



CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

ACCORD-CADRE A BONS DE COMMANDE

Prestations bathymétriques Canal du Rhône à Sète

VOIES NAVIGABLES DE FRANCE
Direction Territoriale Rhône-Saône

2 rue de la quarantaine
69321 LYON CEDEX 05

VOIES NAVIGABLES DE FRANCE
Direction de l'Ingénierie et de la
Maîtrise d'Ouvrage

2 rue de la quarantaine
69321 LYON CEDEX 05

SOMMAIRE

1.	GÉNÉRALITÉS – ZONE D’INTERVENTION	3
2.	REPRÉSENTANT DU MAÎTRE D’OUVRAGE	3
3.	CONSISTANCE DES PRESTATIONS	3
4.	TYPE D’INTERVENTIONS	4
5.	RÉFÉRENCES PLANIMÉTRIQUES ET ALTIMÉTRIQUES	4
6.	INCERTITUDES DE MESURES MINIMALES.....	4
7.	QUALIFICATION DU LEVÉ BATHYMÉTRIQUE	5
8.	CONTRAINTES OPÉRATIONNELLES	5
8.1.	SYSTÈME DE POSITIONNEMENT	6
8.2.	SONDEUR	6
8.2.1.	<i>Sondeur multi-faisceaux et capteurs associés.....</i>	<i>6</i>
8.2.2.	<i>Sondeur mono-faisceau.....</i>	<i>7</i>
8.3.	SYNCHRONISATION TEMPORELLE.....	7
8.4.	MESURE DE LA CÉLÉRITÉ DU SON DANS L’EAU	7
8.5.	MESURE DU NIVEAU DE L’EAU	7
8.5.1.	<i>Système de positionnement GNSS RTK « classique » (avec « pivot »).....</i>	<i>8</i>
8.5.2.	<i>Utilisation d’un système de positionnement GNSS NRTK (en réseau)</i>	<i>8</i>
8.6.	PRÉ-TRAITEMENT DES DONNÉES BRUTES.....	8
9.	LIVRABLES (COMMANDE DE BASE) : LEVÉS BATHYMÉTRIQUES	9
9.1.	RAPPORT D’OPÉRATION	9
9.2.	FICHIER DES SONDES DE LA BATHYMÉTRIE	10
9.2.1.	<i>Caractéristiques générales.....</i>	<i>10</i>
9.2.2.	<i>Nom de fichier.....</i>	<i>10</i>
9.3.	FICHIERS RELATIFS AUX OBSTRUCTIONS.....	11
9.4.	FICHIERS DE QUALIFICATION	11
10.	LIVRABLES (COMMANDE OPTIONNELLE) : PLANS BATHYMÉTRIQUES	12
10.1.	SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES	12
10.2.	CONTENU DE LA FOURNITURE.....	12
11.	LIVRABLES (COMMANDE OPTIONNELLE) : PROFILS EN TRAVERS ET CALCUL DES VOLUMES.....	13
11.1.	SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES	13
11.2.	CONTENU DE LA FOURNITURE.....	14
12.	LIVRABLES (COMMANDE OPTIONNELLE) : CALCUL DES VOLUMES PAR LA MÉTHODE SURFACIQUE	14
12.1.	SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES	14
12.2.	CONTENU DE LA FOURNITURE.....	15
13.	ÉLÉMENTS COMMUNIQUÉS AU PRESTATAIRE DANS LE BON DE COMMANDE	15
13.1.	LEVÉS BATHYMÉTRIQUES (COMMANDE DE BASE)	15
13.2.	PLANS BATHYMÉTRIQUES (COMMANDE OPTIONNELLE)	16
13.3.	PROFILS EN TRAVERS ET CALCUL DES VOLUMES (COMMANDE OPTIONNELLE)	16
13.4.	CALCUL DES VOLUMES PAR LA MÉTHODE SURFACIQUE (COMMANDE OPTIONNELLE)	16
14.	ÉLÉMENTS À COMMUNIQUER PAR LE PRESTATAIRE DANS SON OFFRE INITIALE.....	17
15.	CONDITIONS GÉNÉRALES DE RÉALISATION DES PRESTATIONS	17
15.1.	DÉLAIS D’INTERVENTION ET D’EXÉCUTION	17
15.2.	DOCUMENTS RELATIFS À LA SÉCURITÉ ET À LA QUALITÉ	17
15.2.1.	<i>Sécurité.....</i>	<i>17</i>
15.2.2.	<i>Qualité.....</i>	<i>18</i>
15.3.	UTILISATION DU DOMAINE PUBLIC FLUVIAL	18
15.4.	SÉCURITÉ DE LA NAVIGATION.....	18

1. Généralités – Zone d'intervention

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières définit la consistance et les conditions techniques de réalisation de prestations bathymétriques pour Voies Navigables de France (Direction Territoriale Rhône Saône), dans le cadre de ses opérations de modernisation, de restauration, d'entretien ou de dragage du réseau fluvial suivant :

- Canal du Rhône à Sète : branche principale, du Petit Rhône (écluse de Saint-Gilles) au port de Sète (65 km), et branches secondaires de Beaucaire (29 km), d'Aigues-Mortes (6 km) et de Frontignan (7 km).

Une carte synthétique du réseau est fournie en annexe 1.

2. Représentant du Maître d'Ouvrage

Le Maître d'Ouvrage des travaux définis dans la présente consultation sera représenté auprès du titulaire par l'une des unités VNF suivantes qui aura passé la commande :

- Service Territorial Canal du Rhône à Sète (ST CRS) ;
- Unité Opérationnelle de Beaucaire (UO-B), Direction de l'Ingénierie et de la Maîtrise d'Ouvrage (DIMOA).

Réciproquement, à la signature du marché, le prestataire soumettra au Maître d'Ouvrage le nom et la qualité de la personne interlocuteur privilégié du Maître d'Ouvrage. Cette personne devra assurer la coordination technique, répondre aux demandes du Maître d'Ouvrage et garantir le suivi des prestations. Elle devra pouvoir être contactée aisément.

3. Consistance des prestations

Les prestations consistent à réaliser, sur une zone définie dans le bon de commande :

- Les travaux de reconnaissance et de topographie préparatoires au levé bathymétrique, si nécessaire ;
- Le levé bathymétrique de la zone, au sondeur multi-faisceaux, et, si nécessaire, au sondeur mono-faisceau ;
- La détection et le repérage des obstructions éventuelles présentes sur le fond ;
- La correction des données brutes (pré-traitement) ;
- Le contrôle de la qualité du levé ;
- Le traitement et l'exploitation des données corrigées ;
- La fourniture d'un rapport complet de l'opération ;
- La fourniture, à minima, d'un fichier des sondes, au format texte X Y Z ;
- Dans le cadre de commandes optionnelles, la fourniture de plans bathymétriques, de cahiers de profils en travers et la réalisation de calculs des volumes.

Remarque : la Direction Territoriale Rhône Saône de VNF dispose d'une Cellule Bathymétrie compétente pour la réalisation de levés bathymétriques du réseau dont elle a la charge. Il est précisé que les prestations de bathymétrie ne seront commandées dans le cadre du présent marché qu'en cas d'indisponibilité de ce service.

4. Type d'interventions

Dans le cadre du présent marché, trois grands types d'interventions bathymétriques sont susceptibles d'être commandés par le maître d'ouvrage :

- **Bathymétrie générale** : levé à but d'état des lieux ou de diagnostic, sur des zones étendues du réseau navigable. Ces opérations ont un caractère prévisionnel et sont planifiées à l'avance.
- **Bathymétrie de chantier** : levé de contrôle réalisé immédiatement avant, pendant ou après des travaux (par exemple dragage ou pose d'ouvrages). Ces opérations nécessitent une grande réactivité de la part du titulaire, avec un délai d'intervention réduit.
- **Détection et qualification d'obstructions** : levé ciblé permettant de repérer, localiser et documenter les obstacles présents dans le lit du canal ou de la voie d'eau (épaves, blocs, objets métalliques, etc.). Le délai d'intervention est similaire à celui des bathymétries de chantier.

Le type d'intervention sera précisé dans chaque bon de commande, de même que l'objectif du levé et les livrables attendus.

5. Références planimétriques et altimétriques

Les données fournies seront rattachées au système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques défini par le décret n° 2000-1276 du 26/12/2000, modifié par le décret n° 2006-272 du 03/03/2006.

En planimétrie, le système de référence sera le RGF93 et sa projection associée Lambert 93.

En altimétrie, le système de référence sera le NGF-IGN69 (altitudes normales).

Sur la majorité des voies d'eaux concernées par le présent marché, le niveau de référence des profondeurs est le zéro du NGF-IGN69. Dans le cas contraire, la situation de ce niveau de référence par rapport au zéro du NGF-IGN69 sera spécifiée dans le bon de commande.

6. Incertitudes de mesures minimales

Comme il est précisé plus loin, et sauf spécification particulière, le fichier des sondes XYZ, sera constitué de la façon suivante :

- Dans le cas d'un levé au sondeur multi-faisceaux : par les points géo-référencés, dont la profondeur est la moyenne des résultats issus du sondeur dans une maille carrée de 0.50 m de côté, et la position le centre de la maille ;
- Dans le cas d'un levé par profils en travers au sondeur mono-faisceau : par les points géo-référencés, dont la profondeur est la plus faible des résultats issus du sondeur dans une fenêtre de 0.50 m de longueur, et la position celle d'origine.

Dans un cas comme dans l'autre, les incertitudes de mesure, pour un point donné du fichier, devront être, à 95 % (2σ), et à minima, de :

- Sur la profondeur : $\pm (0.05 + 0.0075 \times P)$ m, avec P : profondeur en m ;
- Sur la position : ± 0.30 m.

Pour rappel, l'incertitude de mesure est la quantification de l'exactitude de mesure, qui traduit l'écart entre une valeur mesurée et une valeur vraie, ou de référence, d'un mesurande, ici la profondeur ou la position. Cette notion d'exactitude englobant les notions de fidélité et de justesse.

Il est à noter que les critères de précision ci-dessus définis sont plus restrictifs que ceux définis dans l'ordre spécial de la norme S44 de l'OHI (Organisation Hydrographique Internationale). Cette restriction est

principalement liée au fait que la surface de l'eau des voies d'eau concernées par le présent marché n'est pas soumise à la houle.

Pour information, le mouillage théorique du Canal du Rhône à Sète est de 3 m pour la branche principale et de 2 m pour les branches secondaires. Des profondeurs supérieures à 10 m ne sont présentes que dans les fosses du Petit Rhône et sur le Grand Rhône.

7. Qualification du levé bathymétrique

Le prestataire devra réaliser le levé d'une surface de référence immergée parfaitement connue en altimétrie. Cette surface de référence correspond à un secteur de radier d'écluse ayant fait l'objet d'un levé topographique, réalisé par la Cellule Bathymétrie de la DTRS de VNF lors d'un chômage. Il s'agit :

- De préférence, d'un secteur du radier de l'écluse de Saint-Gilles (PR0.5 de la branche principale du Canal du Rhône à Sète), long de 70 m et situé 35 m environ en amont de la porte aval ;
- Ou à défaut, d'un secteur du radier de l'écluse de Nourriguier (PR7.6 de la branche secondaire de Beaucaire), long de 54 m, et situé 6 m environ en amont de la porte aval.

Ce levé devra être réalisé :

- Au sondeur multi-faisceaux, lors de la première commande ;
- Le cas échéant, au sondeur mono-faisceau, lors d'une première mise en œuvre.

À l'issue du levé, le prestataire fournira le fichier des sondes, au format texte X Y Z, à la Cellule Bathymétrie de la DTRS de VNF, qui se chargera de la comparaison avec le fichier de référence, qui ne sera pas communiqué au prestataire, et de l'étude statistique des résultats.

Ces levés seront rémunérés.

D'autre part, lors de chaque prestation commandée, le prestataire devra réaliser le levé de profils traversiers, 2 à minima par opération journalière. Ces profils devront être perpendiculaires aux profils réguliers du levé, ou à défaut obliques, dans le cas d'un levé au sondeur multifaisceaux, compte tenu de l'étroitesse de la voie d'eau.

Le fichier des sondes, au format texte X Y Z, correspondant à ces seuls profils traversiers, ainsi que les résultats statistiques de la comparaison entre les profils traversiers et les profils réguliers, devront être fournis par le prestataire, en toute transparence.

8. Contraintes opérationnelles

Le prestataire devra mettre en œuvre un moyen nautique et des matériels hydrographiques adaptés aux prestations demandées et qui permettent de respecter les incertitudes de mesure maximales tolérées.

En outre, les levés bathymétriques devront être conduits et réalisés par des hydrographes qualifiés :

- Ayant suivi une formation de catégorie B FIG/OHI, ou AFHy niveau H2, à minima, et ayant une expérience professionnelle minimale de 2 ans dans le domaine de l'hydrographie ;
- Ou, à défaut, ayant une expérience professionnelle minimale de 5 ans dans le domaine de l'hydrographie.

Les matériels et les méthodes de travail qui sont imposés sont décrits ci-après.

8.1. *Système de positionnement*

Le prestataire devra mettre en œuvre un système de positionnement GNSS, à précision centimétrique, RTK « classique » ou en réseau (type ORPHEON ou TERIA), dit NRTK.

En cas d'utilisation d'un système GNSS RTK « classique », la station différentielle « pivot » devra être mise en place, soit :

- Sur un des points de station déterminés en position et altitude par la Cellule Bathymétrie de la DTRS de VNF. Auquel cas, les fiches signalétiques de ces points de station seront fournies avec le bon de commande ;
- Sur un point de station déterminé en position et altitude par le prestataire.

Dans le second cas :

- La position du point de station sera déterminée par un levé GNSS en statique, par filtrage et moyenne de positions NRTK, à minima, ou bien par post-traitement multi-stations ;
- Son altitude sera déterminée par nivellement géométrique, depuis plusieurs repères de nivellement de l'IGN, 2 à minima, 3 de préférence, ayant fait l'objet d'un contrôle de stabilité préalable. Le point de station devra être nivelé en aller-retour depuis un de ces repères ou bien être inclus dans le cheminement d'un repère à un autre, selon la disposition locale des repères par rapport au point de station.
En l'absence de repères de nivellement dans un rayon de 4 km autour du point de station, l'altitude de ce point pourra être déterminée par un levé GNSS, comme pour sa position.
- Les incertitudes de mesure, devront être, à 95 % (2σ), et à minima, de :
 - Sur la position : ± 0.02 m.
 - Sur l'altitude : ± 0.01 m.

8.2. *Sondeur*

8.2.1. *Sondeur multi-faisceaux et capteurs associés*

Afin de réaliser un levé surfacique complet, le prestataire devra mettre en œuvre un sondeur multi-faisceaux, présentant un angle d'ouverture, et/ou une orientation, qui permette de lever les talus immergés des berges de la voie d'eau concernée, jusqu'à une profondeur minimale de 0.50 m sous le niveau de référence environ (en fonction du niveau de l'eau lors du levé).

Cet équipement devra être obligatoirement associé aux capteurs hydrographiques suivants :

- Un célerimètre de coque, placé à proximité de la tête du sondeur ;
- Une centrale inertielle permettant d'ajuster :
 - Les angles d'attitude du bateau dans l'espace (cap, gîte et assiette), ainsi que les mouvements de rotation correspondants (lacet, roulis et tangage) ;
 - Les déplacements verticaux dus au pilonnement.
- Un profileur de célérité.

Compte tenu du nombre, relativement important, de ponts qui traversent les voies d'eau concernées par le présent marché, il est impératif de déployer une centrale inertielle permettant de conserver une position « centimétrique » après décrochage du système de positionnement.

L'orientation des profils de levé devra être parallèle, le plus possible, aux lignes isobathes et donc aux berges de la voie d'eau.

En fonction des configurations locales du fond et des berges, le tiers (33 %) de la fauchée d'un profil de levé devra au moins être couverte par celle du profil adjacent.

Pour des profondeurs inférieures à 3.50 m, la densité minimale des points mesurés devra être de 200 points au m².

8.2.2. Sondeur mono-faisceau

Dans les zones étendues de faible profondeur, inférieure à 1 m environ, et/ou d'accès difficile, l'utilisation d'un sondeur mono-faisceau sera admise mais devra être justifiée.

Dans cette configuration, le levé se fera par profils en travers, dont l'orientation devra être perpendiculaire, le plus possible, aux lignes isobathes et donc aux berges de la voie d'eau.

L'espacement des profils sera spécifié dans le bon de commande. A priori, celui-ci sera de 10 m pour un levé au 1/1000 ou de 5 m pour un levé au 1/500.

8.3. Synchronisation temporelle

Les capteurs hydrographiques doivent être synchronisés sur la même base de temps, délivrée par le système de positionnement GNSS (signal PPS pour un système hydrographique construit autour d'un sondeur multi-faisceaux).

8.4. Mesure de la célérité du son dans l'eau

La branche principale du canal du Rhône à Sète traverse 2 fleuves côtiers : le Vidourle et le Lez ; elle est en liaison avec la mer en plusieurs points et traverse de multiples étangs littoraux. L'eau du canal est présumée douce jusqu'au Pont de Franquevaux (PR8.3), réputé être la limite amont de la salinité. Au-delà, la situation décrite ci-dessus génère un milieu d'eaux saumâtres particulièrement changeant. Aussi, selon les lieux et les saisons, la température et la salinité de l'eau du Canal du Rhône à Sète peuvent respectivement varier de 0 à 30°C et de 0 à 55 g/kg.

Lors du levé bathymétrique, le prestataire devra donc procéder à des mesures de profil de célérité du son dans l'eau qui soient adaptées au milieu et correctement réparties dans l'espace et dans le temps, à minima :

- Sur un court tronçon de voie d'eau, de moins de 1 km, et en eau douce : 1 mesure du profil de célérité avant le début du sondage et 1 après la fin, de préférence au milieu du secteur, soit au total 2 mesures du profil de célérité.
- Sur un tronçon plus long en eau douce, ou sur un court tronçon en eau saumâtre : 2 mesures du profil de célérité en amont et en aval du secteur, à effectuer au début du sondage puis à répéter à la fin de l'opération, soit au total 4 mesures du profil de célérité.
- Sur un long tronçon, en eau saumâtre, ou en traversée d'un fleuve côtier : 3 ou 4 mesures du profil de célérité, judicieusement réparties le long du tronçon, à effectuer au début du sondage puis à répéter à la fin de l'opération, soit au total 6 ou 8 mesures du profil de célérité.

Dans tous les cas, les situations décrites ci-dessus devront être adaptées à des variations de la célérité de surface qui pourraient être mises en évidence par les mesures du célérimètre de coque.

Lors du traitement, l'affectation « spatio-temporelle » des profils de célérité aux données brutes devra se baser sur les lieux et les heures de mesure des profils de célérité, par rapport aux heures de début et de fin des différents profils sondés.

8.5. Mesure du niveau de l'eau

En dehors du bief de Beaucaire, situé sur la branche secondaire du même nom, entre les écluses de Beaucaire et de Nourriguier, le Canal du Rhône à Sète correspond à un bief « libre » qui ne présente pas un sens d'écoulement de l'eau prédéfini, car placé au cœur d'un système hydrologique complexe, qui, en particulier, est soumis à l'action de la marée dans sa partie Ouest. La variation du niveau de l'eau y est

donc permanente, de quelques centimètres à plusieurs décimètres en une journée, selon le lieu, les conditions météorologiques et les régimes des fleuves.

Lors du levé bathymétrique, le prestataire devra donc mesurer le niveau de l'eau, par rapport au niveau de référence des profondeurs, avec le plus grand soin. La mesure, et la méthode de réduction des sondes qui en découle, sera différente selon le système de positionnement utilisé.

8.5.1. Système de positionnement GNSS RTK « classique » (avec « pivot »)

Le niveau de l'eau pourra être déduit de la donnée altimétrique délivrée par ce système, connaissant la distance théorique séparant l'antenne GNSS de la surface de l'eau.

Afin de contrôler cette donnée, des mesures manuelles du niveau de l'eau devront être faites régulièrement au cours du sondage sur des sites de mesure du niveau de l'eau, échelles limnimétriques ou points surplombants la voie d'eau, dûment déterminés en altitude, soit :

- Par la Cellule Bathymétrie de la DTRS de VNF. Auquel cas, les fiches signalétiques de ces sites seront fournies avec le bon de commande.
- Par le prestataire, selon la même méthode de nivellement que pour un point de station (cf. paragraphe 8.1.). L'incertitude de mesure sur l'altitude devra être, à 95 % (2σ), et à minima, de ± 0.01 m.

8.5.2. Utilisation d'un système de positionnement GNSS NRTK (en réseau)

La donnée altimétrique délivrée par un système GNSS NRTK n'est pas suffisamment fiable, sachant notamment que la grille RAF20, qui permet de convertir des hauteurs ellipsoïdales en altitudes NGF-IGN69, présente un biais de plusieurs centimètres, entre -6 et +6 cm, le long de la branche principale du canal.

Dans ces conditions, le niveau de l'eau devra être mesuré à l'aide d'un limnimètre enregistreur mobile, à capteur de pression, placé au bord du secteur à sonder. Les cadences maximales de mesure et d'enregistrement (donnée moyenne) du limnimètre devront être paramétrées, à minima, respectivement à 1 minute et 4 minutes.

La courbe de variation (relative) du niveau de l'eau enregistrée par ce limnimètre devra être recalée (en absolu) lors du traitement des données. Pour ce faire, un minimum de 3 mesures manuelles devront être effectués, pendant la période du sondage, sur les sites de mesure du niveau de l'eau, qu'ils soient déterminés en altitude par la Cellule Bathymétrie de VNF ou par le prestataire (cf. paragraphe 8.5.1.).

8.6. Pré-traitement des données brutes

Les données brutes, issues des capteurs et acquises à bord du bateau, devront faire l'objet de corrections à l'aide d'outils logiciels essentiellement graphiques. Les corrections automatiques de données effectuées « en aveugle » ne sont pas admises.

Les obstructions éventuellement présentes sur le fond devront être dûment répertoriées :

- Épaves de voiture ou de bateau.
- Objets de taille significative, d'un volume supérieur à 1 m^3 environ.
- Objets « pointus » dépassant suffisamment du fond pour présenter un danger pour la navigation.

9. Livrables (commande de base) : levés bathymétriques

À l'issue de l'opération, le prestataire devra fournir les documents et fichiers suivants :

- Le rapport complet de l'opération ;
- Le fichier des sondes de la bathymétrie ;
- En ce qui concerne les éventuelles obstructions détectées (cf. paragraphe 7.6.) : le fichier des positions et brassiages, ainsi que des vues en 3 dimensions pour les plus grosses obstructions uniquement (blocs bétons, voitures, épaves, etc.) ;
- Le fichier des sondes des profils traversiers (cf. paragraphe 6.) ;
- Les fichiers des données brutes, au format du logiciel d'acquisition, uniquement dans le cas où la commande le précise.

9.1. *Rapport d'opération*

Ce rapport devra comporter les pièces suivantes :

- La liste des différents équipements constituant le système hydrographique et le synoptique de ce système ;
- Les certificats d'étalonnage des capteurs qui composent le système et qui devront dater de moins de 2 ans ;
- Les noms des logiciels d'acquisition et de traitement des données utilisés ;
- Les CV des intervenants ;
- Le rapport de l'opération topométrique de mesure des coordonnées des différents capteurs dans le système de référence du bateau (ajustage des bras de levier) ;
- Le rapport d'ajustage des latences entre système de positionnement, sondeur multi-faisceaux et centrale inertielle ;
- Le rapport d'ajustage des biais angulaires (roulis, tangage et cap) du système multi-faisceaux (ajustage des angles de visée), réalisée sur site, ou, à défaut, dans le cas d'un système fixe, les résultats de l'opération la plus récente ;
- En cas de mise en place par le prestataire, la méthode de détermination planimétrique et altimétrique du, ou des, points de station « pivot » (cf. paragraphe 8.1.), ainsi que leurs fiches signalétiques qui devront être élaborées à cette occasion ;
- En cas de mise en place par le prestataire, la méthode de détermination altimétrique du, ou des, sites de mesure du niveau de l'eau (cf. paragraphe 8.5.), ainsi que leurs fiches signalétiques qui devront être élaborées à cette occasion ;
- Le document de terrain, renseigné à bord du bateau ;
- Un document graphique présentant les profils de célérité mesurés lors du levé (cf. *exemple en annexe 2*), et la règle d'affectation spatio-temporelle aux données brutes qui a été employée (cf. paragraphe 8.4.) ;
- Un document graphique qui permette de comparer, sur la période du levé (cf. paragraphe 8.5.) :
 - En cas d'utilisation d'un système de positionnement GNSS RTK « classique » : la courbe de variation du niveau « RTK », avec les mesures manuelles de contrôle ;
 - En cas d'utilisation d'un système de positionnement GNSS NRTK : la courbe de variation du niveau mesuré par le limnimètre, avec les mesures manuelles de calage et la courbe de variation du niveau « NRTK » (cf. *exemple en annexe 3*) ;
- Les résultats statistiques de la comparaison entre les profils traversiers et les profils réguliers du levé (cf. paragraphe 7.) ;
- En cas de gestion dynamique du tirant d'eau, la courbe théorique de variation de l'immersion du sondeur en fonction de la vitesse du bateau (cf. paragraphe 8.5.2.).

9.2. *Fichier des sondes de la bathymétrie*

9.2.1. *Caractéristiques générales*

Ce fichier devra présenter les caractéristiques générales suivantes :

- Format texte X Y Z, directement compatible avec le logiciel HYPACK :
 - Caractère « » (espace) entre les coordonnées.
 - Caractère «.» (point) comme point décimal.
 - Logique du Z inversée : Z positif pour les points situés sous le niveau de référence et Z négatif pour ceux situés au-dessus.
- Un point par ligne du fichier.

Ses autres caractéristiques devront être :

- Dans le cas d'un levé au sondeur multi-faisceaux :
 - Points du fichier déterminés sur une grille de maillage (« matrice »).
 - Maille carrée de 0.50 m de côté, sauf spécification particulière dans le bon de commande.
 - Un point retenu par maille.
 - La profondeur du point retenu est égale à la moyenne des profondeurs des points de sondage présents dans la maille.
 - La position du point retenu est au centre de la maille.
- Dans le cas d'un levé au sondeur mono-faisceau :
 - Points du fichier déterminés sur la suite des points de sondage de chaque profil sondé.
 - Le point retenu est celui présentant la profondeur la plus faible dans une fenêtre de 1 m de longueur, pour des profils en travers espacés de 10 m, ou de 0.50 m pour des profils espacés de 5 m, sauf spécification particulière dans la commande.
 - La position du point retenu reste identique à sa position d'origine.

Dans le cas d'un levé au sondeur mono-faisceau, un second fichier de points devra être fourni. Il devra être issu de l'interpolation du modèle numérique de terrain de triangles irréguliers (TIN), construit à partir du premier fichier de points. Cette interpolation devra se faire selon une grille de maillage, analogue à celle employée dans le cas d'un levé au sondeur multi-faisceaux. La valeur de la maille devra être égale à la fenêtre de sélection : 1 m, 0.50 m ou telle que spécifiée dans le bon de commande.

Il est important que l'élaboration du modèle numérique de terrain, servant de base à cette interpolation, soit faite avec le plus grand soin. Il ne s'agira pas de la limiter à une simple construction automatique. La triangulation de départ devra être inspectée et, si nécessaire, corrigée, de telle sorte que :

- Aucun triangle ne soit construit sur 3 points d'un même profil sondé.
- Le dessin des isobathes générées soit réaliste et conforme à la morphologie du fond.

Si les 2 types de levé, surfacique et par profils en travers, sont mis en œuvre sur une même zone, les 2 fichiers maillés issus de chaque levé devront être fusionnés, le fichier « multi-faisceaux » devant recouvrir le fichier « mono-faisceau » (second fichier maillé interpolé).

9.2.2. *Nom de fichier*

Le nom du fichier des sondes de la bathymétrie devra présenter la forme suivante :

n°segment/code_localisation_date_prestataire_sondeur_ss_plani_alti.xyz

Avec :

n°segment/code : n° de segment ou codification de la voie d'eau.

localisation : PKa-PKb, ou nom de lieu en l'absence de PK, ou pour une zone particulière.

date : date du levé, sous la forme JJMMAA.

Les dates multiples sont gérées à l'aide des caractères « & » et « - », par exemple : J1&J2MMAA, ou JdMd-JfMfAA.

prestataire : nom de l'entreprise prestataire.

sondeur : sondeur utilisé :

- SMF : sondeur multi-faisceaux.
- SV : sondeur vertical mono-faisceau.
- SMF&SV : pour un fichier issu d'une fusion de données multi-faisceaux et mono-faisceau (cf. paragraphe 9.2.1.).

ss : sélection spatiale, valeur de la maille ou de la fenêtre, par exemple : 0m50.

Dans le cas d'un levé au sondeur mono-faisceau, ajouter le terme « MAILLE » après le critère de sélection spatiale, dans le nom du second fichier requis (cf. paragraphe 9.2.1.).

plani : référence planimétrique : L93.

alti : référence altimétrique : IGN69 ou autre, par exemple : 3m86IGN69.

9.3. Fichiers relatifs aux obstructions

Les obstructions repérées seront répertoriées dans un tableau intitulé

n°segment/code_localisation_date_prestataire/obstructions

Chaque ligne du tableau présentera une obstruction, en faisant apparaître les caractéristiques suivantes :

PK, nature, longueur (m), largeur (m), brassiage (m) /cote, X, Y (L93), Date, nom de la vue 3D.

Les vues 3D seront nécessaires uniquement si les objets immergés dépassent un certain volume ou représentent un danger pour la navigation (cf. exemple en annexe 4). Dans le tableau ci-dessus, le nom de la vue 3D correspondra à celui du fichier image (JPEG, PNG, etc.), lequel sera fourni avec le tableau dans un sous-dossier nommé obstructions_3D.

Le nom de la vue 3D doit respecter la nomenclature : obs_n°segment_localisation_date.JPG (exemple : obs_7114_PK2-750_290922.JPG).

9.4. Fichiers de qualification

Le fichier des sondes de la bathymétrie de la surface de référence, secteur de l'écluse de Saint-Gilles ou de l'écluse de Nourriguier, et le fichier des sondes des profils traversiers devront présenter les mêmes caractéristiques générales que le fichier des sondes de la bathymétrie.

Leurs noms de fichier devront présenter également la même structure, en ajoutant, après le critère de sélection spatiale, le terme :

- « REF » pour le fichier des sondes de la bathymétrie de la surface de référence ;
- « TRA » pour le fichier des sondes des profils traversiers.

10. Livrables (commande optionnelle) : Plans bathymétriques

10.1. Spécifications générales

Pour répondre à cette commande optionnelle, le prestataire devra fournir le ou les plans bathymétriques relatifs au levé défini dans le bon de commande initial.

Dans la mesure du possible :

- Les dimensions d'un plan ne devront pas dépasser 105 cm en longueur et 29.7 cm en hauteur (5 x A4), et donc couvrir 1 km de voie d'eau au 1/1000, ou 500 m au 1/500.
- En cas de planches multiples, le secteur de la voie d'eau dessiné sur chaque planche s'étendra d'un PR, ou PK, rond à un autre PR, ou PK, rond.

Pour chaque plan, il s'agira de fournir :

- Un fichier au format PDF, respectant l'échelle du plan.
- Un exemplaire sur papier. Si un nombre d'exemplaires supérieur était requis, celui-ci serait spécifié dans le bon de commande.

La référence du plan ainsi que le nom du fichier PDF correspondant seront construits de la façon suivante :

n°segment/code_localisation_date

Avec :

n°segment/code : n° de segment ou codification de la voie d'eau.

localisation : Pra-PRb ou Pka-Pkb, ou nom de lieu en l'absence de PR et de PK, ou pour une zone particulière.

La résolution des PR ou PK peut être, selon le cas, kilométrique, hectométrique ou décamétrique.

date : date du levé, sous la forme JJMMAA.

Les dates multiples sont gérées à l'aide des caractères « & » et « - », par exemple : J1&J2MMAA, ou JdMd-JfMfAA.

10.2. Contenu de la fourniture

Un plan bathymétrique devra comporter les éléments suivants :

- Un cartouche (*cf. exemple en annexe 5*), où seront portés :
 - Le logo de VNF et l'indication D.T. Rhône Saône ;
 - Le nom et le numéro de segment de la voie d'eau (si connu) ;
 - Le secteur de la voie d'eau représenté, de tel PR, ou PK, à tel PR, ou PK ;
 - La, ou les, dates de la bathymétrie de ce secteur ;
 - L'échelle du plan ;
 - Les systèmes de référence planimétrique et altimétrique (niveau de référence) ;
 - La référence du plan et sa date d'édition ;
 - Les références du prestataire ;
- La bathymétrie, sous la forme de :
 - Lignes isobathes, de couleur noire, dont la liste sera spécifiée dans le bon de commande ;
 - Aplats de couleur entre les lignes isobathes, selon une palette de type « arc-en-ciel », calée sur les isobathes. La cote séparant le vert du bleu sera spécifiée dans le bon de commande ;

- Écriture des profondeurs, en noir, sans signe, arrondies au décimètre et de petite taille, mais suffisamment lisibles et sans chevauchement. Le signe « + » devra être accolé au Z des points situés au-dessus du niveau de référence ;
- Éventuelles obstructions, mises en évidence par un symbole et par l'écriture de leur brassiage, en rouge et en caractères gras, plus gros que pour les profondeurs courantes ;
- Le carroyage planimétrique, avec un pas de 10 cm ;
- Une échelle graphique ;
- La flèche Nord ;
- La palette de couleurs utilisée pour les aplats entre isobathes ;
- Le fond de plan ;
- La représentation des PR, ou PK, ronds, sous la forme de symboles ou de lignes traversant la voie d'eau, ainsi que leur écriture, en rouge ;
- Les écritures éventuelles, en noir, des lieux et des ouvrages remarquables situés le long de la voie d'eau : ponts, quais, passes, etc ;
- Le dessin éventuel, en rouge, des bords du chenal théorique, de son axe ou des limites de toute zone particulière, telle une zone de dragage.

11. Livrables (commande optionnelle) : Profils en travers et calcul des volumes

11.1. Spécifications générales

Pour répondre à cette commande optionnelle, le prestataire devra fournir un cahier de profils en travers, sur un, ou plusieurs secteurs, spécifiés dans le bon de commande et couverts par le levé défini dans le bon de commande initial.

À ce cahier de profils, sera associé un calcul des volumes par la méthode par profils :

- Soit entre 2 fonds : avant travaux et chenal théorique ;
- Ou entre 3 fonds : avant travaux, après travaux et chenal théorique.

La définition du chenal théorique et l'espacement des profils en travers seront spécifiés dans le bon de commande.

Dans la mesure du possible, les dimensions des profils en travers dessinés ne devront pas dépasser 42 cm en longueur et 29.7 cm en hauteur (A3).

Les échelles horizontale et verticale de dessin des profils seront spécifiées dans le bon de commande ou bien laissées à l'appréciation du prestataire.

Il s'agira de fournir un document au format PDF, respectant les échelles des profils. Si des exemplaires sur papier étaient requis, cela serait spécifié dans le bon de commande.

Le nom de ce fichier sera construit exactement comme une référence de plan (cf. paragraphe 10.1), en y ajoutant le terme « profils en travers » à la fin :

[n°segment/code_localisation_date_profils en travers.pdf](#)

11.2. Contenu de la fourniture

Un cahier de profils en travers devra comporter les éléments suivants :

- En début de cahier, un cartouche (*cf. exemple en annexe 6*), où seront portés :
 - Le logo de VNF et l'indication D.T. Rhône Saône ;
 - Le nom et le numéro de segment de la voie d'eau (si connu) ;
 - Le secteur de la voie d'eau représenté, de tel PR, ou PK, à tel PR, ou PK ;
 - La, ou les, dates de la première bathymétrie de ce secteur représentée sur les profils (avant travaux) ;
 - La, ou les, dates de la seconde bathymétrie de ce secteur, éventuellement représentée sur les profils (après travaux) ;
 - La définition géométrique générale du chenal théorique, représentée sur les profils : largeur et profondeur du plafond, largeur et pente des éventuels talus latéraux, surprofondeur, etc ;
 - Les échelles horizontale et verticale des profils ;
 - Les systèmes de référence planimétrique et altimétrique (niveau de référence) ;
 - Le nom du fichier et sa date d'édition ;
 - Les références du prestataire ;
- Ensuite, les profils en travers (*cf. exemple en annexe 7*), numérotés selon leur PR, ou PK, et où seront dessinés les éléments suivants :
 - La coupe de la bathymétrie, l'unique ou la plus récente, en trait bleu ;
 - Le cas échéant, la coupe de la bathymétrie la plus ancienne, dans le cas où il y en aurait 2 à représenter, en trait rose ;
 - La coupe du chenal théorique, et éventuellement d'une ligne en parallèle représentant une sur-profondeur, en trait rouge ;
 - Les aires (verticales) utilisées dans le calcul de volumes :
 - À draguer, si une seule bathymétrie, avant travaux, ou draguée entre l'après et l'avant travaux, jusqu'au chenal théorique, en aplat rouge ;
 - À draguer, si une seule bathymétrie, avant travaux, ou draguée entre l'après et l'avant travaux, du chenal théorique à la sur-profondeur, en aplat orange ;
 - Restant à draguer entre l'après travaux et le chenal théorique, en aplat gris ;
 - Remblayée entre l'après et l'avant travaux, en aplat violet ;
- Et en fin de cahier, le récapitulatif des calculs des volumes :
 - À draguer, si une seule bathymétrie, avant travaux, ou dragué, entre l'après et l'avant travaux, jusqu'au chenal théorique et du chenal théorique à la sur-profondeur ;
 - À la cote, si une seule bathymétrie, avant travaux, au-delà de la sur-profondeur du chenal théorique ;
 - Restant à draguer, entre l'après travaux et le chenal théorique ;
 - Remblayé, entre l'après et l'avant travaux ;
 - Sur-dragué, entre l'après et l'avant travaux, au-delà de la sur-profondeur du chenal théorique.

12. Livrables (commande optionnelle) : Calcul des volumes par la méthode surfacique

12.1. Spécifications générales

Pour répondre à cette commande optionnelle, le prestataire devra fournir un tableau des résultats d'un calcul des volumes par la méthode surfacique, TIN à TIN, sur un, ou plusieurs secteurs, spécifiés dans le bon de commande et couverts par le levé défini dans le bon de commande initial. :

- Soit entre 2 fonds : avant travaux et chenal théorique ;
- Ou entre 3 fonds : avant travaux, après travaux et chenal théorique.

La définition du chenal théorique sera spécifiée dans le bon de commande.

Il s'agira de fournir un document au format PDF. Le nom de ce fichier PDF sera construit exactement comme une référence de plan (cf. paragraphe 10.1), en y ajoutant le terme « volumes » à la fin :

[n°segment/code_localisation_date_volumes.pdf](#)

12.2. Contenu de la fourniture

Le document devra comporter les éléments suivants :

- Une première page, où seront portés :
 - Le logo de VNF et l'indication D.T. Rhône Saône ;
 - Le nom et le numéro de segment de la voie d'eau (si connu) ;
 - Le secteur de la voie d'eau traité, de tel PR, ou PK, à tel PR, ou PK ;
 - La, ou les, dates de la première bathymétrie de ce secteur prise en compte dans le calcul (avant travaux) ;
 - La, ou les, dates de la seconde bathymétrie de ce secteur, éventuellement prise en compte dans le calcul (après travaux) ;
 - La définition géométrique générale du chenal théorique, pris en compte dans le calcul : largeur et profondeur du plafond, largeur et pente des éventuels talus latéraux, sur-profondeur, etc ;
 - Le système de référence altimétrique (niveau de référence) ;
 - Le nom du fichier et sa date d'édition ;
 - Les références du prestataire ;
- Et en seconde page, le tableau des calculs des volumes :
 - À draguer, si une seule bathymétrie, avant travaux, ou dragué, entre l'après et l'avant travaux, jusqu'au chenal théorique et du chenal théorique à la sur-profondeur ;
 - À la cote, si une seule bathymétrie, avant travaux, au-delà de la sur-profondeur du chenal théorique ;
 - Restant à draguer, entre l'après travaux et le chenal théorique ;
 - Remblayé, entre l'après et l'avant travaux ;
 - Sur-dragué, entre l'après et l'avant travaux, au-delà de la sur-profondeur du chenal théorique ;
 - Dragué, entre l'après et l'avant travaux, dans les limites du chenal théorique, et également dans la zone commune aux 2 bathymétries.

13. Éléments communiqués au prestataire dans le bon de commande

13.1. Levés bathymétriques (commande de base)

Dans le bon de commande, seront communiqués au prestataire les éléments suivants :

- Identification de la voie d'eau concernée et définition de la zone de levé, par :
 - PR, ou PK, amont et aval ;
 - Ou définition géométrique, au format texte XY ;
 - Ou représentation graphique ;
- L'objectif du levé : à quoi serviront les données ;
- Le fichier des sondes de la bathymétrie antérieure, s'il existe, pour permettre une planification optimale du levé ;
- Niveau de référence des profondeurs ;
- Fiches des points de station et des sites de mesure du niveau de l'eau VNF, situés au bord ou à proximité de la zone de levé, si présents ;
- Fichiers de fond de plan, au format DXF et/ou au format DG2 d'Hypack, si existants ;
- Fichier des PR, ou PK, au format DXF, DG2 d'Hypack ou texte XY, selon la voie d'eau concernée ;

- Valeur de la maille du fichier des sondes de la bathymétrie, si différente de 0.50 m ;
- En cas de mise en œuvre d'un sondeur mono-faisceau : espacement des profils en travers et valeur de la fenêtre de sélection des profondeurs ;
- À la première commande : définition géométrique, au format texte XY, des limites des surfaces de référence des écluses de Saint-Gilles et de Nourriguier.

Sera précisé également s'il est nécessaire, ou pas, de fournir les données brutes du levé, au format du logiciel d'acquisition.

13.2. Plans bathymétriques (commande optionnelle)

Dans le bon de commande, seront communiqués au prestataire les éléments suivants :

- Échelle du, ou des, plans ;
- Nombre d'exemplaires sur papier, si différent de 3 ;
- Liste des isobathes à dessiner ;
- Cote séparant le vert du bleu dans la palette de couleurs des aplats entre isobathes, type « arc-en-ciel » ;
- Définition géométrique, au format texte XY, des lignes à dessiner éventuellement sur les plans : axe et/ou bords du chenal théorique ou toute autre zone particulière ;
- Liste des lieux et des ouvrages remarquables situés le long de la voie d'eau, repérés par leur PR, ou PK, à renseigner éventuellement sur les plans.

13.3. Profils en travers et calcul des volumes (commande optionnelle)

Dans le bon de commande, seront communiqués au prestataire les éléments suivants :

- Définition du (des) secteur(s) de calcul, par :
 - PR, ou PK, amont et aval ;
 - Ou définition géométrique, au format texte XY ;
- Définition du type de calcul :
 - Entre 2 fonds : avant travaux et chenal théorique ;
 - Ou entre 3 fonds : avant travaux, après travaux et chenal théorique ;
- Dans le cas d'un calcul entre 3 fonds : fichier des sondes de la bathymétrie avant travaux, éventuellement (cas d'un levé réalisé par la Cellule Bathymétrie de VNF), au format texte X Y Z ;
- Espacement des profils de calcul ;
- Échelle horizontale et verticale du dessin des profils ;
- Définition géométrique, au format texte XY, de l'axe et/ou des bords du chenal théorique, ou des limites du secteur de calcul ;
- Définition géométrique générale du profil en travers type : largeur et profondeur du plafond, largeur et pente des éventuels talus latéraux, sur-profondeur, etc.

13.4. Calcul des volumes par la méthode surfacique (commande optionnelle)

Dans le bon de commande, seront communiqués au prestataire les éléments suivants :

- Définition du, ou des, secteurs de calcul, par :
 - PR, ou PK, amont et aval ;
 - Ou définition géométrique, au format texte XY ;

- Définition du type de calcul :
 - Entre 2 fonds : avant travaux et chenal théorique ;
 - Ou entre 3 fonds : avant travaux, après travaux et chenal théorique ;
- Dans le cas d'un calcul entre 3 fonds : fichier des sondes de la bathymétrie avant travaux, éventuellement (cas d'un levé réalisé par la Cellule Bathymétrie de VNF), au format texte X Y Z ;
- Définition géométrique, au format texte XY, de l'axe et/ou des bords du chenal théorique, ou des limites du secteur de calcul ;
- Définition géométrique générale du profil en travers type : largeur et profondeur du plafond, largeur et pente des éventuels talus latéraux, sur-profondeur, etc.

14. Éléments à communiquer par le prestataire dans son offre initiale

Dans son offre initiale, le prestataire devra communiquer les pièces suivantes :

- La liste des différents équipements constituant le système hydrographique et le synoptique de ce système, de chaque bateau susceptible d'être utilisé lors des levés ;
- Les certificats d'étalonnage des capteurs qui composent ces systèmes et qui devront dater de moins de 2 ans ;
- Les noms des logiciels d'acquisition et de traitement des données qui seront utilisés ;
- Le rapport de calcul de l'incertitude totale propagée à priori, dans différentes conditions de levé (profondeur, célérité, etc.), telles que décrites aux paragraphes 6., 8.4. et 8.5. ;
- Les CV des personnes qui conduiront et réaliseront les levés bathymétriques.

15. Conditions générales de réalisation des prestations

15.1. Délais d'intervention et d'exécution

Les délais d'exécution des prestations sont précisés à l'article 5.1 du CCAP.

15.2. Documents relatifs à la sécurité et à la qualité

15.2.1. Sécurité

Conformément aux articles 7-3.1 et 7-6 du cahier des clauses administratives particulières du présent marché, le titulaire devra établir et faire approuver, selon les conditions dans lesquelles il intervient :

- un Plan de Prévention lorsqu'il interviendra dans le cadre du décret n° 92-158 du 20 février 1992. Ce plan sera élaboré en collaboration avec l'unité VNF ayant passé la commande (service territorial Canal du Rhône à Sète, unité opérationnelle de Beaucaire) et validé par le responsable concerné ;
- un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé lorsqu'il interviendra dans le cadre du décret n° 94-1159 du 26 décembre 1994. Ce plan sera élaboré en collaboration avec les entreprises intervenantes et avec le CSPS désigné par le Maître d'Ouvrage. Il devra être visé par ce dernier.

Ces documents seront élaborés par le titulaire pendant la période de préparation. Ils devront être approuvés avant intervention du titulaire sur le site.

15.2.2. *Qualité*

Le prestataire devra fournir un Plan d'Assurance Qualité (PAQ) ayant pour but de préciser les dispositions générales mises en œuvre pour assurer la qualité des prestations à effectuer.

Ce PAQ, établi sur la base du SOPAQ fourni, devra être remis à jour autant de fois que nécessaire si l'opération objet des prestations le justifie.

Ce PAQ sera constitué d'une note d'organisation générale qui précisera a minima les éléments suivants :

- l'objet des travaux et les documents de référence,
- l'organisation (organigramme et affectation des tâches de contrôles) mise en place pour exécuter les prestations,
- la description des procédures de contrôle qualité, notamment :
 - fonctionnement et vérification des appareils de mesure,
 - documents disponibles (fiches procédure et fiches qualité),
 - procédures de traitement des non-conformités,
 - procédures d'audits de l'entreprise,
 - moyens et procédures de rendre compte.

15.3. *Utilisation du Domaine Public Fluvial*

Au moins 48h avant toute exécution de commande objet du présent marché, le titulaire devra :

- informer l'unité VNF concernée de ses dates d'intervention,
- demander à l'unité VNF concernée : une autorisation de circuler sur les chemins de service et l'établissement d'un avis à la batellerie pour le chantier de bathymétrie à venir.

L'entreprise pourra éventuellement disposer pour la réalisation de ses prestations, du Domaine Public Fluvial (DPF), dans les limites fixées par le Maître d'Ouvrage et avec son accord préalable.

15.4. *Sécurité de la navigation*

Toutes les dispositions devront être prises par l'entreprise pour n'apporter aucune gêne à la navigation, aussi bien au travail qu'à l'arrêt.

VNF se chargera d'informer les navigants, par avis à batellerie, de la présence du chantier de bathymétrie. Dans tous les cas, la priorité de navigation doit être donnée aux navigants.

L'entreprise devra indiquer dans son plan d'assurance qualité, le moyen qu'elle comptera mettre en œuvre pour n'apporter aucune gêne à la navigation.

L'entreprise aura à sa charge la mise en place d'une signalisation provisoire conforme à la signalisation fluviale réglementaire.