niveaux d'eau, ainsi que toutes les autres données. Le système de positionnement devrait être vérifié sur une base régulière.

## 6 Acquisition et traitement de données

L'acquisition de données implique l'acquisition et l'enregistrement adéquat d'informations. Des précautions doivent être prises lorsqu'on consigne par écrit ces informations (descriptions, croquis, calculs, etc.) afin qu'elles soient intelligibles pour toute personne qui aurait à les traiter ou les vérifier ultérieurement.

Une des principales exigences en matière de traitement de données consiste à valider ou qualifier que l'on acquière ce qu'on prétend acquérir et de vérifier que ce qui est acquis réponde aux normes établies pour le levé. Si les données sont utilisées sur un produit dérivé, la méthode de traitement pourrait être adapté afin de répondre aux spécifications du produit.

Idéalement, toutes les données acquises devraient être traitées, encodées et validées au fur et à mesure que le levé progresse. Toutes les données devraient être traitées selon les pratiques décrites dans les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales en vigueur.

Tous les documents papier doivent être archivés adéquatement et entreposés en lieu sûr.

Toutes les données contenues dans les divers ordinateurs utilisés au cours du traitement doivent être sécurisées. Les supports utilisés pour l'entreposage de ces informations (CD, DVD, cassettes, disques durs externes, etc.) devraient être entreposés dans un lieu différent de la salle de traitement.

Des mesures devraient être prises pour s'assurer que toutes les données brutes soient entreposées dans un lieu sûr au cas où la salle de traitement, à bord du navire ou sur la terre ferme, serait menacée par le feu, l'inondation ou tout autre dommages.

### 6.1 Bathymétrie

#### Acquisition

Les données bathymétriques devraient être acquises à l'aide d'équipement permettant d'atteindre les précisions définies pour chacun des levés (voir le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*). Pour chaque zone typique, la couverture et l'espacement linéaire devraient être conforme aux exigences du tableau. Dans certains cas, il se pourrait qu'il ne soit pas pertinent ou souhaitable de suivre ces recommandations. Il est alors possible d'atteindre d'autres précisions ou types de couverture. Les précisions qui en découlent doivent alors être calculées et documentées.

Le SHC utilise différents types d'échosondeurs pour obtenir les profondeurs. Tous les échosondeurs doivent être étalonnés sur le terrain avant de pouvoir acquérir des données. Des preuves que les procédures d'étalonnage ont été suivies doivent être archivées dans le dossier du projet. Pendant l'acquisition de données, il faut s'assurer d'obtenir une vraie représentation du fond marin.

Afin d'insonifier systématiquement une zone spécifique, il faut suivre un patron de lignes parallèles et enregistrer les profondeurs obtenues de l'échosondeur. Cette tâche peut être effectuée à l'aide d'un échosondeur à simple faisceau ou, si on cherche à effectuer une couverture complète du fond, à l'aide d'un système multifaisceaux ou multitransducteur, ou encore, avec un échosondeur à simple faisceau accompagné d'un sonar à balayage latéral.

Pour atteindre les précisions définies pour chaque levé, toutes les sources d'erreurs (p. ex. la précision du positionnement, la précision du sondeur, la vitesse du son, le senseur d'attitude, la mesure des niveaux d'eau, la distance depuis les enregistreurs de niveaux d'eau, etc.) devront être prises en considération lors du calcul des précisions horizontales et verticales, de même que la capacité de détection d'objets.

Pour obtenir les précisions et détecter les objets stipulés au Tableau 1, il faut adapter la méthode d'acquisition de données comme : les paramètres du sondeur, le chevauchement entre les lignes et la vitesse du bateau. En déterminant la vitesse à laquelle le levé sera effectué, l'hydrographe devra tenir compte de la profondeur d'eau sondée, la fréquence d'impulsions du sondeur et les caractéristiques du sondeur. Une vitesse élevée combinée à une faible fréquence d'impulsions peut pourrir compromettre la détection de petits, mais importants, objets, particulièrement en eaux peu profondes. L'hydrographe doit ajuster la vitesse de façon à ce que les objets stipulés dans le Tableau 1 reçoivent un minimum de 5 impulsions par le faisceau au Nadir de l'échosondeur.

Les informations suivantes doivent être enregistrées durant toutes les opérations de sondage :

- région générale de levés, projet, etc.,
- date,
- nom de l'embarcation,
- nom des membres du personnel effectuant les opérations,
- type de ligne de sondage (régulière, ligne de vérification, examen de haut-fond),
- équipement de sondage (positionnement, sondeur, senseur d'attitude, etc.),
- réglages initiaux du sondeur et les modifications (incluant les dates),
- profil de vitesse du son utilisé,
- conditions atmosphériques, problèmes, valeur de l'échelle de Beaufort, autre trafic marin (qui pourrait avoir une incidence sur les données (p. ex. le passage de navires, la variation du niveau de l'eau), autres particularités, etc.

### Traitement de données

Toutes les profondeurs et entités associées obtenues au cours du levé devraient être traitées et validées au fur et à mesure de la progression du levé. Il s'assurer d'obtenir le vrai fond marin lors du nettoyage des données.

Une comparaison entre les lignes régulières, les lignes de vérifications et les examens de hauts-fonds doit être effectuée pour résoudre tout écart qui pourrait se produire au cours du levé.

Cette comparaison doit également être faite avant de quitter la zone de levés pour s'assurer d'avoir obtenu suffisamment de détails sur la bathymétrie, la couverture et la détection du fond, afin de justifier l'existence ou l'absence de hauts-fonds ou autres dangers. Cette comparaison est aussi nécessaire pour dresser un portrait précis et détaillé des contours autour des hauts-fonds, des profondeurs critiques, des chenaux, des mouillages, des bancs, etc., de même qu'une représentation détaillée du fond. Tous les dangers, hauts-fonds et obstacles portés sur les cartes marines existantes de la région relevée doivent être vérifiés avant de quitter la zone de levés.

Les données bathymétriques doivent être traitées de façon à atteindre ou dépasser les précisions définie pour les levés (voir le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*).

Des preuves que les procédures d'étalonnage ont été suivies doivent être présentes dans le dossier du projet de levés. Ceci comprend l'étalonnage de l'échosondeur, du système de positionnement, des enregistreurs de niveaux d'eau, etc.

## **6.1.1 Corrections pour la vitesse du son**

### Acquisition

Une majorité de données bathymétriques est acquise à l'aide d'échosondeurs acoustiques qui dérivent les profondeurs de la mesure du temps que prend une impulsion acoustique pour voyager à travers une colonne d'eau. La vitesse de l'onde sonore dans la colonne d'eau va varier selon une série de facteurs, dont les principaux sont la température et la salinité. Les profondeurs obtenues doivent être corrigées pour les variations de la vitesse du son dans toute la zone devant être sondée, afin calculer les vraies profondeurs. Un système d'échosondeur multifaisceaux (SEMF) doit utiliser des profils de vitesse du son (Sound Velocity Profile – SVP), alors qu'un système d'échosondeur à simple faisceau faisceau (SESF) ou un système d'échosondeur multitransducteur (SEMT) peut utiliser des profils de vitesse du son, une valeur de vitesse du son unique ou une barre d'étalonnage.

### Traitement de données

La correction des profondeurs pour les variations de la vitesse du son dans la colonne d'eau peut être effectuée lors du post-traitement. Un enregistrement ou un carnet de notes doit être tenu pour colliger les corrections SVP appliquées.

À moins d'être appliqué lors de l'acquisition, les systèmes SEMT ou SESF, qui n'acceptent qu'une valeur de vitesse du son doivent être corrigés pour la barre d'étalonnage ou le SVP lors du post-traitement.

### **6.1.1.1 Barre d'étalonnage (pour SEMT et SESF)**

#### **Acquisition**

L'étalonnage d'un système SEMT et SESF en utilisant une barre d'étalonnage consiste à suspendre une barre ou un cône métallique à une série de profondeurs connues sous les transducteurs et d'enregistrer la valeur de la barre ainsi que la profondeur mesurée par le système afin de produire une table de corrections qui sera utilisée pour corriger les profondeurs mesurées.

Il existe deux méthodes d'utilisation d'une barre d'étalonnage. La première méthode consiste à descendre la barre à une faible profondeur pour vérifier le tirant d'eau de l'embarcation. On descend ensuite la barre jusqu'à la profondeur maximale de la région à relever pour vérifier la vitesse moyenne du son dans la colonne d'eau. Si la barre d'étalonnage ne peut couvrir les profondeurs de la région à sonder, il faudrait alors utiliser des appareils d'étalonnage adéquats comme un vélocimètre, etc.

L'autre méthode consiste également à descendre la barre à une faible profondeur pour vérifier le tirant d'eau de l'embarcation (on peut aussi descendre la barre à une plus grande profondeur pour vérifier sommairement que le système fonctionne à cette profondeur) et une valeur moyenne de vitesse du son est utilisée pour corriger les données. Pour appliquer cette dernière méthode, un profiteur de vitesse du son précis (voir § 6.1.1.2) est requis et les valeurs sont appliquées aux données de sondage au cours du post-traitement.

Une barre d'étalonnage peut être utilisée quotidiennement ou aussi souvent que les conditions locales l'imposent ou lorsqu'on change de secteur.

#### **Traitement de données**

Si les valeurs du SVP ne sont pas entrées dans l'échosondeur numérique, les corrections devraient être appliquées lors du traitement de données bathymétriques. Un profil de vitesse de son peut être dérivé et appliqué à partir des valeurs obtenues avec la barre d'étalonnage. Les corrections sont appliquées lors du post-traitement.

Il est important de confirmer que la barre d'étalonnage couvre les profondeurs maximales obtenues durant les opérations quotidiennes. Si la vérification par barre ne peut couvrir les profondeurs enregistrées, il faudra alors appliquer des corrections obtenues à partir d'un vélocimètre ou un CTD.

### **6.1.1.2 Profilage de la vitesse du son (pour les SEMT et SESF; obligatoire pour les SEMF)**

#### **Acquisition**

Lorsqu'on détermine la vitesse du son de la région à relever à l'aide d'un profileur de vitesse de son (un vélocimètre ou un CTD), la sonde est descendue à la profondeur maximale du site, ou à une profondeur à laquelle on obtient une vitesse du son uniforme acceptable. Les données résultantes d'un vélocimètre ou CTD seront compilées dans un tableau listant la vitesse du son à des intervalles de profondeurs définies. Ces résultats devraient être saisis directement dans l'échosondeur multifaisceaux. Ils peuvent aussi être appliqués aux données acquises avec un SEMT ou SESF lors du post-traitement.

À moins d'indication contraire, les profils de vitesse de son devraient être effectués quotidiennement, ou au besoin.

Les résultats de ces profils devraient être vérifiés par rapport à une autre sonde ou un autre système, afin de s'assurer que la vitesse du son est mesurée correctement. Ces vérifications devraient être effectuées au moins une fois par semaine ou lorsque les conditions le permettent.

Les notes ou les données devraient être consignées adéquatement afin d'identifier les profils SVP acquis au cours du projet, y compris l'heure, la date et leurs emplacements. Les profileurs de vitesse du son devraient être capables de mesurer la vitesse du son avec une précision d'au moins 0,1 m/s.

#### **Traitement de données**

Les positions des profils et l'heure d'acquisition devraient être consignées dans les notes de traitement afin de pouvoir y référer lorsque les corrections SVP sont appliquées en post-traitement.

Les valeurs des profils devraient être éditées pour corriger les anomalies ou les pics dans les données. Si possible, les profils acquis à l'aide de différentes sondes dans un même secteur, devraient être comparés. Lors de l'application des corrections du SVP en post-traitement, assurez-vous que les données du profil couvrent ou dépassent les profondeurs de sondage. Si requis, un éditeur SVP peut étendre le profil à des profondeurs plus grandes que les sondages à corriger.

## 6.1.2 Tirant d'eau statique et dynamique

### Acquisition

Le tirant d'eau d'une embarcation peut varier quotidiennement de quelques centimètres à quelques décimètres, selon la consommation d'eau et de carburant, le nombre de personnes à bord, l'équipement, etc. Les échosondeurs devraient être ajustés de manière à ce que le tirant d'eau statique du transducteur soit appliqué sur les profondeurs mesurées. Les changements dans le tirant d'eau du transducteur devront être suivis pendant les opérations de sondage et l'étalonnage de l'échosondeur. Cette valeur peut être modifiée en ajustant la ligne de transmission de l'échosondeur (SEMF, SEMT ou SESF) en utilisant barre d'étalonnage ou un cône placé sous le transducteur à 2 m ou 3 m sous la surface de l'eau. Notez et appliquez tout écart horizontal entre la barre et le transducteur provenant du décentrement vertical causé par le courant.

Le tirant d'eau peut également être obtenu en mesurant la distance entre la surface de l'eau et la face du transducteur ou en utilisant les altitudes GPS en mode cinématique (RTK) pour déterminer le tirant d'eau dynamique. Toutes les embarcations déjàugent et s'enfoncent (« squat »). À certaines vitesses, la poupe de la vedette peut s'enfoncer ou déjàuger, modifiant ainsi l'angle et le tirant d'eau du transducteur. Cette perception est réduite quand le transducteur est monté au centre de l'embarcation. L'utilisation d'un capteur de vitesse pour mesurer la vitesse sur l'eau (« Speed Through the Water (STW) ») est recommandé afin d'appliquer le tirant d'eau approprié aux données. L'enfoncement est l'abaissement général du niveau d'une embarcation en mouvement par rapport au niveau lorsque l'embarcation est immobile. L'enfoncement est dû à la dépression locale de la surface de l'eau dans laquelle l'embarcation navigue.

Des essais à diverses vitesses devraient être effectués au-dessus d'un fond plat, de préférence avant que les plates-formes de sondages ne quittent pour le terrain. Les hauteurs de nivellement orthométriques ou GPS-RTK mesurées à l'emplacement du transducteur, au repos et à des intervalles de 1 nœud (vitesse sur l'eau), peuvent être utilisées pour produire un tableau de déjàugeage/enfoncement. Les hydrographes devraient également tenir compte du changement de tirant d'eau du transducteur à long terme attribué à la consommation d'eau et de carburant et à l'utilisation des réservoirs de ballasts. Tout écart devrait être noté et les corrections devraient être appliquées à l'acquisition ou au traitement.

### Traitement de données

Les valeurs de tirant d'eau statique et dynamique doivent être appliquées lors du post-traitement lorsqu'elles ne peuvent être appliquées à l'acquisition. Les tableaux de tirant d'eau dynamique se présentent généralement sous la forme de liste de changement de tirant d'eau en fonction de la vitesse de l'embarcation. Il faut conserver une trace des valeurs appliquées avec l'ensemble de données brutes.

### 6.1.3 Pilonnement, tangage, roulis et cap

#### Acquisition

Les plates-formes de sondages flottent sur ou en dessous de la surface de l'eau et la position et attitude des instruments embarqués vont donc être affectées par les changements de cap, de vitesse du courant et l'action des vagues. La position et l'attitude de la plate-forme sont mesurées dans un système de coordonnées propre à la plate-forme et sont relatifs à la direction de la plate-forme et par rapport au fond. L'axe X représente la ligne centrale de la plate-forme et est positif en direction de la proue. L'axe Y est perpendiculaire à l'axe X et est positif en direction à tribord. L'axe Z pointe vers le nadir et est positif vers le bas. Le roulis est la rotation de bord en bord autour de l'axe Y, le tangage est le mouvement de rotation avant et arrière autour de l'axe X, le cap est le mouvement de rotation horizontal autour de l'axe Z et le pilonnement est le mouvement vertical le long de l'axe Z.

Ces paramètres sont mesurés à l'aide d'un senseur d'attitude et sont consignés et utilisés pour corriger la bathymétrie en temps réel.

Pour les embarcations qui ne sont pas équipées de senseur d'attitude, la seule méthode pratique pour minimiser le mouvement du bateau est de limiter les opérations de sondage à un état de la mer maximal.

#### Traitement de données

Le pilonnement, le tangage, le roulis et le cap sont enregistrés à l'acquisition et doivent être vérifiés et traités pour répondre aux exigences des systèmes utilisés et des spécifications de l'ordre du levé. Les pics et les anomalies dans les données provenant des senseurs d'attitude et de cap, devraient être corrigés ou supprimés.

Lorsque les anomalies sont récurrentes, il faut envisager de réétalonner le système avant de poursuivre l'acquisition.

Si des données recalculées du pilonnement sont enregistrées (p.ex. True Heave<sup>MC</sup>), ils doivent être appliquée lors du post-traitement. Ces fichiers doivent être référées aux fichiers de données brutes correspondants.

#### **6.1.4 Positionnement**

##### **Acquisition**

Le système de positionnement utilisé pour les opérations de sondages devrait être vérifié régulièrement. Des vérifications sur le niveau de confiance devraient être effectuées quotidiennement, avant les opérations de sondages, après le remplacement ou la réparation d'équipement, ou à chaque fois qu'il y a un doute quant aux performances du système de positionnement. L'utilisation d'un logiciel de planification de mission est recommandée. Si possible, comparez la position obtenue à une position connue (coin de quai, objet fixe, etc.) ou en comparant la position à un système de positionnement indépendant (système de positionnement de la plate-forme de levés, un second système de positionnement indépendant, etc.).

##### **Traitement de données**

Le positionnement doit être révisé et les pics ou anomalies ne répondant pas aux spécifications du levé doivent être corrigés ou supprimés. Si possible, comparer la position obtenue à une position connue (coin de quai, objet fixe, etc.) ou en comparant la position à des données acquises à l'aide d'un système de positionnement indépendant (système de positionnement de la plate-forme de levés, un second système de positionnement indépendant, etc.).

#### **6.1.5 Sondages simple faisceau**

##### **Acquisition**

Cette méthode consiste à acquérir des profondeurs à l'aide d'un transducteur à simple faisceau généralement monté dans la coque d'une plate-forme de sondage. Les profondeurs obtenues par l'échosondeur et leur position correspondante obtenue à partir d'un système de navigation sont horodatées et enregistrées dans un ordinateur utilisant une suite de logiciel de navigation qui permet aussi et entre autres de manœuvrer la vedette le long de lignes prédéfinies.

Au début de chaque jour de travail, il faut vérifier et/ou ajuster le tirant d'eau du transducteur en utilisant une barre d'étalonnage et acquérir des valeurs qui permettront de corriger les sondages pour les variations de la vitesse du son dans l'eau. Une barre d'étalonnage devrait également être utilisée à la fin de la journée pour s'assurer que les paramètres de sondage n'ont pas changé. On devrait aussi effectuer une vérification lorsqu'une composante de l'échosondeur a été changée ou si on soupçonne des changements dans la vitesse du son et du tirant d'eau du transducteur.

Les corrections de la vitesse du son peuvent également être obtenues au moyen d'une sonde de vitesse du son. Les résultats peuvent être consignés dans le logiciel d'acquisition et dûment notés afin d'utiliser les résultats lors du post-traitement.

Le patron des lignes de sondage devrait être établi de manière à ce que les lignes soient le plus perpendiculairement possibles des contours bathymétriques du fond marin. L'espacement des lignes devrait être déterminé afin de correspondre aux valeurs stipulées au Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. Le long des quais, les lignes devraient être effectuées le plus perpendiculairement possible de la face des quais. Des lignes additionnelles devraient être effectuées parallèlement aux faces de quais.

Dans la plupart des cas, selon la profondeur deau, l'échosondeur devrait être réglé à la plus haute fréquence d'impulsion possible. La vitesse du bateau devrait permettre l'émission d'une quantité suffisante d'impulsions vers une cible de fond, de manière à détecter un objet dont la taille est définie par les différents ordres de levé du Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. De façon générale, 5 impulsions de son – ou Ping – vers une cible devraient assurer pour détecter les entités les plus importantes.

#### **Traitement de données**

Les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales doivent être suivies. Un aperçu des étapes de traitement requises devrait inclure : les données de la barre d'étalonnage ou de SVP, des données du senseur d'attitude et de corrections de navigation, des tableaux de tirants d'eau et finalement la suppression de parasites (bruit) ou autres anomalies dans les données de sondages. Dans la plupart des cas, lorsqu'un système de sondage à double fréquence est utilisé, les sondages obtenus par la plus haute des deux fréquences enregistrée devraient être définis comme valeurs primaires. Les attributs des sondages doivent être codés conformément à la *Spécification de produit et guide de codification du SHC (SPGC)*.

Les lignes de vérification doivent être comparées aux lignes de sondages réguliers et les écarts doivent être utilisés pour s'assurer que les données respectent l'ordre de précision établi pour le levé. La conformité du patron et des espacements de lignes régulières et de vérifications doivent également respecter les valeurs recommandées au Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Selon l'ordre du levé du Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*, il faut également revoir les données brutes afin d'assurer que les objets reçoivent assez d'impulsions pour permettre leur détection, tel qu'indiqué dans les spécifications.

## **6.1.6 Sondages multitransducteur**

### **Acquisition**

Cette méthode consiste à acquérir des profondeurs à partir d'une série de transducteurs montés sur la coque et le long de bras rétractables qui, une fois abaissés, sont positionnées perpendiculairement par rapport à la ligne centrale du bateau. Les systèmes de sondages multitransducteurs fonctionnent à l'aide de logiciels complexes qui enregistrent les paramètres des réglages et de corrections, ainsi que les données provenant de senseurs d'attitude, de manière à pouvoir enregistrer les profondeurs corrigées, les positions et autres informations.

Le système doit être étalonné avant d'entamer les opérations de sondages. Chaque transducteur peut obtenir des valeurs différentes sur une même cible. Cela signifie que chaque transducteur doit être mesuré, étalonné et compensé. On devrait effectuer une série de lignes de sondage très rapprochées pour assurer une mesure cohérente du fond par tous les transducteurs. Cet étalonnage devrait être effectué au moins deux fois par année ou à chaque fois que le système subit des modifications ou lorsqu'on soupçonne qu'il en a subi.

Seulement un transducteur peut être utilisé quotidiennement pour vérifier la vitesse du son. Une barre d'étalonnage sera utilisé et tous les autres transducteurs doivent être ajustés sur le transducteur de référence.

La vitesse du son dans la colonne d'eau peut être mesurée à l'aide de profileurs de vitesse de son, dont les résultats sont saisis dans l'unité de traitement du système de sondage.

L'espacement des lignes de sondage dépendra de la couverture requise. La couverture requise devrait être spécifiée dans les Instructions de levés.

Un système multitransducteur requiert un senseur d'attitude qui permet de calculer la vraie position des profondeurs obtenues de tous les transducteurs. L'attitude du bateau doit être mesurée par rapport au système de coordonnées X, Y et Z de la plate-forme. Le cap affecte la position des sondages lorsque la plate-forme de sondages dévie de sa course. Toute omission de mesure d'attitude de la plate-forme devrait être détectée à l'acquisition. Toutes les lignes de sondage affectées doivent être relevées de, car il est difficile de corriger ce genre d'erreurs.

Il faut également tenir compte du fait que le tirant d'eau du bateau peut décroître au fur et à mesure que le niveau de carburant baisse durant les opérations. Dans ce cas, les modifications du tirant d'eau doivent être surveillées. Une bonne connaissance des variations du tirant d'eau est essentielle. Il faut établir un tableau de variations du tirant d'eau pour chaque plate-forme et l'appliquer, soit à l'acquisition, soit au traitement.

### **Traitement de données**

Les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales doivent être suivies. Voici un aperçu des étapes nécessaires de post-traitement des sondages obtenus à l'aide de systèmes multitransducteurs :

- réviser et corriger des données provenant de senseurs d'attitude et la navigation,
- appliquer les corrections des tirants d'eau statique et dynamique,
- appliquer les données recalculées de pilonnement (p. ex. TrueHeave<sup>MC</sup>),
- appliquer le SVP,
- attribuer les valeurs ETP,
- réduire les niveaux d'eau, et
- supprimer les parasites (bruit de fond) ou autres anomalies dans les données de sondages.

Il faut obtenir d'une couverture assez grande et d'une densité suffisante de sondages pour répondre aux exigences de l'Ordre de levé. Les sondages doivent être codés (attributs) conformément à la SPGC.

Les lignes de vérification doivent être comparées aux lignes de sondages réguliers et les écarts doivent être utilisés pour s'assurer que les données respectent l'ordre de précision établi pour le levé. Le patron de lignes vérification et leur espacement doivent également respecter les valeurs prescrites par les Normes (voir les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* § 7.4).

## **6.1.7 Sondages multifaisceaux**

### **Acquisition**

Les opérations multifaisceaux consistent à acquérir des profondeurs à partir d'une série de faisceaux étroits formés à partir d'un transducteur unique ou double. Ce système est généralement monté dans la coque. Toutefois, on trouve souvent des systèmes montés sur un bras.

Les données de profondeurs doivent être corrigées pour l'attitude de l'embarcation et référencé au système de coordonnées X, Y et Z de la plate-forme.

Les lignes de sondage devraient, autant que possible, être effectuées parallèlement aux contours bathymétriques naturels du fond marin. L'espacement des lignes de sondage dépendra du recouvrement requis (100 %, 200 % ou autre).

Les spécifications du levé pourrait exiger que les données de rétrodiffusion du système multifaisceaux soient enregistrées et déposées à la fin du levé.

### **Traitement de données**

Les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales doivent être suivies. Voici un aperçu des étapes nécessaires de post-traitement des sondages obtenus à l'aide de systèmes multifaisceaux :

- réviser et corriger des données provenant de senseurs d'attitude et la navigation,
- appliquer les corrections des tirants d'eau statique et dynamique,
- appliquer les données recalculées de pilonnement (p. ex. TrueHeave<sup>MC</sup>),
- appliquer le SVP,
- attribuer les valeurs ETP,
- réduire les niveaux d'eau, et
- supprimer les parasites (bruit de fond) ou autres anomalies dans données de sondages.

Il faut obtenir une couverture assez grande et d'une densité suffisante de sondages pour répondre aux exigences de l'Ordre de levé. Les sondages doivent être codés (attributs) conformément à la SPGC.

Les lignes de vérification doivent être comparées aux lignes de sondages réguliers et les écarts doivent être utilisés pour s'assurer que les données respectent l'ordre de précision établi pour le levé. Les lignes de vérification et leur espacement doivent également respecter les valeurs prescrites par les Normes (voir les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* § 7.4).

### **6.1.8 Sondages avec sonar à balayage latéral**

#### **Acquisition**

Les systèmes de sondage à balayage latéral sont généralement utilisés pour satisfaire les exigences de couverture totale du fond marin lors de levés effectués à l'aide de systèmes à simple faisceau. Toutefois, ils peuvent être utilisés lors de levés multifaisceaux ou multitransducteurs lorsqu'il faut obtenir une plus haute résolution sur des dangers à la navigation. L'espacement des lignes de sondage doit être suffisant pour assurer une insonification complète du fond.

Le sonar à balayage latéral convient mieux à la recherche d'obstacles (comme des épaves), où de petites entités peuvent se retrouver dans la colonne d'eau, comme des structures de mâts, des bouées suspendues et autres dangers à la navigation (aiguilles rocheuses, etc.). En mode haute résolution, le sonar à balayage latéral permet de détecter de petits objets qui pourraient ne pas être détectés par des systèmes multifaisceaux ou multitransducteurs.

Les systèmes montés dans la coque ou sur un bras sont recommandés, car les données de pilonnement, de tangage, de roulis et de cap peuvent être acquises à l'aide d'un senseur d'attitude et les valeurs appliquées aux données de sondage.

Bien que la hauteur des objets soit approximative, le sonar à balayage latéral ne devrait pas être utilisé pour mesurer la profondeur, mais doit plutôt être utilisé comme outil de reconnaissance pour chercher des objets et des anomalies du fond marin qui demandent un examen plus détaillé.

### Traitement de données

Les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales doivent être suivies. En interprétant les données de sonars à balayage latéral, il faut s'assurer de bien distinguer les vrais objets des artéfacts comme des retours d'échos de surfaces (agglomérations de surface (algues, débris), les vagues et le passage de bateaux), des échos multiples ou croisés ou des animaux marins. Les corrections d'attitude de l'embarcation doivent être appliquées sur les données acquises par des systèmes montés sur la coque, afin de créer une mosaïque numérique claire des données à balayage latéral.

Lorsqu'un sonar à balayage latéral est utilisé lors d'un levé à à simple faisceau pour repérer des entités entre les lignes de sondage, toutes les informations sur les entités détectées devraient être enregistrées et communiquées à l'équipe d'acquisition pour qu'ils effectuent des examens approfondis.

## **6.1.9 Sondages interférométriques**

### Acquisition

Le sonar interférométrique (SIFM) est une technologie émergente qui offre de nombreux avantages lors de sondages en eaux peu profondes. Contrairement aux systèmes multifaisceaux, les systèmes SIFM ne forment pas de faisceaux, mais mesurent les profondeurs à partir d'éléments de transducteur espacés mesurant précisément les écarts de phase dans le retour du signal acoustique. Ces données sont converties en angles d'où le signal a été capté et, utilisé en combinaison avec le temps de déplacement aller-retour et les distances, servent à positionner la bathymétrie sur le fond marin par rapport au transducteur. Le SIFM fournit autant de la bathymétrie à haute résolution, qu'une imagerie de sonar à balayage latéral, ce qui permet un affichage et un contrôle de la qualité élaboré sur des ensembles de données bathymétriques.

Le principal avantage du SIFM est qu'il permet de couvrir une fauchée plus large en eaux peu profondes comparativement à un système multifaisceaux comparable. Par exemple, une fauchée typique d'un SIFM peut couvrir 12 fois la profondeur d'eau, comparé à 4 fois pour un SEMF. Ceci peut réduire considérablement le temps passé dans des eaux côtières dangereuses par les équipes de levés et augmente significativement la production. Parmi les désavantages, le système est limité à une faible profondeur d'eau en raison de l'angle à lequel les transducteurs doivent être montés, typiquement 30° par rapport à la verticale. Ceci entraîne un autre problème du fait que le fond marin situé immédiatement en sous l'embarcation n'est pas couvert par la fauchée en cours et doit donc être couvert par les lignes de sondage adjacentes. Certains problèmes répertoriés dans le passé sur les systèmes SIFM se traduisaient par des données perturbées, attribuées la plupart du temps à du bruit ambiant et interne, ainsi qu'à des difficultés à résoudre plusieurs angles d'arrivée. De récents développements en matière d'électronique et d'algorithmes et une utilisation d'un plus grand nombre d'éléments ont amélioré le niveau de précision de cette technologie.

Les sondages à l'aide de SIMF sont exécutés de la même façon que les multifaisceaux, c'est-à-dire que les données de profondeurs doivent être corrigées pour l'attitude de l'embarcation et référencées au système de coordonnées X, Y et Z de la plate-forme.

Les lignes de sondage devraient, autant que possible, être effectuées parallèlement aux contours bathymétriques naturels du fond marin. L'espacement des lignes de sondage dépendra du recouvrement requis (100 %, 200 % ou autre).

Les lignes de sondage devraient, autant que possible, être effectuées parallèlement aux contours bathymétriques naturels du fond marin. L'espacement des lignes de sondage dépendra du recouvrement requis (100 %, 200 % ou autre).

Les instructions de levés pourraient exiger que les données de rétrodiffusion du système SIMF soient enregistrées et déposées à la fin du levé.

### **Traitement de données**

Les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales doivent être suivies. Voici un aperçu des étapes nécessaires de post-traitement des sondages obtenus à l'aide de SIMF :

- réviser et corriger des données provenant de senseurs d'attitude et la navigation,
- appliquer les corrections des tirants d'eau statique et dynamique,
- appliquer les données recalculées de pilonnement (p. ex. TrueHeave<sup>MC</sup>),
- appliquer le SVP,
- attribuer les valeurs ETP,
- réduire les niveaux d'eau, et
- supprimer les parasites (bruit de fond) ou autres anomalies dans données de sondages.

Il faut obtenir une couverture assez grande et d'une densité suffisante de sondages pour répondre aux exigences de l'ordre de levé. Les sondages doivent être codés (attributs) conformément au guide de numérisation.

Les lignes de vérification doivent être comparées aux lignes de sondages réguliers et les écarts doivent être utilisés pour s'assurer que les données respectent l'ordre de précision établi pour le levé. Les lignes de vérification et leur espacement doivent également respecter les valeurs prescrites par les Normes (voir les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* § 7.4).

### 6.1.10 Sondages aéroportés (LIDAR)

#### Acquisition

Les systèmes de sondage aéroportés comme le LIDAR (détection et télémétrie par laser – *Light Detection and Ranging*) utilisent une technologie de télédétection qui mesure les propriétés de la diffusion optique pour mesurer des distances et/ou obtenir d'autres informations sur un objet distant. L'utilisation d'impulsions laser est la méthode la plus répandue pour déterminer la distance d'un objet ou d'une surface. Tout comme le radar, qui utilise des ondes radio au lieu d'ondes optiques, la distance entre l'appareil et un objet est déterminé en mesurant la différence de temps écoulé entre l'émission d'une impulsion et la détection du signal réfléchi. La profondeur maximale de sondage dépend de sa clarté et peut varier de 0 m à 40 m. Dans l'océan, les brisants et le varech peuvent rendre l'utilisation d'un lidar plus difficiles, voire impossibles. On obtient de fausses valeurs de sondage lorsqu'il y a une présence trop abondante de sédiments ou autres matières en suspension dans la colonne d'eau. Les meilleures performances, en terme de profondeur, s'obtient sous les Tropiques et dans l'Arctique où il y a très peu de particules biologiques ou autres particules en suspension dans la colonne d'eau.

Si possible, il est préférable d'effectuer un levé lidar à marée haute, car peu d'informations peuvent être obtenues dans les premiers 1m à 2m de profondeur.

Il est souhaitable de prévoir un chevauchement entre les levés acoustiques et les levés lidar.

Pour étalonner un système de sondage aéroporté, il faut effectuer des relevés à haute résolution sur des surfaces étalon. Ces étalons doivent couvrir les profondeurs des levés lidar et être disséminés dans toute la région du levé.

Il y a un certain nombre de systèmes lidars disponible dans le secteur privé : LADS I et II, Larsen 500 et SHOALS.

#### Traitement de données

Le Service hydrographique du Canada ne dispose pas de tels systèmes et ce type de levé est normalement octroyé sous forme de contrat à l'entreprise privée. Le processus de traitement et de vérification est exécuté par l'entreprise privée et l'implication du SHC est réduite au minimum. Un rapport définitif devrait être soumis avec les données et doit comprendre toutes les informations pertinentes et les métadonnées relatives aux données.

Un minimum de contrôles de qualité doivent être effectués lorsque les données sont reçues au SHC. Ces contrôles consistent à comparer les profondeurs avec les surfaces étalon et les autres données disponibles dans la région du levé, ainsi qu'à valider les valeurs de niveaux d'eau appliquées. Toute anomalie devrait être signalée au contractant pour révision.

### **6.1.11 Sondages ponctuels**

#### **Acquisition**

Les sondages ponctuels peuvent être effectués à travers la glace, à l'aide d'un jalon, d'un plomb de sonde ou d'un transducteur à simple faisceau.

Lorsque la profondeur de l'eau est mesurée au moyen d'un plomb de sonde ou tout autre type de barre graduée, la profondeur, la position, la date et l'heure du sondage doivent être enregistrées. Les résultats doivent être saisis manuellement dans un système d'acquisition ou dans le logiciel principal de traitement.

Les sondages à travers la glace impliquent le déblaiement de la neige recouvrant la glace, la lubrification de la glace et de la face du transducteur, le positionnement de la face du transducteur sur la glace et l'enregistrement des profondeurs sur une période suffisante pour obtenir une redondance adéquate de mesures.

#### **Traitement de données**

Les profondeurs obtenues à l'aide d'un jalon ou d'un fil à plomb devraient être corrigées pour tenir compte des niveaux d'eau.

Les profondeurs acquises par des techniques de sondage à travers la glace doivent être corrigées pour tenir compte des niveaux d'eau et de la vitesse du son. Les parasites (bruit) ou autres anomalies retrouvés dans les données de sondage devraient être supprimés et un choix de sonde représentative devrait être fait pour chaque position.

Les sondages doivent être codés (attributs) conformément à la SPGC.

### **6.1.12 Examen de hauts-fonds**

#### **Acquisition**

Un haut-fond est une surélévation évidente du fond marin qui pourrait constituer un danger à la navigation. Une élévation de 10 % par rapport aux profondeurs retrouvées dans les environs immédiats, peut indiquer la présence d'un haut-fond ou autre danger important pour la navigation de surface et devrait, par conséquent, être examinée. Il faut aussi tenir compte du type de navires qui empruntent ces eaux. Lorsqu'on tient compte du tirant d'eau de certains pétroliers modernes, toute indication de haut-fond de moins de 40 m pourrait s'avérer suffisamment importante pour examiner un haut-fond potentiel. Il faut, dans certains cas, examiner des hauts-fonds de plus de 40 m de profondeur.

La plupart des hauts-fonds potentiels sont identifiés en analysant les profondeurs obtenues des lignes de sondages réguliers ou à partir de données historiques. Il est donc impératif que le traitement des données bathymétriques soit mis à jour continuellement afin de pouvoir identifier les hauts-fonds. Dans d'autres cas, les informations liées aux hauts-fonds et autres dangers peuvent provenir de divers rapports et de connaissance du milieu.

À chaque indication de haut-fond, ou lorsqu'on soupçonne la présence d'un haut-fond, des examens complémentaires doivent être entrepris pour en définir la position et la profondeur minimale.

Lorsqu'on utilise un système à simple faisceau, on effectuera un examen minutieux du haut-fond dans le but de localiser la profondeur minimale. Par la suite, on effectuera une série de courtes lignes de sondage (minimum de 3), en forme d'étoile ou de grille, au-dessus de la profondeur minimale. Une vérification au plomb de sonde peut être requise s'il y a présence d'herbes marines ou de varech, car celles-ci peuvent perturber les données du sondeur. Un échantillon de fond devrait aussi être prélevé au moyen d'une benne ou d'un plomb de sonde.

Lorsqu'on utilise un système multitransducteurs ou multifaisceaux pour examiner des hauts-fonds, la fréquence d'impulsion et la vitesse de sondage devraient être réglées de façon à réduire les risques de rater le haut-fond et s'assurer que les sondages se chevauchent suffisamment.

#### **Traitement de données**

Lors du traitement des données de sondage provenant d'un examen de haut-fond, il faut s'assurer d'avoir obtenu une couverture suffisante pour respecter les spécifications du levé, que la profondeur minimale est bien déterminée et que l'attribut de la nature du fond soit codé avec ce sondage. Tout nouveau haut-fond potentiel devrait être identifié et signalé à l'équipe d'acquisition pour examen plus approfondi. Les sondages doivent être codés (attributs) conformément à la SPGC.

### **6.1.13 Lignes de vérification**

#### **Acquisition**

Des lignes de vérification devraient être effectuées perpendiculairement aux lignes de sondage ordinaires pour valider un levé hydrographique. L'espacement des lignes de vérification devrait respecter les valeurs prescrites dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Les informations obtenues à partir de ces lignes vont valider la précision du système de positionnement, les profondeurs mesurées et les corrections appliquées aux profondeurs comme, la vitesse du son, le tirant d'eau de l'embarcation et les niveaux d'eau. Si possible, ces lignes devraient être effectuées à une journée différente de celle où les lignes régulières ont été faites et à partir d'une plate-forme différente.

### **Traitement de données**

Vérifier que l'espacement des lignes de vérification respecte les valeurs stipulées dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques* (§ 7.4). Les différences de profondeur obtenues entre les lignes régulières et les lignes de vérifications, doit se situer dans les limites de précision de l'Ordre de levé (dans 95 % des cas), tel qu'indiqué dans les Instructions sur les levés (les différents ordres de levés se trouvent dans le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*).

La comparaison des sondages obtenus de lignes de vérification par rapport à une surface bathymétrique générée à partir de lignes régulières sur d'un fond relativement plat, est une excellente façon d'obtenir des valeurs de différence.

Lorsque les écarts dépassent les valeurs admissibles, les sondages doivent être examinés minutieusement pour détecter les éventuelles sources d'erreurs : marées ou niveau de l'eau, état de la mer, erreurs de positionnement, erreurs d'étalonnage, corrections utilisées, etc. Il faut appliquer des correctifs dès que les sources des erreurs sont détectées. Cette tâche devrait être effectuée le plus rapidement possible, pendant l'exécution du levé. Dans certains cas, il faudra reprendre l'acquisition de données dans les secteurs où les données obtenues ne concordent pas avec les lignes de vérification.

## **6.1.14 Levé en route et de reconnaissance**

### **Acquisition**

Dans certains cas, il est requis d'effectuer des lignes de sondage dans des eaux non cartographiées afin d'obtenir de précieuses données sur les profondeurs avant d'effectuer un levé, ou pour fournir des sondages complémentaires dans les secteurs sondés de façon éparsée.

Les profondeurs obtenues à ces fins devraient être obtenues et traitées de la même façon qu'un levé ordinaire.

### **Traitement de données**

Les profondeurs obtenues à ces fins devraient être obtenues et traitées de la même façon qu'un levé ordinaire (voir les § 6.1.5 – 6.1.7).

### 6.1.15 Réduire les sondages au zéro des sondes du levé

#### Acquisition

Tous les sondages doivent être réduits à un zéro des sondes, tel que stipulé dans les instructions sur les levés (voir aussi § 5.2 Référence verticale). Les niveaux d'eau utilisés pour réduire les sondes peuvent être obtenus à partir d'un enregistreur de niveau d'eau permanent, un enregistreur de niveau d'eau temporaire, une échelle de niveau d'eau ou en nivelant le niveau de l'eau jusqu'à des repères connus. Dans certains cas, il se peut qu'il faille utiliser des prédictions de marée ou de niveaux d'eau pour réduire les sondages à une référence connue. Dans ce cas, il est conseillé de vérifier les prédictions locales en nivelant le niveau de l'eau jusqu'à des repères de nivellement de la station utilisée pour faire les prédictions.

Toutes les mesures de niveaux d'eau, qu'elles aient été obtenues manuellement ou par des enregistreurs, devraient être faites à l'aide d'instruments capables d'atteindre le degré de précision stipulé dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Les enregistreurs de niveau d'eau devraient être vérifiés quotidiennement pour comparer leurs données avec celles obtenues à partir d'une planche ou par nivellement jusqu'à des repères connus.

#### Traitement de données

Les corrections sur les valeurs de niveaux d'eau devraient être appliquées avant de les utiliser pour réduire les sondages. Il faut suivre les procédures indiquées dans le *Manuel canadien des marées*.

Les ensembles de données finaux doivent contenir une note décrivant la méthode de réduction des sondes les élévations de référence d'au moins un repère, le port de référence dans le cas de prédictions, ou le port de référence et le numéro de la carte cotidale utilisée.

Le dossier du levé devrait inclure les données sur les niveaux d'eau utilisées pour réduire les sondages.

### **6.1.15.1 Réduire les sondages au zéro des sondes à l'aide d'un GPS en mode cinématique en temps réel (RTK).**

#### **Acquisition**

Lorsqu'un récepteur DGPS capable d'enregistrer la phase du signal est placé sur une plate-forme de sondage, il est possible d'atteindre des précisions de l'ordre de un décimètre et moins, autant horizontalement que verticalement. Cette technologie peut mesurer les altitudes des plates-formes de sondage en temps réel par rapport à une surface reliées au zéro des cartes local. Si on utilise un senseur d'attitude adéquat, et qu'un modèle précis de réduction de niveau d'eau a été développé, comme une table de séparation ellipsoïde / zéro des cartes, on peut obtenir les valeurs de réduction des niveaux d'eau sans les observer.

Des récepteurs GPS géodésiques de haute qualité, capables de traiter ce type de données, sont indispensables pour utiliser cette méthode. La hauteur de l'antenne GPS de l'embarcation à partir de la ligne de flottaison, et conséquemment jusqu'au tirant d'eau du transducteur saisi dans l'échosondeur, doit être mesurée précisément. La hauteur de l'antenne de la station de référence installée sur un point de contrôle horizontal, doit aussi être mesurée de façon précise. L'altitude du point de contrôle horizontal au-dessus du zéro des sondes local doit aussi être mesurée de façon précise.

Cette façon d'obtenir des profondeurs réduites est généralement applicable dans des secteurs particuliers où les niveaux d'eau sont connus précisément et enregistrées sur de longues périodes, permettant la génération de modèles de niveaux d'eau précis.

Les instructions sur les levés doivent être définies avant le départ pour le secteur à relever.

#### **Traitement de données**

Lorsque les niveaux d'eau ne sont pas appliqués sur les sondes en temps réel, il faudra, lors du traitement utiliser un logiciel et des algorithmes capables d'extraire, de filtrer et d'appliquer des corrections de niveaux de l'eau sur les sondages,

## **6.2 Aides à la navigation**

### **Acquisition**

Si des aides à la navigation (fixes ou flottantes) doivent être observés, il faut en obtenir la position et en faire une description détaillée. Remarquez qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer cette tâche pour les aides saisies dans la base de données SIPA, à moins que la Garde côtière canadienne (GCC) n'en fasse la demande.

### **Traitement de données**

À moins d'indication contraire, il faudra, dans la région du levé, vérifier la position de toutes les aides fixes et flottantes établies et maintenues par le Gouvernement fédéral (si demandé par la GCC) ou par des agences privées et signaler les positions obtenues aux Bureaux régionaux de la GCC pour qu'elles soient ajoutées dans la base de données de la GCC (SIPA). Il est conseillé de soumettre les coordonnées aux Services géodésiques provinciaux pour qu'elles les incluses dans leurs bases de données.

Le relèvement des positions et des hauteurs (le cas échéant) des aides fixes ou flottantes, de même que leurs caractéristiques, doit être fait en respectant les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. Les informations doivent être mises dans des formulaires permettant de répondre aux besoins de la cartographie et des applications de la GCC.

La position et les caractéristiques de ces aides à la navigation (fixes et flottantes) doivent être comparées avec les valeurs publiées dans la base de données SIPA et dans la Liste des feux (s'il y a lieu). Elles doivent être signalées à la GCC – voir § 9.1 Signalement des dangers à la navigation, si elles ne correspondent pas avec SIPA et la Liste des feux, et que les différences sont de nature à constituer un danger pour la navigation. Par contre, si les différences ne constituent pas un danger à la navigation, elles doivent être signalées au directeur général du SHC et aux Bureaux de la Garde côtière.

## **6.2.1 Aides fixes**

### **Acquisition**

Une aide fixe peut être définie comme une structure stationnaire anthropique érigée pour faciliter la navigation (balise de jour, phare, structure de feux comme les alignements, feux à secteurs, etc.) et doit être positionnée au degré de précision stipulé dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Il faut aussi déterminer les positions des aides fixes privées ayant une importance significative pour la navigation.

Les aides fixes doivent être décrites sur un formulaire de données sur les aides fixes (FAT) qui sera remis à la GCC pour leurs archives (voir § 8 Interprétation et dépôt de données). La description doit inclure la position géodésique, l'altitude, la hauteur de la structure du feu à partir du sol, la hauteur de la structure à partir du sol jusqu'à la lumière (hauteur focale), etc. Il faut aussi prendre des photographies couleur (analogues ou numériques) de l'aide fixe et les archiver.

Il est également nécessaire d'obtenir les altitudes des aides fixes (voir § 6.7 Altitudes).

### **Traitement de données**

Le traitement consiste à calculer la position de l'aide fixe conformément aux *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)*. Le formulaire de données sur les aides fixes (FAT) doit être complété.

Le dossier historique du feu doit être investigué pour déterminer si le feu a déjà été positionné, s'il a été déplacé ou s'il a subi des modifications depuis le dernier levé et si la structure est du même type que celle indiquée dans la Liste des feux. Il faut aussi vérifier si le feu est à la même position, par rapport à la ligne de rivage, tel qu'indiqué sur la carte marine à la plus grande échelle.

## 6.2.2 Aides flottantes

### Acquisition

Les aides flottantes, non listées dans SIPA, doivent être positionnées et décrites. Il faut également noter les agences ou les organisations responsables de la d'entretenir l'aide flottante privée.

Les aides flottantes doivent être décrites (forme, couleur, caractéristiques du feu, identifiants, etc.) et toutes particularités importantes (sifflet, cloche, corne à brume, réflecteur radar, etc.). Il faut aussi prendre des photographies couleur (analogues ou numériques) des aides flottantes.

### Traitement de données

Le traitement consiste à vérifier la position des aides flottantes privées et celles de la GCC (base de données SIPA) afin qu'elles respectent le degré de précision de l'ordre de levé, tel que stipulé dans le Tableau 2 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Les photographies couleur (analogues ou numériques) doivent également être archivées.

## 6.2.3 Alignements

### Acquisition

En plus de positionner les feux d'alignement au degré de précision stipulés dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*, il faut déterminer le relèvement vrai (azimut géodésique du large) de l'alignement. Ceci se fait en effectuant des dérives à angle droit par rapport à la ligne d'alignement à plusieurs endroits sur la longueur utile de l'alignement. Il faut enregistrer des positions lorsque les balises sont alignées précisément.

Il faut ensuite relever la partie utile de l'alignement, c'est-à-dire la portée (visibilité) et la bathymétrie. Il faut obtenir une bathymétrie détaillée le long et de chaque côté de la ligne d'alignement, afin de valider les profondeurs disponibles. Cette couverture bathymétrique devrait être conçue de façon à ce que tous les dangers situés à l'intérieur des limites de l'alignement soient détectés, examinés et vérifiés. Le tirant d'eau anticipé la taille et la manoeuvrabilité des plus grands navires pouvant utiliser l'alignement, devraient servir à déterminer la surface à couvrir et le niveau de détail du levé.

Si possible, les sondages devraient être acquis à l'aide d'un système multitransducteur ou multifaisceaux en conformité avec les normes prescrites dans les Ordres exclusifs ou spéciaux (Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*).

Les alignements moins critiques peuvent être effectués à l'aide d'échosondeurs à simple faisceau. Un minimum de trois lignes de sondage doivent être effectuées, une le long de la ligne centrale de l'alignement et une de chaque côté de cette ligne. Il faut sonder des lignes parallèles supplémentaires et effectuer des lignes de vérifications si les profondeurs le long de l'alignement sont suspectes ou si elles ne coïncident pas avec les profondeurs portées sur les cartes marines. Ceci pourrait nécessiter une investigation totale du fond marin le long de l'alignement.

#### **Traitement de données**

En plus de relever la position des structures de feux fixes (voir § 6.2.1 Aides fixes) qui composent un alignement, le relèvement vrai (azimut géodésique du large) de l'alignement, doit être calculé et vérifié par rapport aux valeurs publiées.

Les réciproques calculées entre les positions dérivées et le feu antérieur de l'alignement vont fournir un azimut géodésique – on peut utiliser des moyennes statistiques pour déterminer l'azimut moyen, qui devra alors être comparé aux valeurs publiées. L'écart maximal admis entre les azimuts théorique et les valeurs dérivées est stipulé dans le Tableau 2 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

il faut vérifier la profondeur minimale disponible en traitant les sondages obtenues le long et de chaque côtés des alignements. Le tirant d'eau anticipé la taille et la manoeuvrabilité des plus grands navires pouvant utiliser l'alignement doivent être considérés lorsqu'on détermine la surface à couvrir, de même que les dangers et les profondeurs moindres à investiguer.

Pour le traitement de données provenant de systèmes multitransducteurs ou multifaisceaux, voir § 6.1.6 et 6.1.7.

Il faut vérifier qu'il y ait au moins trois lignes de sonde lorsqu'on utilise un échosondeur à simple faisceau, une le long de la ligne centrale de l'alignement et une de chaque côté de celle-ci. Il faut signaler à la GCC ou au directeur régional du SHC, toutes profondeurs douteuses situées le long de l'alignement qui ne coïncident pas avec celles portées sur les cartes marines. Des lignes de sondage parallèles supplémentaires peuvent être requises.

Une comparaison exhaustive avec les profondeurs portées sur les cartes marines doit être faite et tous les écarts (azimuts ou profondeurs le long de l'alignement) doivent être signalés. Si des incohérences apparaissent, suivre la procédure décrite au § 9.1 Signalement des dangers à la navigation.

## 6.2.4 Feux à secteurs

### Acquisition

Les feux à secteurs sépare les zones où la navigation est sécuritaire (généralement une lumière blanche) des zones non sécuritaires, quand un navire dépasse les limites à tribord ou à bâbord (respectivement des lumières rouges et vertes). Sur une carte marine, les différentes zones de navigation sont séparées par des lignes représentant le relèvement vrai de chaque limite de secteur.

Le relèvement vrai des différentes limites de secteurs doit être déterminé et vérifié en dérivant les limites entre deux zones et en obtenant une série de positions qui peuvent alors être utilisée pour calculer le relèvement des différentes limites (voir § 6.2.3 Alignements).

### Traitement de données

En plus de relever la position du feu (voir § 6.2.1 Aides fixes), le relèvement vrai (azimut géodésique du large) des différentes limites de secteur doit être déterminé et vérifié à partir d'une série de positions relevées (voir § 6.2.3 Alignements)

## 6.3 Épaves et obstructions

Il est parfois nécessaire de rechercher des informations sur les épaves et les obstructions. Ces informations peuvent provenir de rapports maritimes, d'autorités locales ou être retrouvées dans des documents obtenus en vertu de la *Loi sur la protection des eaux navigables* (LPEN).

Dans certains cas, il faut prendre soin de ne pas divulguer certaines informations sur les épaves, car ces sites pourraient être protégés par des règlements fédéraux ou provinciaux en matière de patrimoine maritime.

### 6.3.1 Positions d'épaves et des obstructions

#### Acquisition

Toutes les épaves et obstructions, comme des caissons submergés, des piliers, des îles artificielles, etc. doivent être minutieusement positionnés en suivant les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales. Un obstacle doit être investigué suffisamment pour permettre de déterminer son orientation et son étendue. Les parties émergées de la coque, de la superstructure ou des mâts, visibles au-dessus de l'eau, devraient également être positionnées.

Lorsque des épaves ou autres obstructions sont situés dans des régions dangereuses, impraticables et difficilement accessibles par des embarcations ou des navires, les positions peuvent être obtenues par intersection ou en utilisant des hélicoptères équipés de récepteurs GPS. On peut utiliser un sonar à balayage latéral comme outil de reconnaissance pour localiser les épaves et les obstructions.

### **Traitement de données**

Le traitement consiste à déterminer l'orientation et les limites de l'obstacle tel qu'il apparaît hors de l'eau et sous la référence verticale. Les positions obtenues devraient également être vérifiées, de même que les parties émergées de la coque, de la superstructure ou des mâts.

Les nouvelles épaves ou celles dont la position aurait changé et qui représenteraient un danger à la navigation, doivent immédiatement être signalées au directeur régional du SHC. Il faut parfois prendre des mesures supplémentaires (voir § 9.1 Signalement des dangers à la navigation).

Les photographies et autre documents associés doivent être archivés.

## **6.3.2 Profondeur minimale au-dessus d'une épave**

### **Acquisition**

La profondeur minimale au-dessus des épaves et des obstructions doit être déterminée. Dans les cas les plus simples, où l'obstruction est située en eaux peu profondes, on peut vérifier la profondeur à l'aide d'un plomb de sonde ou d'un jalon. Dans certaines situations des plongeurs peuvent être requis pour mesurer la profondeur minimale.

Les profondeurs minimales au-dessus d'épaves et des obstructions se trouvant en eaux plus profondes doivent être obtenues à l'aide d'échosondeurs. Il est recommandé d'utiliser des systèmes multifaisceaux ou multitransducteurs pour obtenir une couverture totale et un positionnement précis.

La profondeur minimale et sa position trouvée à l'aide d'un sonar à balayage latéral, devraient être confirmées à l'aide d'une méthode alternative.

### **Traitement de données**

Le traitement consiste à vérifier que les profondeurs minimales au-dessus des épaves et des obstructions ont bien été déterminées.

Les profondeurs obtenues à l'aide d'un plomb de sonde ou par échosondeurs doivent être traitées conformément aux instructions contenues dans les paragraphes 6.1.5 à 6.1.7. Tous les sondages doivent être réduits au zéro des sondes, tel qu'indiqué dans les instructions sur les levés (voir aussi § 5.2 Référence verticale).

Les profondeurs minimales et les positions des épaves non répertoriées retrouvées au cours d'un levé hydrographique doivent être colligées d'un rapport à soumettre au « receveur des épaves » régional du ministère des Transports du Canada.

## 6.4 Câbles et conduites submergés

### Acquisition

Les positions des câbles et des conduites submergés devraient être obtenus à partir de plans existants ou de levés. Le type de câble (p. ex. téléphone, électrique, traversier, etc.) et de conduite (p. ex. pétrole, gaz, prise d'eau et émissaire) devrait également être annoté. Les structures comme les collecteurs d'égouts, les caissons ou les diffuseurs doivent aussi faire l'objet de levés. Les sonars à balayage latéral peuvent être utilisés comme outil de reconnaissance pour localiser les câbles, les conduites et les structures associées à ces installations.

Les panneaux d'avertissement, comme ceux interdisant le mouillage ou les bouées placées aux extrémités des conduites, doivent aussi être positionnés.

### Traitement de données

Le traitement consiste à vérifier les positions des câbles et des conduites submergés extraites de la bathymétrie, de même que les positions des câbles utilisés pour guider les traversiers d'une rive à l'autre. Les sondages peuvent être superposées avec les plans existants, les surfaces maillées multifaisceaux et/ou les mosaïque des sonars à balayage latéral pour vérifier le levé.

Il faut également valider les câbles et les conduites par rapport aux publications nautiques existantes.

## 6.5 Hauteurs-libres

### Acquisition

Les hauteurs-libres sous les ponts, les câbles et autres structures aériennes sont vitales pour une navigation sécuritaire. Par conséquent, il faut mesurer les altitudes avec les précisions prescrites dans les différents ordres de levés du Tableau 2 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. Il est important d'obtenir l'altitude du point le plus bas au-dessus des voies de navigation.

Les altitudes peuvent être déterminées à l'aide d'un télémètre optique, d'un système de mesure au laser ou en mesurant les angles zénithaux à l'aide d'un théodolite. De plus, l'observateur devrait être à angle droit et le plus près possible du pont, câble, etc. et être dans une position qui lui permet de mesurer le point le plus bas de la hauteur-libre au-dessus de la surface de l'eau.

Dans certains cas, l'altitude d'un pont peut être déterminée en utilisant un ruban à mesurer ou en nivelant jusqu'au niveau de l'eau ou un repère altimétrique. Si on utilise un ruban, la mesure devrait être prise au moins deux fois pour vérification. Si possible, cette méthode devrait être utilisée pour vérifier les résultats obtenus en mesurant les angles zénithaux.

Lorsque les exigences de précision sont moins élevées, on peut utiliser d'autres instruments comme des télémètres, des niveaux à main, etc. Au moins trois mesures doivent être effectuées et elles doivent toutes respecter le degré de précision stipulé dans le Tableau 2 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

L'altitude des câbles et des ponts sera affectée par les charges qu'ils supportent, qu'elles proviennent de véhicules, de l'électricité, de la glace, de la neige, du vent, etc. En plus de mesurer les altitudes, les informations suivantes doivent être enregistrées pour aider à déterminer les altitudes verticales qui vont être portées sur les cartes :

- date, heure, température et pression barométrique,
- altitude de l'observateur au-dessus du niveau de l'eau au moment des observations,
- type de câble aérien,
- croquis ou photographies (analogues ou numériques) et description de l'objet mesuré.

Les propriétaires des câbles, c'est-à-dire les autorités hydro-électriques provinciales, les compagnies de téléphones, etc., doivent être contactés pour déterminer la caténaire d'un câble en tenant compte de la température, de la glace, de la charge, etc.

Il est important d'obtenir la position des structures qui soutiennent les ponts et les câbles aériens, particulièrement lorsqu'elles sont situées dans l'eau et/ou dans des régions où elles sont remarquables ou peuvent servir au positionnement et aux relèvements.

#### **Traitement de données**

La vérification consiste à s'assurer que toutes les corrections ont été appliquées (niveaux d'eau et de charge de caténaire) relativement à la date et à l'heure d'acquisition des hauteurs-libres. Il faut également valider les valeurs des hauteurs-libres par rapport aux publications nautiques existantes et auprès des autorités responsables de ses installations.

## **6.6 Objets remarquables**

### **Acquisition**

On peut décrire un objet remarquable comme tout objet naturel ou artificiel qui est distinguable et remarquable depuis le large et qui peut être utilisé à des fins de navigation (topographie particulière comme des dunes, falaises, pics rocheux, clochers d'église, cheminées, croix, château d'eau, tours de communication, balises aéronautiques, etc.).

La position des objets remarquables et leurs altitudes doivent être relevés selon les précisions prescrites dans les différents ordres de levés du Tableau 2 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. Les méthodes décrites dans § 5.1 Contrôle horizontal, doivent être suivies.

Chaque objet remarquable doit être codé (attribut), avoir un identifiant unique et être décrit tel que stipulé dans la documentation SGQ (voir § 5.1.2. Description de stations). Il faudra également prendre des photographies couleur (analogues ou numériques) et les archiver.

### **Traitement de données**

Le traitement consiste à s'assurer que les positions et les altitudes répondent aux exigences de l'ordre de levé spécifié pour le projet.

Il faut aussi valider les informations sur les objets remarquables par rapport aux publications nautiques existantes.

Il faut se référer aux *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* et utiliser les formulaires requis pour traiter les altitudes.

S'il y a lieu, archivez les photographies couleur (analogues ou numériques).

## **6.7 Altitudes**

### **Acquisition**

Les altitudes (par rapport à la référence verticale, soit PMSGM ou HAT) de tous les points de contrôles horizontaux, les aides fixes, les quais principaux et objets remarquables ayant été positionnés, doivent être déterminées de la façon la plus précise possible et respecter les limites établies dans le Tableau 2 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Les altitudes peuvent être obtenues à l'aide d'un GPS-RTK, en mesurant physiquement la hauteur de la structure jusqu'au sol et en la nivelant par rapport à un repère altimétrique, en mesurant physiquement la hauteur jusqu'au niveau de l'eau et en appliquant une réduction de niveau de l'eau, ou en mesurant un angle zénithal à partir de points horizontaux connus. Dans ce dernier cas, lorsqu'il faut obtenir un degré de précision plus élevé, l'altitude devrait être déterminée à partir d'angles zénithaux obtenus à partir de trois points de contrôle en utilisant des méthodes de levés géodésiques (voir § 5.1 Contrôle horizontal).

### **Traitement de données**

Le traitement consiste à s'assurer que les altitudes obtenues répondent aux exigences de l'ordre de levé spécifié pour le projet.

Il faut se référer aux *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* et aux formulaires requis pour traiter les altitudes.

Les altitudes de tous les quais principaux du secteur des levés, devraient être réduites et ramenées à une référence verticale, soit PMSGM ou LAT.

## 6.8 Classification du fond marin

### Acquisition

La nature du fond marin doit être acquise et diffusée afin d'indiquer les possibilités de mouillage de navires, de chalutage ou d'échouement. Les exigences spécifiques en matière d'échantillonnage du fond marin sont spécifiées dans le chapitre 5.3 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. La densité des échantillons devrait être accrue dans les zones où il y a possibilité de mouillages, dans les zones de pêches et dans les zones où les navires peuvent s'échouer en cas d'urgence. L'équipement généralement utilisé pour l'échantillonnage est un plomb de sonde éculé et rempli d'une graisse à laquelle les sédiments restent collés en touchant le fond (tallow-armed sounding lead). Cette méthode n'est pas très efficace et ne ramènera à la surface qu'échantillon de grains relativement fins. Toutefois, un utilisateur expérimenté sera en mesure de faire la différence entre la roche, le sable et la vase. L'utilisation d'une petite benne preneuse, d'un godet ou de bennes plus grosses permettra de récolter des échantillons plus complets, mais ces outils sont plus encombrants et moins efficaces sur un fond constitué de gros cailloux ou de galets. Cette méthode est également utile si les échantillons de fond doivent être conservés pour être analysés ultérieurement par d'autres. On peut aussi utiliser une petite caméra submersible.

Les caractéristiques du fond peuvent aussi être déterminées à partir des informations acoustiques enregistrées à l'aide de systèmes à simple faisceau, multifaisceaux et multitransducteurs. Cette méthode requiert l'utilisation des méthodes mentionnées plus haut. On peut aussi utiliser des tables de corrélation.

La nature du fond déterminée par échantillonnage devra être codée conformément à la *Carte n° 1*.

La granulométrie listée ci-dessous peut servir de guide général :

- vase
  - argile moins de 0,002 mm
  - limon 0,002 à 0,0625 mm
- sable
  - fin 0,0625 à 0,25 mm
  - moyen 0,25 à 0,50 mm
  - grossier 0,50 à 2,0 mm
- gravier 2,0 à 4,0 mm
- cailloux 4,0 à 64,0 mm
- galets 64,0 à 256,0 mm
- gros galets plus gros que 256,0 mm
- roche cran rocheux ou fond compacté

Toutes les informations de classification du fond marin doivent être géoréférencées. Ces informations (positions et caractéristiques du fond) seront saisies dans le système d'acquisition à bord de l'embarcation ou plus tard dans le logiciel de traitement.

### **Traitement de données**

Le traitement consiste à vérifier les positions et les caractéristiques du fond et à vérifier que l'intervalle d'échantillonnage soit respecté.

Les caractéristiques du fond peuvent être déterminées à partir des informations acoustiques enregistrées par un système à simple faisceau, un système multifaisceaux ou multitransducteurs en analysant la force de retour du signal acoustique (rétrodiffusion). En règle générale, les surfaces dures comme le roc et le gravier ont une réflexion plus forte, alors qu'elle est moindre pour le sable et la vase. Les secteurs ayant une valeur réflexion similaires peuvent être délimités. Il faudra toutefois étalonner les valeurs de réflexion par des échantillonnage traditionnels avant de classer le fond marin. On peut aussi utiliser des tables de corrélation.

Toutes les informations de classification du fond marin doivent être géoréférencées. Ces informations (positions et caractéristiques du fond marin) devraient être saisies dans le logiciel de traitement si elles n'ont pas déjà été saisies dans le système d'acquisition de l'embarcation.

## **6.9 Relèvement de la ligne de rivage**

### **Acquisition**

La ligne de rivage affichée sur les cartes marines est rattachée à une référence verticale, soit la « pleine mer supérieure grandes marées (PMSGM) » ou la « marée astronomique la plus haute (MAPH) », et doit être vérifiées sur le terrain. Il faudra déterminer ou valider ces références à l'aide de techniques de télédétection et d'arpentage. Dans certains cas, quelques vérifications ponctuelles seront suffisantes, mais dans sur les rives inondables ayant une faible pente et des marnages importants, il faudra approfondir ces vérifications pour valider les références verticales.

La nature de l'estran devrait également être consignée, car cette information peut être très utile à la navigation.

Les cartes topographiques, les photographies aériennes, les images satellites ou tout autre outil utilisé pour générer la ligne de rivage sur les cartes marines, devraient être comparés à la réalité terrain et toute différence devrait être résolue à l'aide des techniques d'arpentage décrites plus haut. Les nouvelles constructions, les remplissages, l'accrétion ou l'érosion non montrés sur des plans et des photos, devraient faire l'objet de levés à l'aide de techniques d'arpentage. Il faudra consulter les dossiers de travaux proposés de la *Loi sur la protection des eaux navigables*. Lorsque des travaux de construction touchant des services, des installations, etc., le nom des compagnies exécutant les travaux devraient être obtenus, de même que des exemplaires des plans des travaux proposés.

La laisse de basse mer (définie par la BMIGM, la MAPB, etc.) doit également être bien définie. Il est de la plus haute importance que la laisse de basse mer du continent, des îles ou de toutes les entités asséchantes, particulièrement les entités au large, soit soigneusement relevée. Les limites des eaux intérieures du Canada, de la mer territoriale, des zones de pêches et des zones économiques exclusives sont établies à partir de points basées sur ces références. Les limites indiquées ci-dessus peuvent être étendues vers le large lorsqu'un rocher asséchant ou une roche à fleur d'eau existe en deçà de la limite territoriale des douze milles nautiques, conformément aux règles définies par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS).

La ligne de rivage, de même que la laisse de basse mer, doivent être positionnées selon le degré de précision spécifié dans le Tableau 2 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*, en utilisant les méthodes et procédures décrites dans les *Procédures pour les levés hydrographiques* (SGQ).

La nature du fond de l'estran devrait être classifiée et les différentes limites devraient être géoréférencées.

Les secteurs où se retrouvent des structures en ruines devraient être délimités. Si les structures sont immergées, il faut possiblement acquérir de nouvelles données bathymétriques afin de valider l'existence ou l'absence des structures en ruines. Il faut consulter les photographies couleur (analogues ou numériques) ou encore les données historiques pour obtenir plus d'informations sur ces ruines.

#### **Traitement de données**

Il faut se référer aux procédures et aux formulaires régionaux pertinents des *Procédures pour les levés hydrographiques* (SGQ).

Lors du traitement des positions, autant pour la ligne de rivage que la laisse de basse mer, il faut vérifier que la précision répond aux spécifications définies pour le levé.

Lorsque plusieurs positions ont été enregistrées sur des données ponctuelles, il faut calculer une position moyenne pour chaque entité.

Il faudra possiblement appliquer des transformations aux cartes topographiques numérisées, aux photos aériennes et aux images satellite pour géoréférencer les informations qu'elles contiennent.

La zone d'estran devrait être classifiée et les différentes limites devraient être géoréférencées.

### **6.10 Levé de révision**

Avant la mise à jour de publications nautiques, il faut effectuer des levés pour acquérir des données qui reflèteront les ajouts, les suppressions et autres modifications qui sont survenus dans la zone. Un levé de révision doit incorporer tous les changements qui peuvent affecter la sécurité de la navigation.

### 6.10.1 Levé de révision au cours d'un levé hydrographique standard

#### Acquisition

Au cours d'un levé hydrographique standard, il est impératif de vérifier les données source existantes de la région à relever. Il faut porter beaucoup d'attention à la vérification des positions des entités cartographiques existantes comme les quais, les appontements, les hauts-fonds, les ducs-d'Albe, les caissons, etc. Les profondeurs portées sur les cartes, plus particulièrement les hauts-fonds, les épaves, les dangers et les dangers signalés comprenant les « dangers douteux » étiquetés : ED-« existence douteuse », PA-« position approximative », PD-« position douteuse », SD-« sondage douteux », Rep-« danger signalé », etc., doivent être vérifiés et leurs existences confirmées ou infirmées.

Lorsque les écarts entre les nouveaux sondages et les profondeurs portées sur les cartes sont plus grands que les tolérances inscrites dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*, il faut examiner ces régions plus minutieusement.

Dans les zones critiques, comme les havres, les postes d'amarrage, les chenaux dragués, etc., il faudra possiblement utiliser un système multifaisceaux ou multitransducteur (si ce n'est pas déjà fait), conjointement avec un sonar à balayage latéral, afin de prouver l'existence ou l'absence de l'entité relevée. Il faut acquérir suffisamment de données pour confirmer l'absence de l'entité visée à la position portée sur la carte marine, ou à la position signalée. Si l'entité n'existe pas, il faut rédiger un rapport qui sera déposé au bureau régional qui pourra, à son tour, fournir des informations supplémentaires sur la source de l'entité portée sur la carte.

Inversement, tout nouveau danger doit être minutieusement examiné en suivant les étapes décrites dans ces lignes directrices et doit être signalé au bureau régional pour que le danger soit porté immédiatement sur les cartes. La communauté maritime doit aussi être informé au moyen d'*Avis à la navigation* ou d'*Avis aux navigateurs* (voir § 9.1 Signalement des dangers à la navigation).

La ligne de rivage doit être vérifiée et toutes les modifications (remplissage, constructions, etc.) qui ne sont pas disponibles sur les dernières images satellites ou les cartes topographiques, doivent faire l'objet d'un levé effectué à l'aide de techniques d'arpentage terrestres. Il faudra, si possible, prendre des photographies.

#### Traitement de données

Le traitement de données est effectué de la même façon qu'un levé hydrographique standard et en utilisant les procédures et les formulaires régionaux du SGQ des levés hydrographiques.

Dans certains cas, il faudra soumettre un rapport écrit pour expliquer les changements observés lors du levé hydrographique, surtout si des entités n'existent plus. Ces changements pourraient être fournis sous forme de document-papier ou en format électronique. Les photographies devraient être archivées avec les rapports de révisions pour supporter toute modification observée.

### 6.10.2 Levé de révision de publications nautiques.

#### Acquisition

Une équipe de levés pourrait devoir effectuer un levé de révision d'une région déterminée pour le compte d'une unité de production cartographique. Les tâches sont exécutées de la même façon qu'un levé hydrographique standard, sauf que les opérations de sondages peuvent être limitées aux zones critiques pour la navigation, comme des havres, les quais, les postes d'amarrage, les chenaux d'entrée, les alignements, les hauts-fonds signalés, etc. Les levés de révision ont aussi pour but d'examiner les hauts-fonds dangereux existants et autres dangers à la navigation. L'espacement des lignes de sondage et la méthodologie seront déterminés de façon à répondre aux exigences de l'ordre de levé (Tableau 1 des normes du *SHC pour les levés hydrographiques*). Il faudra, si possible, prendre des photographies.

Avant de quitter pour le terrain, il faudra obtenir des informations sur l'emplacement des changements connus ou soupçonnés, afin d'établir les priorités sur les tâches à accomplir. Les données source de la région à réviser doivent être étudiées et éventuellement apportées sur le terrain. Les listes détaillant de les données hydrographiques à acquérir, les cas d'investigations, etc. devront également être obtenues afin de pouvoir évaluer les travaux à effectuer sur le terrain.

Ce genre de levé est préparé et effectué de la même façon qu'un levé standard, à l'aide des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*, les présentes lignes directrices et les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)*. Voir § 3.0 Planification de levés.

#### Traitement de données

Le traitement des données est effectué de la même façon qu'un levé standard et en utilisant les procédures et les formulaires régionaux du SGQ des levés hydrographiques.

Dans certains cas, il faudra soumettre un rapport écrit pour expliquer les changements observés lors du levé hydrographique, surtout si des entités n'existent plus. Ces changements pourraient être fournis sous forme de document-papier ou en format électronique. Les photographies devraient être archivées avec les rapports de révisions pour supporter toute modification observée.

### 6.11 Instructions nautiques

#### Acquisition

Au cours d'un levé hydrographique, il est impératif de vérifier l'information contenue dans les *Instructions nautiques* applicables à la région relevée. Des amers peuvent avoir été supprimés ou de nouvelles constructions remarquables peuvent avoir été érigées (p. ex. des tours de communications, des églises et de hauts édifices), des hauts-fonds peuvent avoir été supprimés, des balises peuvent être masquées par des arbres ou détruites, de nouveaux règlements portuaires peuvent avoir été émis; des limites peuvent avoir été modifiées.

Les levés peuvent révéler que les Instructions nautiques ne décrivent pas adéquatement certaines régions et qu'elles devraient contenir plus de renseignements détaillés. Dans de tels cas, l'information requise couvre un large éventail de sujets, dont : la description des côtes, ports, dangers, amers, etc., ainsi que les instructions pour entrer dans les ports et pour la navigation côtière.

Des instructions spéciales peuvent être fournies par la personne responsable des *Instructions nautiques*. Ces instructions peuvent inclure une demande pour acquérir des photos aériennes obliques de certains secteurs et approches.

#### **Traitement de données**

Pour effectuer le traitement des données, il faut se référer aux instructions SGQ régionales pour respecter les procédures de soumission de données au responsable des *Instructions nautiques* régionale.

Assurez-vous d'avoir suivi toutes les instructions particulières fournies par la personne responsable des Instructions nautiques régionales.

Au besoin, compléter le formulaire de renseignements sur les installations marines (Marine facility Information form). Lorsque le projet est complété, les informations recueillies devraient être transmises au plus vite au représentant régional des Instructions nautiques.

## **6.12 Nomenclature cartographique**

### **Acquisition**

Dans les régions éloignées, il faudra possiblement obtenir le nom des entités topographiques locales importantes pour les cartes marines et les instructions nautiques. Dans de tels cas, les personnes contact (autorités locales, etc.) devrait être consignées au cas où des informations complémentaires seraient requises ultérieurement.

### **Traitement de données**

Le nom de toutes les entités topographiques à incorporer sur les documents et publications du SHC doivent être vérifiés par rapport à la base de données de la Commission de toponymie du Canada ou par rapport à d'autres organisations provinciales comme la base de données maintenue par la Commission de toponymie du gouvernement du Québec.

Il est possible de suggérer des noms pour des entités anonymes. Les méthodes et procédures requises pour ce faire sont décrites dans le document intitulé *Principes et directives pour la dénomination des lieux (1990)*, publié par le Comité permanent des noms géographiques, Ressources naturelles Canada.

Toute suggestion est assujettie à l'approbation par le bureau du directeur régional du SHC.

## 6.13 Utilisation de photos

Les photographies descriptives sont très utiles pour renseigner et peuvent également être utilisées dans de nombreuses tâches comme la formation, comme référence technique, pour les relations publiques, etc. L'utilisation de la vidéo peut aussi fournir de précieuses informations.

Les photographies et les vidéos doivent être adéquatement identifiés, codifiés et entreposés au Centre de données hydrographiques (CDH) et en conformité avec les *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* en vigueur.

### 6.13.1 Utilisation générale

#### Acquisition

Tous les points de contrôle horizontaux et verticaux utilisés ou installés au cours du levé devraient être photographiés. Il faut prendre au moins deux photographies : une prise vue générale de la région et une montrant chaque point de contrôle horizontal ou repère de nivellement et leurs environs immédiats. Les photographies devraient être prises à partir d'un point de vue horizontal ou légèrement oblique.

Les photographies ou vidéos peuvent être nécessaires pour donner une meilleure description des entités comme :

- les aides à la navigation (feux uniques, alignements et sceaux, balises, bouées, etc.),
- les panneaux de signalisation ou ceux fournissant des informations sur la navigation,
- les objets remarquables et les entités spéciales comme les épaves, les pieux, les hauts-fonds critiques, etc.,
- levés de révision (nouvelles constructions, nouvelles entités, changements, modifications, etc.). Ceux-ci peuvent être soumis avec le rapport de révision,
- installations de systèmes de positionnement, installation d'enregistreurs de niveaux d'eau, etc.,
- équipement utilisé au cours d'un levé (vedettes, instruments, équipements, bureau ou installation de traitement, etc.).

#### Traitement de données

Les photographies et les vidéos doivent être adéquatement identifiés, codifiés et entreposés au CDH et en conformité avec les procédures SGQ en vigueur pour les levés hydrographiques.

### 6.13.2 Photographies aériennes pour les Instructions nautiques

#### Acquisition

Les photographies côtières incluses dans les Instructions nautiques permettent aux navigateurs de visualiser et identifier les entités terrestres mentionnées dans le texte. Pour être plus facilement reproductibles, les photographies que l'on retrouve dans les *Instructions nautiques* doivent être prises avec un appareil photo capable de produire précisément les photographies en noir et blanc et fournir un bon contraste. Elles sont généralement prises à partir d'un bateau ou d'un aéronef. Il faudra, dans certains cas, faire appel aux services d'un photographe professionnel et préconiser l'utilisation d'un hélicoptère.

Les photographies des entités suivantes sont particulièrement utiles pour décrire les entités suivantes :

- saillies terrestres, particulièrement celles qui sont repérées facilement lors des manœuvres d'approches le long de la côte, ou qui permettent une navigation sécuritaire,
- îles qui gisent près des routes de navigation habituelles et qui constituent des aides précieuses pour déterminer la position,
- entrées de détroits étroits et de chenaux,
- entrées de ports,
- les pistes d'atterrissages, les feux d'alignement, etc.,
- entités naturelles et anthropiques remarquables.

Lors des prises de vues de la côte, il faut respecter les règles suivantes :

- Si possible, les photographies devraient être prises à peu près de la hauteur du pont d'un bateau, en direction de la proue ou depuis celle-ci, afin de montrer l'apparence de la côte lors d'une approche normale. Les photographies prises vers le travers ou vers le travers arrière (lorsque le bateau passe ou a déjà passé la terre) offrent rarement un intérêt. Il faut prendre soin d'éviter d'inclure des parties de la structure du bateau, comme le mât de misaine,
- Si la terre est basse, les photographies devraient être prises d'une distance de 2 km à 3 km et environ 60 m ou moins au-dessus du niveau de l'eau. Les photographies des basses terres prises d'une plus grande distance ne seront pas instructives,
- Si les terres sont de hauteur moyenne, disons de 70 m à 250 m au dessus du niveau de l'eau, on peut prendre des photographies à des distances allant de 5 à 7 km. Si les terres sont hautes, disons 300 m et plus, la distance de la prise de photographie peut être de 9 km ou plus,
- Il est toujours recommandé d'inclure dans la photographie les deux rives des entrées, détroits, chenaux et ports. Si la distance angulaire entre les deux rives est trop importante pour être incluses sur une seule photo, il faudra en prendre deux ou plusieurs qui se chevauchent horizontalement à partir de la même

position, de façon à pouvoir les assembler en une seule vue. On peut également utiliser un objectif grand-angle,

- Les photographies prises depuis un hélicoptère peuvent être très utiles, à condition qu'elles soient prises d'une hauteur raisonnable, p. ex. 15 à 50m, en tenant compte de la hauteur des terres environnantes de la région et en s'assurant que la position du point de prise de vue puisse être déterminé avec une précision acceptable,
- dans tous les cas, les photographies devraient être prises par temps clair et de manière à ce que toutes les entités soient le plus facilement identifiables.

Il est essentiel que la position du point de prise de vue de la photographie ait été consignée et que la direction dans laquelle l'appareil photo pointait, soient connus. Ceci peut être déterminé en prenant un relèvement et une distance par rapport à un objet distinct qui doit apparaître dans la photo. Une précision d'angle de relèvement d'environ 1 degré et de distance d'environ 0,5 km (0,25 mille marins) devraient convenir. Toutefois, et selon les circonstances et la distance, ces tolérances approximatives peuvent être dépassées. Toutes les informations devraient être consignées immédiatement après la prise de la photographie.

#### **Traitement de données**

Un bref rapport devrait être ajouté aux photographies prises spécialement pour les Instructions nautiques. Ce rapport devrait inclure :

- les numéros de référence des photographies (correspondant à ceux des épreuves),
- les dates et heures des prises de vues,
- les positions des prises de vues par rapport aux entités terrestres photographiées,
- la région montrée sur chaque photographie indiquée sur une carte marine ou une carte topographique,
- le nom de l'embarcation,
- autres détails, p. ex. photographies prises depuis un hélicoptère, partie d'une scène panoramique, etc.

Les photographies et les vidéos prises doivent être adéquatement identifiés, encodés et entreposés au CDH et en conformité avec les procédures SGQ de levés hydrographiques en cours.

## **6.14 Mesures des courants**

### **Acquisition**

Les informations sur les courants sont principalement utilisées comme aide à la navigation, particulièrement dans les entrées de ports, dans les chenaux étroits ou peu profonds, dans les zones de mouillage et à proximité des quais, appontements ou autres régions offrant peu de marge de manœuvre et où les vitesses des courants semblent dépasser 0,5 nœud.

Des instructions sur les levés détaillées devront être obtenues avant de partir pour la région à relever. Ces instructions devraient fournir une description du lieu où les mesures sont requises, les instruments à utiliser et la durée d'acquisition de données. Il faut tenir compte du temps requis pour effectuer cette tâche lorsque la cédule des opérations du levé sera rédigée.

Si possible, il faudra suivre ces directives pour acquérir des données de courants et de courants de marée :

1. les observations de courants devraient être effectuées à l'aide d'un système d'enregistrement.
2. les observations devraient être mesurées à des profondeurs comprises entre 0 m et 10 m sous la surface.
3. il faudra faire des observations simultanées du niveau de l'eau et des conditions météorologiques. Dans le cas d'eaux sans marée, il faudra faire des observations simultanées du déversement des eaux.
4. la période d'observation en zone à marée devrait normalement s'étaler sur une période d'au moins 29 jours, à des intervalles de moins d'une heure. Dans le cas d'eaux sans marée, les observations devraient s'étaler sur l'ensemble des éléments causant les courants (c'est-à-dire les crues de rivière, etc.).
5. la vitesse et la direction du courant de marée devraient être mesurées à 0,1 nœud près et à 10° près respectivement avec un degré de certitude de 95 %.
6. lorsqu'il y a lieu de penser que les crues saisonnières influencent les courants de marée, les mesures devraient être faites de manière à couvrir la totalité de la période de variabilité.

Dans d'autres cas, il suffit d'obtenir une mesure instantanée à l'aide d'un courantomètre portatif, ou autres méthodes, pour obtenir une idée du courant qui pourrait affecter les navires de faible puissance et autres petites embarcations.

Les instructions sur la mesure des courants de marée et des courants sont incluses dans le chapitre 8 – Mesures des courants du *Manuel canadien des marées*.

Il faut remarquer qu'il ne sera pas toujours possible de suivre intégralement toutes ces directives. Les équipes de levés sont invitées à acquérir le plus d'informations possibles sur la direction et la vitesse des courants de marée et des courants.

### **Traitement de données**

Les données sur les courants doivent être traitées dans le respect des procédures SGQ régionales sur les levés hydrographiques.

Les données sur les courants devraient être accompagnées d'un bref rapport. Ce rapport devrait fournir des détails sur les instruments et la méthodologie utilisés pour mesurer les courants, ainsi que les preuves d'étalonnage et les précisions obtenues. La position de chaque mesure de courant doit être consignée de manière précise, de même que la date, l'heure, la vitesse et la direction de chaque mesure. Les profondeurs doivent être réduites au zéro des sondes. Toute information pertinente pouvant faciliter l'interprétation des données, doit être indiquée dans ce rapport.

## 6.15 Vérifications-terrain (avant de quitter le terrain)

Si le traitement ne peut être fait au cours du levé, certaines étapes devraient être entreprises pour s'assurer que le post-traitement pourra être effectué ex situ et que la couverture bathymétrique et la qualité des données sont conformes aux spécifications du levé, définies dans les Instructions sur les levés.

### 6.15.1 Bathymétrie

Assurez-vous que tous les senseurs à bord de la plate-forme de sondages ont été étalonnés conformément aux spécifications du levé.

Assurez-vous que les mesures de la vitesse du son et les barres d'étalonnage sont effectuées dans la région du levé et qu'elles correspondent aux heures d'acquisition de données. La position des sites de mesures de la vitesse du son et des barres d'étalonnage devraient être consignées et archivées. Assurez-vous que les valeurs enregistrées sont utilisables et non corrompues.

Réviser les surfaces maillées de sondages pour vous assurer que la couverture est adéquate.

Vérifiez que les lignes de vérification ont été effectuées.

Vérifiez que les hauts-fonds, les obstacles ou les zones dangereuses ont été examinés de façon satisfaisante.

Sélectionnez aléatoirement des sous-ensembles de données pendant l'acquisition pour en vérifier la cohérence et la qualité.

Assurez-vous que les informations sur les niveaux d'eau et les courants sont recueillies et qu'elles sont disponibles.

Créer un MNT de données de sondages et vérifiez si elles présentent des anomalies.

### 6.15.2 Autres données

Assurez-vous que les fichiers de positions puissent être lus et qu'ils contiennent les datagrammes requis.

Assurez-vous de la qualité de toutes les données acquises.

Assurez-vous que toutes les données nécessaires pour compléter les formulaires FAT sont disponibles, ou qu'elles ont, au moins, été recueillies.

Assurez-vous qu'il y a suffisamment de points de position pour géoréférencer les données sources numérisées.

Assurez-vous que les photographies prises pour les Instructions nautiques répondent aux besoins et soient conforme aux indications contenues dans le § 6.13 Utilisation de photographies.

## 6.16 Autres calculs

Tous les calculs doivent être effectués avec soin par un hydrographe compétent qui devra possiblement apposer sa signature au bas des calculs comme preuve. Dans certains cas (nouveaux points de contrôles horizontaux, nouveaux repères altimétriques, enregistreurs de niveaux d'eau temporaires, etc.), il faudra vérifier les calculs et les approuver avant d'entamer les opérations de sondages.

Tous les commentaires, annotations, explications, etc., consignés au cours des levés de révision de cartes marines ou d'Instructions nautiques, devraient faire l'objet d'une révision avant de quitter le site du levé, pendant que l'information est encore présente dans l'esprit des hydrographes ayant effectué les travaux. Tous les commentaires, annotations, etc. associés aux changements notés sur les cartes marines révisées, devraient être inclus dans un rapport distinct.

Les descriptions des points de contrôles horizontaux et verticaux, ou tout autre croquis notés pendant les opérations terrain, devraient également être révisés le plus rapidement possible après l'acquisition des données. Les photographies prises au cours de telles opérations devraient être développées ou téléchargées, identifiées et étiquetées, également le plus rapidement possible.

Les résultats des divers calculs et les divers formulaires originaux d'observations devraient être inclus dans un carnet de calculs, classés par sujet et facilement accessibles pour consultation ultérieure.

Le carnet de calculs devrait inclure une section détaillant les calculs et les méthodes utilisées pour réutiliser ou implanter les références verticales du levé, comment les sondes ont été réduites, le numéro de carte cotidale (s'il y a lieu), une copie des divers formulaires et un croquis montrant l'emplacement général de tous les enregistreurs de niveau d'eau installés dans la région du levé.

## 7 Contrôle de la qualité

Pour tous les aspects des levés hydrographiques, il faut établir des procédures de vérification (listes de vérification, etc.) pour s'assurer que les données sont enregistrées ou calculées correctement et que les saisies manuelles (variables de configuration de système, modifications au système de navigation, etc.) sont correctement saisies. Les lignes directrices incluses dans les *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*, § 7 – Contrôle de qualité, doivent être suivies. Les vérifications devraient être effectuées conformément aux procédures SGQ régionales pour les levés hydrographiques.

Tous les ajustements, modifications ou changements effectués aux divers systèmes d'enregistrements doivent être documentés et approuvés.

Il faudra effectuer les démarches nécessaires pour s'assurer que toutes les équipes de levés utilisent la même version des logiciels. Aucun changements ou modifications aux diverses suites de logiciels utilisés pour traiter les données acquises pendant le levé hydrographique, ne peuvent être faits sans l'approbation du bureau régional.

## 7.1 Bathymétrie

La validité des sondages devrait être vérifiée par un hydrographe compétent indépendant, autre que celui qui a traité les données. L'hydrographe-en-charge doit approuver la liste de hauts-fonds à examiner et les zones requérant l'acquisition de données hydrographiques supplémentaires. C'est également l'HEC qui a la responsabilité de valider la concordance entre les sondages provenant des lignes régulières, des lignes de vérification de vérification, des examens de hauts-fonds et autres. Les précisions des profondeurs pour les différents ordres de levés sont stipulées dans le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*.

Les fichiers finaux et, si requis, les minutes hydrographiques finales doivent être soigneusement vérifiés avant d'être déposés.

### 7.1.1 Chevauchement entre les levés

La comparaison entre la bathymétrie obtenue pendant le levé et la bathymétrie provenant de levés antérieurs relève de l'hydrographe-en-charge. C'est également l'HEC qui a la responsabilité de vérifier que tous les ensembles de données contigus se chevauchent, afin de faciliter la vérification des précisions obtenues et pour assurer la continuité dans la couverture entre les levés.

Une région relevée peut être divisée en ensembles de données distincts. Dans la plupart des cas, les limites entre les données à compléter sont contiguës aux limites des minutes hydrographiques ou ensembles de données antérieurs. Dans un tel cas, les ensembles de données générés au cours d'une même saison de levés, utilisant les mêmes méthodes et équipement, les mêmes bateaux et réalisés par le même HEC, n'ont pas besoin de chevauchement. Toutefois, les ensembles de données ayant une ou plusieurs limites correspondant aux limites d'ensembles de données antérieurs, doivent se chevaucher suffisamment pour permettre de vérifier la précision des nouvelles données et pour s'assurer qu'elles se comparent bien avec celles des levés antérieurs.

Dans un environnement numérique, les données bathymétriques peuvent être produites sous forme d'ensembles de données, dont chacun aurait ses propres limites à l'intérieur d'un grand ensemble de données qui montre les limites du présent levé. Les nouvelles limites peuvent coïncider ou non avec les limites des levés antérieurs. D'une façon ou d'une autre et, comme c'est le cas avec les minutes hydrographiques, la couverture des nouvelles données doit chevaucher partiellement les données antérieures afin de vérifier la précision des nouvelles données et pour s'assurer qu'elles se comparent bien avec celles des levés antérieurs.

En règle générale, le chevauchement avec les minutes hydrographiques ou les ensembles de données antérieurs, doit être suffisant pour s'assurer que les nouvelles données se trouvant dans la zone de chevauchement soit en accord avec les données acquises antérieurement. La distance de chevauchements dépend des buts dans lesquels les données actuelles et précédentes ont été acquises (échelle, densité, etc.) et peut varier d'aussi peu que 50 m, jusqu'à 2 km. La zone de chevauchement devrait également inclure les détails de la ligne de rivage et de l'estran, ainsi que les contours.

Les profondeurs devraient être conformes aux précisions stipulées dans le Tableau 1 des *Normes du SHC pour les levés hydrographiques*. Si les profondeurs de la zone de chevauchement ne correspondent pas avec les profondeurs des relevés antérieurs, les résultats obtenus lors des relevés en cours d'exécution devront être minutieusement vérifiés. Si les écarts ne peuvent toujours pas être résolus, il faudra alors effectuer des lignes de vérification dans le secteur des levés antérieurs, afin de déterminer l'ampleur des écarts. Tout écart trouvé dans les zones de chevauchement doit être résolu avant de certifier l'exactitude des données et avant d'approuver leur utilisation pour la production cartographique.

## **7.2 Autres calculs**

Tous les calculs devraient être vérifiés par un hydrographe compétent et indépendant. Une fois terminés, il faudra obtenir une preuve claire que les calculs ont été vérifiés et qu'ils peuvent être utilisés.

## **8 Finalisation et dépôt des données**

Une fois que les levés ont été effectués et que l'équipe de levés est de retour au bureau, les étapes et les méthodes décrites dans les procédures régionales SGQ pour les levés hydrographiques doivent être suivies afin de pouvoir achever le projet. Cela pourrait inclure les actions suivantes :

- Obtenir les numéros de fichiers auprès du Centre de données hydrographiques (CDH) / Gestion de données, afin de pouvoir identifier et entreposer adéquatement les diverses informations acquises et produites sur le terrain (fichiers numériques, notes d'observations, notes de calculs, descriptions, minutes hydrographiques, etc.),
- toutes les données-sources, comme les observations, les calculs, les formulaires, etc., devraient être colligées, groupées, étiquetées et soumises au CDH. Assurez-vous que tout soit vérifié et approuvé,
- les rapports des levés de révision et d'Instructions nautiques devraient être complétés et devrait inclure une liste des informations devant être remplacées,
- toutes les notes sur les sondages devraient être colligées, triées et clairement identifiées en incluant la date, le nom de l'embarcation ou de la vedette, l'équipe de levés, etc.,
- tous les documents empruntés au CDH doivent être retournés,
- les informations sur les niveaux d'eau, les enregistrements de niveaux d'eau (numériques ou analogiques), les notes sur les nivellements, les descriptions de repères, les photographies, les formulaires de comparaisons, la détermination des références verticales, l'emplacement des échelles et des enregistreurs de niveaux d'eau, etc.), doivent être colligés et étiquetés adéquatement.

Les divers produits et autres informations acquises, doivent être transmis aux unités, groupes ou autorités compétentes, afin que les différentes bases de données, fichiers, produits, etc. soient mis à jours. Plus particulièrement :

- tous les produits demandés par des clients externes devraient être complétés et expédiés le plus rapidement possible – une copie devrait être conservée dans la base de données du CDH régional,
- une fois vérifiées, les données devraient être transmises au gestionnaire régional des données,
- les données provenant d'ensembles de données utilisées pour créer des minutes hydrographiques, devraient, s'il y a lieu, être codées en respectant les SPCG,
- toutes les données brutes devraient être adéquatement étiquetées et archivées,
- les rapports de levé de révision, incluant la liste des actions cartographiques, devraient être transférés au gestionnaire régional de données,
- le rapport de révision des Instructions nautiques et les informations sur les ports de plaisance devraient être transmis au gestionnaire régional de données,
- les données sur les points de contrôles horizontaux (descriptions et calculs) devraient être soumises aux autorités compétentes fédérales, provinciales ou locales responsables de mettre à jour les bases de données sur les points de contrôle horizontales. Des copies doivent être remises au gestionnaire régional des données,
- les formulaires descriptifs sur les aides fixes (FAT), mentionnant la position observée, doivent être transmises au bureau pertinent de garde côtière afin que la base de données sur les aides soit mise à jour. Il faut transmettre des copies de ces formulaires au gestionnaire régional des données,
- toutes les notes de terrain associées à l'établissement de repères altimétriques et des enregistreurs de niveaux d'eau doivent être déposées à l'unité régionale des courants et niveaux de l'eau,
- tous les rouleaux de sondages et autres enregistrements bathymétriques doivent être remis au CDH et entreposés en lieu sûr.

## **9 Rédaction de rapports**

Des rapports doivent être produits afin de :

- signaler les dangers découverts au cours du levé,
- informer sur les avancements du levé,
- donner les détails sur la façon dont le levé a été effectué,
- décrire et évaluer les nouvelles méthodes et processus mis en pratique ou le nouvel équipement utilisé,
- fournir aux gestionnaires des informations utiles pour la planification et l'exécution de futurs levés,
- fournir des recommandations supportant le processus d'amélioration continue.

Les rapports offrent une description utile des travaux effectués pendant la période de levés sur le terrain. Ils permettent également d'effectuer des actions immédiates, lorsque celles-ci sont nécessaires. Plus important encore, ils fournissent des informations inestimables qui serviront de référence pour la

planification et la budgétisation de futurs levés hydrographiques.

### **9.1 Signalement de dangers à la navigation**

Les dangers à la navigation non cartographiés découverts au cours d'un levé hydrographique doivent être immédiatement signalés au directeur régional, Hydrographie. Les navigateurs devront également être informés au moyen des *Avis à la navigation* ou des *Avis aux navigateurs* de la GCC.

En évaluant l'importance des dangers à la navigation, il faut tenir compte de la taille, du type et du tirant d'eau des navires fréquentant la zone, ainsi que l'emplacement du danger par rapport aux voies de navigation.

Si l'HEC estime qu'une action immédiate est requise, il/elle doit contacter la station-radio de la garde-côtière la plus proche et lui demander d'émettre immédiatement un Avis à la navigation. Celui-ci doit être suivi par une transmission urgente au directeur régional, Hydrographie l'informant de l'action prise. Les autres organismes concernés (Transports Canada, maîtres de ports, pilotes, Ministère de la défense nationale (MND), etc.) devraient également être informés sans délai. Toutes ces communications doivent être enregistrées, y compris les détails de toutes les communications comme les dates, heures, personnes contactées et signature de l'HEC.

Un examen plus approfondi peut être nécessaire pour bien déterminer les dangers.

Si l'HEC considère, après avoir évalué les résultats de l'examen du danger, que l'entité n'est pas assez dangereuse que pour justifier l'émission d'un Avis à la navigation, il/elle en informera le plus rapidement possible le directeur régional, Hydrographie, afin qu'un Avis aux navigateurs soit émit le plus rapidement possible. Si nécessaire, les autres organismes concernés (Transports Canada, capitaine de port, pilotes, MDN, etc.) devraient également être informés.

Toutes les communications radio et téléphoniques menées avec le directeur régional, Hydrographie doivent être consignées et immédiatement confirmées par un rapport écrit qui doit inclure tous les détails nécessaire à l'émission d'un Avis à la navigation.

Les aides fixes et les bouées hors position, les feux éteints, les différences dans les caractéristiques des feux, etc. devraient être immédiatement rapportés au bureau de la garde côtière et être suivi d'un rapport adressé au directeur régional, Hydrographie.

### **9.2 Rapports sur les avancements des travaux**

Si le levé doit s'étendre sur une longue période, il serait souhaitable que l'HEC produise un rapport mensuel (ou toute autre fréquence adéquate) d'avancement des travaux. Le rapport peut contenir les informations suivantes :

- une page de titre,
- une table des matières,
- une liste du personnel ayant participé au levé, incluant les hydrographes, les techniciens électroniques, les employés occasionnels, les étudiants, etc., détaillant leurs noms, fonctions, dates d'arrivée et de départ,

- une liste des projets entrepris, comprenant le titre, le numéro et le type de projets,
- le pourcentage d'avancement de chaque projet,
- une chronologie des événements importants (pas un compte-rendu quotidien),
- un bref compte-rendu de la planification, des préparatifs et des opérations au cours de la période visée par le rapport,
- un résumé du budget,
- des commentaires d'ordre général sur le fonctionnement de l'équipement, des progrès réalisés, des plans futurs,
- des croquis montrant les travaux effectués (couverture de sondage et les limites, réseau de points de contrôle altimétriques et altimétriques, travaux restants, etc.),
- statistiques requises par les gestionnaires,
- autres informations pertinentes.

Les rapports sur l'avancement des travaux doivent être remis le plus tôt possible au directeur régional, Hydrographie ou au gestionnaire, Levés hydrographiques ou Acquisition de données, aux intervalles spécifié.

### **9.3 Rapport de projet**

Lorsqu'un levé hydrographique est complété, un rapport final du projet doit être rédigé. Le rapport de projet devrait rendre compte des travaux effectués par l'équipe de levés hydrographiques au cours d'une période donnée. Ce rapport doit être circulé à tous les niveaux du SHC, ainsi qu'aux personnes et organismes externes au ministère des Pêches et des Océans (MPO). Le rapport de projet devrait être remis au directeur régional, Hydrographie et ce, le plus rapidement possible après la fin du levé. Une fois approuvé, le rapport final de projet sera diffusé aux personnes suivantes :

- directeur général, SHC (copie papier obligatoire),
- gestionnaire, Planification SHC-AC (copie papier obligatoire),
- tous les directeurs régionaux, SHC,
- présidents des comités permanents,
- gestionnaire, Levés hydrographiques, Terre-Neuve-et-Labrador.

Optionnellement, ou conformément aux politiques régionales ou aux procédures SGQ, ces rapports pourraient également être remis aux personnes suivantes :

- directeur régional, Sciences,
- directeur général régional, MPO,
- bibliothèque régionale MPO (on suggère de transmettre une copie papier),
- CDH (2 copies papier – au cas où l'un des deux serait prêté),
- capitaine du navire hydrographique (on suggère de lui remettre une copie papier),
- un exemplaire électronique pour le site SHC national (doit être rédigé dans les deux langues officielles).

Le format de diffusion approprié peut être spécifié par les Régions ou par les destinataires. Les versions numériques peuvent être transmises par courriel, placées sur une page web, copiées dans des fichiers publics ou sur un disque dur partagé, selon la politique régionale en vigueur ou selon le souhait des destinataires. Les plus importants critères sont que le rapport doit être remis dans le format souhaité par les destinataires et que la méthode de transmission soit le plus efficace possible.

L'équipe de levés peut avoir travaillé sur plusieurs projets au cours de la saison de levés. Si tel est le cas, tous les sujets communs aux divers projets réalisés (liste du personnel impliqués dans les levés, liste des principales embarcations et équipements utilisés, calendrier des événements principaux, etc.) ne devraient être identifiés qu'une seule fois dans le rapport final, alors que les détails spécifiques à chaque projet (planification, préparations, façon dont les tâches ont été effectuées, les régions complétées et celles qui ne le sont pas, etc.), devraient être mentionnés.

Le rapport de projet devrait inclure les informations suivantes :

- une page titre contenant les informations suivantes :
  - nom de l'établissement (c'est-à-dire le Service hydrographique du Canada),
  - Région,
  - titre (c'est-à-dire le rapport final de projet),
  - numéro de projet,
  - nom des embarcations et numéro de mission (s'il y a lieu),
  - type de levé (c'est-à-dire régulier, de vérification, courants et niveau de l'eau, de révision, etc.),
  - période des opérations,
  - région générale des opérations (nom géographique),
- une table des matières,
- une liste du personnel ayant participé aux levés,
- une liste des embarcations et équipements principaux,
- chronologie des principaux événements (les événements routiniers peuvent être groupés, p. ex. du 1<sup>er</sup> au 15 juin – travaux de sondages),
- planification, préparations,
- opérations entreprises pour mener à bien tâches désignées,
- une liste des projets entrepris, s'il y en a plus d'un,
- les détails concernant chacun des lieux (voir plus bas),
- conclusions et recommandations s'appliquant à l'ensemble du projet,
- statistiques (groupées par lieu et ensuite additionnées pour donner les totaux des projets),
- photographies and images illustrant les phases des travaux, les embarcations ou équipements utilisés, les accidents, etc.

Le rapport de projet doit également inclure les détails de chaque lieu et inclure les informations suivantes :

- emplacement,

- date des opérations,
- chronologie des principaux événements,
- planification, préparations et opérations,
- façon dont le contrôle horizontal a été établi (incluant les croquis, s'il y a lieu),
- façon dont le contrôle vertical a été recouvert,
- façon dont la ligne de rivage a été établie, s'il y a lieu,
- façon dont les sondages ont été acquis, traités et réduits,
- énoncé sur l'ordre de précision des données obtenues,
- liste des informations remises, comprenant les titres, les limites, les numéros et les échelles (il serait préférable de fournir ces informations sous forme de croquis),
- état du projet (régions couvertes et celles nécessitant des travaux supplémentaires – généralement sous forme de croquis),
- conclusions et recommandations s'appliquant spécifiquement au lieu,
- les photographies spécifiques au lieu peuvent également être incluses.

Si un seul projet a été entrepris, (ou si un rapport de projet séparé est rédigé pour chacun des emplacements de levés), le rapport de projet devrait être plus homogène et inclure toutes les informations requises pour détailler des travaux effectués sur un emplacement précis.

#### **9.4 Rapports techniques et spéciaux**

Il pourrait être nécessaire de rédiger d'autres rapports pour répondre aux demandes des administrations nationales ou régionales. Ceci peut inclure des rapports de mission, des rapports sur les véhicules, des rapports sur les embarcations ou les navires, des rapports sur les équipements, etc. Ces rapports devraient être rédigés conformément aux *Procédures pour les levés hydrographiques (SGQ)* régionales ou autres procédures mises en place dans d'autres unités du Bureau régional.

Il pourrait être utile de rédiger des rapports techniques ou spéciaux qui vont décrire et/ou évaluer de nouveaux processus, de nouvelles méthodes, de nouveaux équipements, etc. utilisés au cours de la saison de levés. De tels rapports peuvent également être rédigés au sujet de résultats obtenus au cours d'essais-terrain de nouveaux équipements, processus ou méthodes de travail.

#### **9.5 Signaler des accidents**

Les blessures subies par le personnel ou les dommages causés aux véhicules, vedettes ou équipements de levés et découlant d'un accident, doivent être signalés le plus rapidement possible au directeur régional, Hydrographie par téléphone, photo télégraphié (fax) ou message-radio. Il faut compléter le formulaire Rapport d'enquête sur les situations hasardeuses (RESH), un rapport de l'employeur, un rapport de l'employé et un Rapport sur les véhicules à moteur.

Des instructions sur la façon d'utiliser les formulaires, comment les remplir, les délais à respecter et les personnes à qui les envoyer sont disponibles auprès des autorités régionales.

Le rapport doit contenir les informations suivantes :

- la nature des blessures subies par le personnel,
- le type d'accident, le récit des événements, le lieu, la date et l'heure,
- l'étendue des dommages au véhicule, à l'embarcation ou à l'équipement,
- si une autre embarcation est impliquée, le nom de l'embarcation, le nom du propriétaire, le numéro d'enregistrement et son port d'attache (ou le numéro de licence et de district), ainsi que l'ampleur des dommages.

Dans tous les cas, et particulièrement ceux pouvant aboutir à une plainte pour dommages, le rapport initial devrait être immédiatement suivi par un rapport consigné comprenant des croquis et des photographies, ainsi que le nom des témoins, etc. Aucune reconnaissance de responsabilité ne devrait être faite à l'autre partie.



## 10 Abréviations, acronymes, définitions et expressions

<b>Aides fixes</b>	Toute structure anthropique érigée à des fins de navigation (balise de jour, phare, alignements, feux d'alignements, etc.). Elles sont positionnées au troisième ordre de précision et ensuite décrites et consignées sur un Formulaire de données sur les aides fixes.
<b>AQTR</b>	Assurance de la qualité en temps réel.
<b>Assurance de la qualité</b>	Ensemble d'actions planifiées et systématiques, nécessaires pour fournir une certitude adéquate quant à la pertinence d'un produit ou d'un service par rapport à des exigences définies en matière de qualité.
<b>Balise-repère</b>	Marques supplémentaires installées pour permettre le repérage des principaux points de contrôle, emplacements d'antennes pour les principaux systèmes de positionnement, aides fixes, etc. Normalement, il faut trois marques repères pour indiquer une position déterminée; elles sont identifiées par l'inscription « Ref 1 », « Ref 2 », etc., sur les fiches descriptives des points géodésiques.
<b>BMIGM</b>	Basse mer inférieure, grande marée.
<b>C-DGPS</b>	Système de corrections GPS différentielles pancanadien (Canadian Wide Differential Service). Service de DGPS assuré par la Division de levés géodésiques, de Ressources naturelles Canada.
<b>CDH</b>	Centre de données hydrographiques.
<b>Centres de phase</b>	Emplacement exact du centre électrique des antennes de stations de référence GPS ou des stations de contrôle d'intégrité.
<b>CGVD28</b>	Système de référence altimétrique de 1928 (Canadian Geodetic Vertical Datum 1928 [CGVD28]) : système de référence officiel des altitudes en vigueur au Canada. Le cadre de référence pour le CVGD28 est le niveau moyen des mers à six sites d'enregistrements de niveaux d'eau en date de 1928.
<b>Contrôle de la qualité</b>	Ensemble des procédures assurant la conformité d'un produit à certaines normes et spécifications ( <u>OHI S32 éd.1994, n° 4115</u> ).
<b>Correction</b>	Une quantité qui, appliquée à une observation ou une fonction, va diminuer ou éliminer les effets des erreurs et donner une valeur améliorée de l'observation ou de la fonction. La correction correspondant à une erreur donnée est de la même grandeur, mais du signe opposé ( <u>OHI S32, éd. 1994, n° 1079</u> ).
<b>Couverture totale du fond</b>	Méthode d'exploration du fond marin visant à fournir une couverture complète d'une zone, dans le but de détecter toutes les entités

---

	mentionnées dans le présent ouvrage.
<b>CTDS</b>	Conductivité, température, profondeur (depth), salinité.
<b>CUBE</b>	Estimateur combiné d'incertitude bathymétrique ( <i>Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator</i> ).
<b>DGPS</b>	Système de positionnement global (GPS) en mode différentiel ( <i>Differential Global Positioning System</i> ).
<b>DGPS-GCC</b>	Un service de positionnement DGPS fourni par la Garde côtière canadienne.
<b>DLG</b>	Division des levés géodésiques, Ressources naturelles Canada.
<b>ECP</b>	Erreur circulaire probable.
<b>Entités remarquables</b>	Toute entité naturelle remarquable, susceptible d'être utilisée par un navigateur dans le cadre du positionnement (sommets de montagnes, collines, îlots, etc.). Ces entités sont généralement positionnées par intersection ou relèvement.
<b>Erreur</b>	Différence entre une valeur observée ou calculée d'une quantité et la valeur idéale ou vraie de cette quantité ( <u>OHI S32, éd. 1994, n° 1671</u> ).
<b>ETP</b>	Erreur totale propagée.
<b>Formulaire FAT</b>	Formule de données sur les aides fixes ( <i>Fixed Aids Tabulation form</i> ).
<b>GCC</b>	Garde côtière canadienne.
<b>Géostatistiques</b>	Domaine des statistiques traitant de l'évaluation de la certitude des valeurs interpolées, dérivées des mesures de données géoréférencées.
<b>GPS</b>	Système de positionnement global (satellites; <i>Global Positioning System</i> ).
<b>HEC</b>	Hydrographe-en-Charge.
<b>ISO 9001</b>	Ensemble de normes pour systèmes de gestion de la qualité.
<b>ISO</b>	Organisation internationale de normalisation ( <i>International Organization for Standardization</i> ).
<b>LOP</b>	La ligne de position ( <i>Line of Position</i> ) est une ligne indiquant une série de positions potentielles d'une embarcation; ces positions sont déterminées par observation ou par mesure. Elle est également appelée « <i>position line</i> » ( <u>OHI S32 éd.1994, n° 2848</u> ).
<b>Niveaux de certitudes</b>	Probabilités selon lesquelles une erreur ne dépassera pas une valeur maximale.
<b>Métadonnées</b>	Informations décrivant les caractéristiques de données, p. ex. la précision des données de levé.

---

	Définition ISO : données (descriptives) sur un ensemble de données et de son utilisation. Les métadonnées sont implicitement reliées à un ensemble de données. Parmi les exemples de métadonnées, on compte : la qualité d'ensemble, le titre de l'ensemble de données, la source, la précision de la position et le droit d'auteur.
<b>MNT</b>	Modèle numérique de terrain.
<b>Objets remarquables</b>	Tout objet anthropique remarquable, susceptible d'être utilisé par les navigateurs pour le positionnement (balise aéronautique, clocher d'église, cheminée, croix, silo, château d'eau, tour télévision, etc.). Il faut valider le positionnement et les positions doivent concorder avec un précision de moins d'un mètre.
<b>PDOP</b>	Diminution de la précision de la position ( <i>Position Dilution Of Precision</i> ).
<b>PMSGM</b>	Pleine mer supérieure, grande marée.
<b>Précision</b>	Degré auquel une valeur mesurée ou énumérée coïncide avec la valeur réelle.  Mesure statistique sur la répétabilité d'une valeur, généralement exprimée en tant que variance ou écart-type de mesures répétées.
<b>Repères altimétriques</b>	Médaillons fixes, étampées et à partir desquels les références verticales peuvent être recouvrées et par rapport auxquels on vérifie la mise à zéro des enregistreurs et des échelles de niveau d'eau.
<b>Repère du SHC non-marqués (<i>Unmarked CHS stations</i>)</b>	Réfère normalement aux points géodésiques primaires et secondaires qui ne sont pas marqués de façon officielle en raison de la nature des terres environnantes, p. ex. zone en construction, zone agricole, etc.
<b>Repère du SHC permanent (RP)</b>	Points de contrôle SHC implantés en permanence par un médaillon ou une borne, décrits et consignés dans le formulaire « Description de station de levé ou d'objet ».
<b>Repère du SHC semi-permanent (RSP)</b>	Repère planimétrique indiqués par un trou de forage, une tige de fer, une conduite, un cercle formé de clous, etc., considérés comme semi-permanents de par leur nature et généralement décrits et consignés dans le formulaire « Description de station de levé ou d'objet ».
<b>Repère du SHC standard (il en existe deux sortes) :</b>	Médaillon du SHC généralement de forme circulaire et métallique, d'un diamètre de 7,6 cm ( 3 pouces), portant l'inscription Service hydrographique du Canada sur le pourtour. Ce genre de médaillon est

généralement cimenté dans une couche rocheuse ou dans un bloc de ciment.

Tige de métal surmontée d'un bloc d'aluminium et ayant des ailettes d'ancrage à la base, généralement appelé borne terminus. Un côté de la partie supérieure est généralement étampé avec la mention Service hydrographique du Canada. Ce genre de repère est généralement planté dans le sol.

### Repères planimétriques secondaire

Réseau de points de contrôle ou de points individuels localisés et utilisés pour les tracés de la ligne de rivage, tâches à accomplir avec un tachymètre électronique (station totale), etc., et dont les positions peuvent être établies à un degré de précision légèrement inférieur que celui des points planimétriques principaux.

### Réseau de repères géodésiques

Réseau de repères géodésiques permanents dont les positions géographiques sont déterminées à un degré de précision du troisième ordre ou mieux.

<b>RTK</b>	Système de positionnement global (GPS) en mode cinématique en temps réel ( <i>Real Time Kinematic GPS</i> ).
<b>SEMF</b>	Système d'échosondeur multifaisceaux.
<b>SEMT</b>	Système d'échosondeur multitransducteur.
<b>SESF</b>	Système d'échosondeur à simple faisceau.
<b>SGQ</b>	Système de gestion de la qualité.
<b>SIFM</b>	Sonar interférométrique.
<b>SIPA</b>	Système d'information du Programme des aides à la navigation.
<b>SPCG</b>	Spécification de produit et guide de codification du S-57 CEN.
<b>SSP</b>	Profil de la vitesse du son ( <i>Sound Speed Profile</i> ).
<b>STW</b>	Vitesse sur l'eau ( <i>Speed Through the Water</i> ).
<b>Surface bathymétrique</b>	Surface du fond marin déterminé par l'interpolation (ou non) d'une grille de profondeurs entre les échantillons de profondeurs observées (aussi appelé modèle de surface bathymétrique, modèle de la surface du fond marin, modèle du fond marin).
<b>SVP</b>	Profileur de la vitesse du son ( <i>Sound Velocity Profile</i> ).
<b>WADGPS</b>	Système de positionnement global (GPS) en mode différentiel à couverture étendue ( <i>Wide Area Differential Global Positioning System</i> ).

<b><i>WGS-84</i></b>	Système géodésique mondial qui est l'actuel ellipsoïde de référence utilisé par le Système de positionnement global ( <i>World Geodetic System, 1984</i> ).
<b><i>XBT</i></b>	Sonde de mesure de la température dans la colonne d'eau ( <i>Expandable Bathythermograph</i> ).
<b><i>XSV</i></b>	Sonde de mesure de la vitesse du son dans la colonne d'eau ( <i>Expandable Sound Velocimeter</i> ).