

---

---

---

**Hydrométrie — Profileurs acoustiques  
à effet Doppler — Méthode et  
application pour le mesurage de  
l'écoulement à surface libre sur un  
bateau mobile**

**iTEH** *Hydrometry — Acoustic Doppler profiler — Method and application  
for measurement of flow in open channels from a moving boat*

**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 24578:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e98b454a-c042-418a-b105-9cb5bc2481c3/iso-24578-2021>



Numéro de référence  
ISO 24578:2021(F)

# iTeh Standards

## (<https://standards.iteh.ai>)

### Document Preview

[ISO 24578:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e98b454a-c042-418a-b105-9cb5bc2481c3/iso-24578-2021>



#### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b>	<b>v</b>
<b>Introduction</b>	<b>vi</b>
<b>1 Domaine d'application</b>	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b>	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b>	<b>1</b>
<b>4 Principes de la méthode d'utilisation d'ADCP depuis un bateau</b>	<b>3</b>
4.1 Généralités	3
4.2 Principe de l'effet Doppler appliqué aux objets en mouvement	5
4.3 Techniques des profileurs acoustiques de courant à effet Doppler	6
4.3.1 Généralités	6
4.3.2 Pulse incohérent	6
4.3.3 Pulse-to-pulse cohérent	7
4.3.4 Broadband (spread spectrum)	7
4.4 Mesurage du profil de vitesse	7
4.4.1 Généralités	7
4.4.2 Mesurage de la vitesse relative	7
4.4.3 Mesurage de la vitesse du bateau	8
4.4.4 Collecte de données proche de la limite	9
4.5 Vitesse du son dans l'eau	11
<b>5 Détermination du débit</b>	<b>12</b>
5.1 Méthode générale	12
5.2 Mode opératoire de mesurage	15
5.3 Méthode de traitement en cas de fond mobile sans système GNSS	17
5.3.1 Généralités	17
5.3.2 Méthode stationnaire pour le fond mobile	17
5.3.3 Méthode azimutale	17
5.3.4 Méthode de correction de sous-section	18
5.3.5 Méthode de la boucle	19
5.3.6 Méthode de la section médiane	20
<b>6 Sélection de sites</b>	<b>21</b>
6.1 Généralités	21
6.2 Critères de sélection des sites	22
<b>7 Mode opératoire de déploiement de l'ADCP</b>	<b>22</b>
7.1 Techniques de déploiement	22
7.1.1 Généralités	22
7.1.2 Utilisation depuis un bateau à équipage	22
7.1.3 Utilisation depuis un support flottant attaché	23
7.1.4 Déploiement à partir d'un navire commandé à distance	24
7.1.5 Modes de récupération de données	24
7.2 Fonctionnement du bateau	24
7.2.1 Trajectoire du bateau	24
7.2.2 Vitesse du bateau	24
7.3 Modes opératoires de terrain	25
7.3.1 Modes opératoires préalables aux opérations sur le terrain	25
7.3.2 Configuration sur le terrain	25
7.3.3 Examen des données de l'ADCP pendant le mesurage	28
7.3.4 Exigences post-mesurage	28
7.4 Équipement auxiliaire	29
7.5 Autres considérations	29
7.5.1 Distances par rapport aux rives	29
7.5.2 Mesurages de profondeur sur les sites présentant de fortes concentrations de sédiments	30

7.5.3	Compas GNSS.....	30
7.6	Maintenance et contrôles de l'ADCP .....	30
7.6.1	Généralités .....	30
7.6.2	Contrôle de diagnostic intégré.....	30
7.6.3	Entretien majeur périodique chez le fabricant.....	30
7.6.4	Contrôle périodique de la performance de l'ADCP.....	31
7.6.5	Maintenance physique.....	31
7.6.6	Essai d'alignement des faisceaux.....	31
7.7	Formation.....	31
<b>8</b>	<b>Incertitude .....</b>	<b>32</b>
8.1	Généralités.....	32
8.2	Définition de l'incertitude .....	32
8.3	Incertitudes des mesurages par ADCP — Considérations d'ordre général.....	32
8.4	Sources d'incertitude.....	33
8.5	Réduction des incertitudes.....	34
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Théorie de la distribution des vitesses et extrapolation des profils de vitesse .....</b>	<b>35</b>	
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Détermination des débits de bord .....</b>	<b>37</b>	
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Exemple de liste de contrôle d'équipement .....</b>	<b>39</b>	
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Exemple de fiches de terrain pour jaugeage par ADCP .....</b>	<b>41</b>	
<b>Annexe E</b> (informative) <b>Essai d'alignement des faisceaux .....</b>	<b>45</b>	
<b>Annexe F</b> (informative) <b>Méthodes d'évaluation de l'incertitude .....</b>	<b>47</b>	
<b>Bibliographie .....</b>	<b>48</b>	

*(<https://standards.iteh.ai>)*  
**Document Preview**

[ISO 24578:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e98b454a-c042-418a-b105-9cb5bc2481c3/iso-24578-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e98b454a-c042-418a-b105-9cb5bc2481c3/iso-24578-2021>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 113, *Hydrométrie*, sous-comité SC 1, *Méthodes d'exploitation du champ des vitesses*.  
<https://standards.iteh.ai/>

Cette première édition de l'ISO 24578 annule et remplace l'ISO/TR 24578:2021, qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- le titre a été modifié pour lire " Hydrométrie — Profileurs acoustiques à effet Doppler — Méthode et application pour le mesurage de l'écoulement à surface libre sur un bateau mobile".

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Le terme « profileurs acoustiques de courant à effet Doppler » (ADCP) a été adopté comme terme générique pour désigner une technologie fabriquée par différentes entreprises dans le monde entier. On les appelle aussi profileurs acoustiques de vitesse à effet Doppler (ADVP) ou profileurs acoustiques à effet Doppler (ADP).

Pour utiliser efficacement ce document, il est essentiel que les utilisateurs soient familiarisés avec la terminologie et les fonctions de leur propre équipement ADCP. Il convient également que les utilisateurs soient familiarisés avec les exigences supplémentaires.

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 24578:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e98b454a-c042-418a-b105-9cb5bc2481c3/iso-24578-2021>

# Hydrométrie — Profileurs acoustiques à effet Doppler — Méthode et application pour le mesurage de l'écoulement à surface libre sur un bateau mobile

## 1 Domaine d'application

Le présent document fournit des recommandations relatives à l'utilisation des profileurs acoustiques de courant à effet Doppler (ADCP) depuis des bateaux pour déterminer le débit à surface libre. Il décrit un certain nombre de méthodes de déploiement d'ADCP afin de déterminer le débit. Bien que, dans certains cas, ces mesurages visent à déterminer la relation hauteur-débit d'une station hydrométrique, le présent document ne traite que de la détermination du débit.

Les ADCP peuvent être utilisés pour mesurer divers paramètres, tels que le courant ou le débit d'un cours d'eau, les champs de vitesse de l'eau et la bathymétrie des chenaux. Une des applications potentielles consiste à estimer la charge de fond en appliquant la vitesse de suivi du fond, tandis que le débit des sédiments en suspension peut être approché en utilisant la rétrodiffusion acoustique et l'équation du sonar. Le présent document est général et ne contient aucun détail opérationnel spécifique à des marques et modèles particuliers d'ADCP.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 772, *Hydrométrie — Vocabulaire et symboles* 2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/e98b454a-c042-418a-b105-9cb5bc2481c3/iso-24578-2021>

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 772 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

### 3.1

**profondeur du transducteur**

**profondeur de l'ADCP**

**tirant d'eau**

profondeur des transducteurs de l'ADCP sous la surface de l'eau pendant le *déploiement* (3.6)

Note 1 à l'article: Il convient de mesurer manuellement la profondeur de l'ADCP.

### 3.2

#### bin

##### cellule de profondeur

volume d'eau de forme conique tronquée à une distance et une orientation connues par rapport aux transducteurs

Note 1 à l'article: L'ADCP détermine une vitesse estimée pour chaque cellule en utilisant un schéma de calcul de moyenne à pondération centrale tenant compte non seulement de l'eau à l'intérieur du « bin », mais aussi dans les deux « bins » adjacents.

### 3.3

#### distance aveugle

##### blank

distance parcourue par le signal lorsque la vibration du transducteur durant la transmission empêche le transducteur de recevoir des échos ou des signaux de retour

Note 1 à l'article: Il s'agit de la distance immédiatement au-dessous des transducteurs de l'ADCP dans laquelle aucun mesurage n'est réalisé.

Note 2 à l'article: Il convient que la distance soit la plus petite possible. Il convient toutefois de veiller à ne pas trop réduire la distance afin d'éviter toute contamination du signal par des sonneries ou un biais dû à une perturbation du débit.

### 3.4

#### suivi de fond

méthode acoustique utilisée pour mesurer la vitesse et la direction du bateau en calculant le décalage Doppler du son réfléchi par le lit du cours d'eau par rapport à l'ADCP

Note 1 à l'article: En l'absence de fond mobile, le débit peut être calculé à partir des données de la vitesse du fond et de la vitesse de l'eau. En effet, cette opération est réalisée en coordonnées ADCP et non en coordonnées terrestres. Dans le cas d'un fond mobile, l'utilisation d'un système mondial de navigation par satellite (GNSS) ou de données corrigées par la méthode de la boucle à l'aide d'un compas calibré est nécessaire.

### 3.5

#### mode temps réel

ISO 24578:2021

mode dans lequel l'ADCP transmet les informations à l'ordinateur d'exploitation à mesure qu'il les collecte

Note 1 à l'article: L'ADCP et l'ordinateur sont connectés (physiquement ou par liaison sans fil) tout au long du déploiement (3.6) dans ce mode.

### 3.6

#### déploiement

ADCP initialisé et activé pour la collecte de données pendant qu'il est engagé à travers la section pour enregistrer les données

Note 1 à l'article: Un déploiement comprend habituellement plusieurs paires de *transects* (3.11) ou de sections transversales à travers une rivière ou un estuaire.

### 3.7

#### méthode de déploiement

technique utilisée pour déployer l'ADCP à travers un cours d'eau

Note 1 à l'article: Une des trois méthodes de déploiement suivantes est utilisée: un bateau à équipage, un support flottant attaché ou un bateau commandé à distance.

### 3.8

#### ensemble

##### profil

mesurage simple de la colonne d'eau

Note 1 à l'article: Un ensemble de « bins » (3.2) est équivalent à une verticale de mesure obtenue par jaugeage à l'aide d'un moulinet conventionnel.

**3.9****ping**

totalité du son généré par le transducteur d'un ADCP pour un seul cycle de mesurage

Note 1 à l'article: Impulsions acoustiques transmises par l'ADCP pour un seul mesurage.

**3.10****mode indépendant****mode autonome**

mode de récupération de données dans lequel les informations recueillies par l'ADCP sont stockées dans une mémoire embarquée, puis téléchargées vers un ordinateur après le *déploiement* (3.6)

Note 1 à l'article: En général, cette méthode n'est pas utilisée par la plupart des techniciens d'ADCP, elle n'est pas non plus recommandée par la majorité des techniciens d'hydrométrie.

**3.11****transect****passé**

une traversée du cours d'eau pendant un *déploiement* (3.6) ADCP

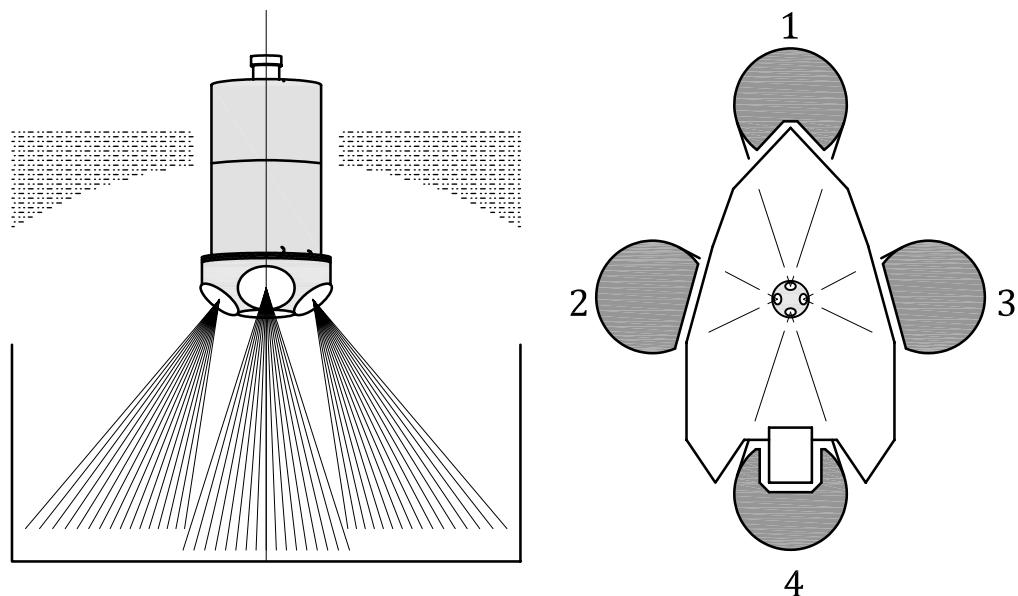
Note 1 à l'article: En *mode indépendant* (3.10), un déploiement peut être constitué d'un nombre quelconque de transects.

## 4 Principes de la méthode d'utilisation d'ADCP depuis un bateau

### iTeh Standards

#### 4.1 Généralités

L'ADCP est un dispositif permettant de mesurer la vitesse et la direction du courant, à travers la colonne d'eau, de manière efficace et non intrusive. Il peut produire un profil de vitesse instantané à travers la colonne d'eau en perturbant uniquement les quelques décimètres proches de la surface. Le fonctionnement nominal des ADCP s'appuie sur le principe de l'effet Doppler (voir 4.2). Un ADCP est généralement un cylindre dont l'extrémité est munie d'une tête équipée de transducteurs (voir [Figure 1](#)). La tête est habituellement un anneau constitué de trois transducteurs acoustiques ou plus, dont les faces sont inclinées par rapport à l'horizontale selon des angles spécifiés, les uns par rapport aux autres. Certains ADCP utilisent des transducteurs à réseau phasé contenant de nombreux éléments qui peuvent former plusieurs faisceaux à différents angles, selon la conception du transducteur. Un seul transducteur à réseau phasé peut former les trois faisceaux ou plus nécessaires pour un ADCP.

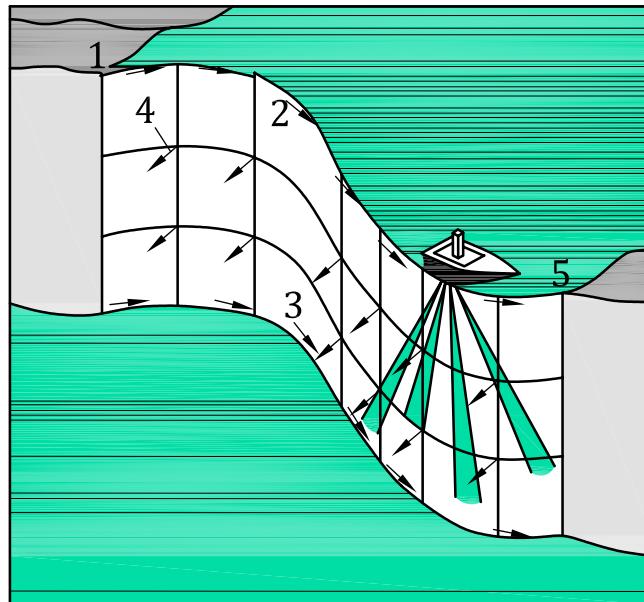
**Légende**

- 1 avant
- 2 bâbord
- 3 tribord
- 4 arrière

NOTE Un ADCP peut fonctionner dans toute position ou orientation; la présente figure est présentée à titre indicatif.

**Figure 1 — Exemple de croquis illustrant un ADCP type avec quatre transducteurs**

L'ADCP, qui a été développé à l'origine pour des travaux océanographiques, a depuis été adapté en vue d'une utilisation dans les estuaires et les rivières. Un ADCP peut être monté sur un bateau, un support de flottaison ou un radeau et engagé à travers une rivière (voir [Figure 2](#)). L'ADCP recueille des données de vitesse, la direction de l'écoulement, des données de profondeur et la position, la direction et la vitesse du bateau. Avec de telles informations, les mesures de débit sont indépendantes de la trajectoire; en d'autres termes, il n'est pas nécessaire que l'itinéraire emprunté soit droit ou perpendiculaire à la rive.



#### Légende

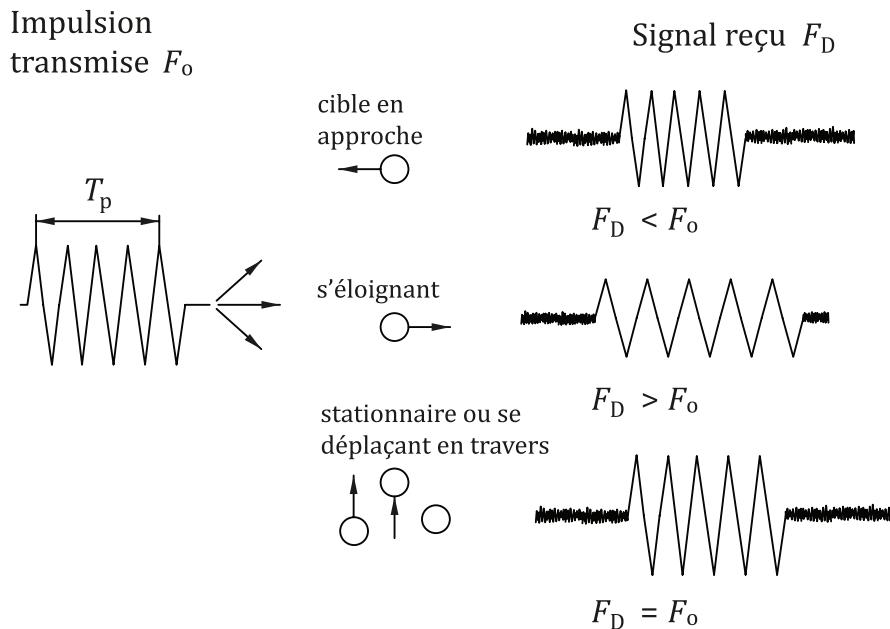
- 1 départ
- 2 trajectoire du bateau
- 3 trajectoire du bateau par rapport au fond de la rivière
- 4 vecteurs de vitesse du débit
- 5 arrivée

Figure 2 — Croquis du principe de déploiement d'un ADCP monté sur un bateau mobile

#### 4.2 Principe de l'effet Doppler appliqué aux objets en mouvement

L'ADCP utilise les ultrasons pour mesurer la vitesse de l'eau à l'aide d'un principe physique découvert par Christian Doppler. La réflexion des ondes sonores d'une particule en mouvement entraîne un changement de fréquence de l'onde sonore réfléchie. La différence de fréquence entre l'onde sonore transmise et l'onde sonore réfléchie est connue sous le nom de décalage Doppler (voir [Figure 3](#)).

Il convient de noter que seules les composantes de vitesse parallèles à la direction de l'onde sonore produisent un décalage Doppler. Ainsi, les particules se déplaçant perpendiculairement à la direction des ondes sonores (c'est-à-dire sans composante de vitesse dans la direction de l'onde sonore) ne produiront aucun décalage Doppler.



**Figure 3 — Réflexion des ondes sonores émises par une particule en mouvement entraînant un changement apparent de la fréquence de ces ondes sonores**

Le principe de l'effet Doppler relie le changement de fréquence aux vitesses relatives de la source (réflecteur) et de l'observateur. Dans le cas de la plupart des ADCP, le son transmis est réfléchi par des particules ou des bulles d'air dans la colonne d'eau et renvoyé vers le transducteur. Il est supposé que les particules se déplacent à la même vitesse que l'eau, ce qui permet de traduire le décalage de fréquence en amplitude et en direction de vitesse. Les particules dans la rivière sont généralement des sédiments en suspension. Une concentration de sédiments en suspension trop faible ne permet d'obtenir aucune donnée en raison de l'absence de signal de retour, tandis qu'une concentration de sédiments en suspension trop élevée perturbe le signal, ce qui entraîne également l'obtention de mauvaises données. Par conséquent, la fréquence de l'ADCP doit être choisie en fonction de ces critères. Plus il y a de sédiments en suspension dans l'eau, plus il convient que la fréquence de fonctionnement de l'ADCP soit basse. Il convient en outre de noter qu'une quantité excessive de bulles d'air peut provoquer une distorsion ou une perte du signal renvoyé. De plus, les bulles d'air s'élèvent naturellement et sont donc susceptibles de ne pas se déplacer selon une direction et une amplitude représentatives de la vitesse.

## 4.3 Techniques des profileurs acoustiques de courant à effet Doppler

### 4.3.1 Généralités

Les ADCP utilisent trois principaux types d'algorithme de configuration et de traitement du ping:

- pulse incohérent (y compris à bande étroite) — décalage Doppler à impulsion longue;
- pulse-to-pulse cohérent — décalage Doppler à impulsion courte; et
- broadband (spread spectrum) — déphasage sur deux impulsions courtes.

Il convient de se référer au manuel de l'ADCP afin de déterminer le type utilisé.

### 4.3.2 Pulse incohérent

Un ADCP en mode de tir incohérent transmet une seule impulsion sonore relativement longue et mesure le décalage Doppler, qui est utilisé pour calculer la vitesse des particules le long du trajet du faisceau acoustique. Les mesurages de vitesse réalisés par traitement incohérent sont très fiables sur une large plage de vitesses, même si elles présentent une incertitude relativement élevée (ping simple).

Pour réduire l'incertitude, de multiples impulsions sont transmises sur une courte période de temps; leur moyenne est ensuite calculée avant de déclarer une vitesse. Le terme « bande étroite » est utilisé dans l'industrie pour décrire un ADCP en mode de tir incohérent d'impulsion en impulsion. Dans un ADCP à bande étroite, une seule impulsion est transmise dans l'eau par faisceau et par mesurage (ping), et la résolution du décalage Doppler doit avoir lieu pendant la durée de l'impulsion reçue. L'impulsion acoustique à bande étroite est une simple onde monochromatique et peut être traitée rapidement.

#### 4.3.3 Pulse-to-pulse coherent

Les systèmes d'ADCP en mode de tir cohérent sont les plus justes des trois types, même si leur portée est fortement limitée. Les systèmes en mode de tir cohérent transmettent une impulsion relativement courte, enregistrent le signal de retour, puis transmettent une seconde impulsion courte lorsque le retour de la première impulsion n'est plus détectable. L'ADCP mesure la différence de phase entre les deux retours et l'utilise pour calculer le décalage Doppler. Les mesurages de vitesse effectués en utilisant un traitement cohérent sont très justes (faibles incertitudes à court terme), mais présentent des limites importantes. Le traitement cohérent ne fonctionne que dans des plages de profondeur limitées et avec une vitesse maximale significativement limitée. Si ces limites sont dépassées, les données de vitesse d'un système Doppler en mode de tir cohérent n'ont plus aucun sens.

#### 4.3.4 Broadband (spread spectrum)

Comme les systèmes en mode de tir cohérent, les systèmes d'ADCP à large bande transmettent deux impulsions, puis examinent le changement de phase du retour des impulsions successives. Toutefois, avec les systèmes à large bande, les deux impulsions acoustiques sont comprises en même temps dans l'étendue de mesure du profil. L'impulsion acoustique à large bande est complexe; elle comporte un code superposé à la forme d'onde. Le code est imposé sur la forme d'onde en inversant la phase et en créant un code pseudo-aléatoire à l'intérieur de la forme d'onde. Ce code pseudo-aléatoire permet de prélever un certain nombre d'échantillons indépendants à partir d'un seul ping. En raison de la complexité de l'impulsion, le traitement est plus lent que dans un système à bande étroite; cependant, plusieurs échantillons indépendants sont obtenus à partir de chaque ping.

L'incertitude des mesurages de vitesse utilisant le traitement à large bande est comprise entre celles des systèmes en mode de tir incohérent et cohérent. Les systèmes à large bande sont capables de mesurer sur une plage de vitesses plus large que les systèmes en mode de tir cohérent; toutefois, si cette plage est dépassée, les données de vitesse perdront tout leur sens. L'exactitude et la plage de vitesses maximale d'un système à large bande dépendent de la configuration précise du traitement utilisé.

### 4.4 Mesurage du profil de vitesse

#### 4.4.1 Généralités

Les ADCP mesurent des profils de vitesse dans leur propre repère. Pour obtenir un profil de vitesse absolu, une combinaison de la vitesse relative et de la vitesse du bateau est nécessaire.

#### 4.4.2 Mesurage de la vitesse relative

La vitesse est mesurée en tant que moyenne à pondération centrale qui s'étend sur les cellules au-dessus et au-dessous comme décrit en [4.3](#) et le résultat est rapporté à la profondeur du centre de la cellule. À l'aide de ces résultats et en utilisant des relations trigonométriques, une vitesse de l'eau tridimensionnelle est calculée et assignée à une cellule de profondeur donnée dans la colonne d'eau. Bien que cela soit analogue à un profil de vitesse obtenu à partir d'un vélocimètre ponctuel, l'ensemble de la région mesurable de la colonne d'eau est échantillonné par l'ADCP. L'impulsion acoustique doit être stabilisée, afin d'obtenir des données. La zone aveugle est exclue, car il est nécessaire de stabiliser l'impulsion acoustique (voir [Figure 4](#)).

#### 4.4.3 Mesurage de la vitesse du bateau

##### 4.4.3.1 Suivi de fond

L'ADCP peut utiliser le principe de l'effet Doppler pour suivre ses mouvements à travers un chenal à l'aide d'une technique appelée « suivi de fond ». Les mesurages de suivi de fond sont similaires aux mesurages de la vitesse de l'eau, mais des impulsions séparées sont utilisées. Les pings du suivi de fond sont plus longs que les pings de suivi de l'eau. Ces pings sont également utilisés pour mesurer la profondeur de l'eau. Les impulsions sonores sont réfléchies par le lit du cours d'eau et utilisées pour calculer la vitesse de l'ADCP par rapport au lit. Les ADCP peuvent également être équipés d'un compas embarqué et peuvent combiner ces données avec celles du suivi de fond afin de déterminer la direction et la vitesse du bateau en supposant que le lit du cours d'eau est stable.

Pour réaliser les mesurages de suivi de l'eau et du fond, l'ADCP envoie d'abord une impulsion pour mesurer la vitesse du bateau, qui est exactement l'opposé de la vitesse du fond par rapport à l'ADCP. L'ADCP envoie ensuite une impulsion pour mesurer la vitesse de l'eau par rapport à l'ADCP. Enfin, l'ADCP combine ces deux vecteurs de vitesse (eau et bateau) pour calculer la vitesse absolue de l'eau. Pour y parvenir avec justesse, deux conditions doivent être remplies.

- Il convient que le lit du cours d'eau ne bouge pas, dans le cas contraire, la vitesse de l'eau peut être sous-estimée. Il convient dans ce cas de prévoir la mise en œuvre d'un système mondial de navigation par satellite (GNSS) ou des traitements spéciaux doivent être effectués tels que décrits au paragraphe [5.3](#).
- Il convient que le bateau ne se déplace pas ou ne tourne pas entre l'impulsion pour la vitesse du fond et l'impulsion pour la vitesse de l'eau. Dans le cas contraire, il y aura une erreur d'angle entre le vecteur de vitesse de l'eau et celui de la vitesse du bateau.

Afin de s'assurer que ces deux conditions sont remplies:

- réaliser un essai de fond mobile à l'aide de la méthode stationnaire, d'un essai type boucle ou d'un système de navigation type GNSS;
- le déploiement du bateau doit être progressif, régulier et lent par rapport à la vitesse de l'eau.

##### 4.4.3.2 Système mondial de navigation par satellite (GNSS)

Un GNSS peut être intégré à un ADCP pour fournir des données sur la position et la vitesse du bateau. Ce dispositif est utilisé comme solution alternative au suivi de fond lorsque le lit est instable en raison d'une charge de fond importante ou lorsqu'il n'est pas possible de déterminer avec justesse le niveau du lit avec le suivi de fond en raison, par exemple, de la croissance de la végétation ou de sédiments lourds en suspension. Il est important de mettre en œuvre un système GNSS le plus juste possible. L'exactitude du GNSS peut être affectée par des arbres ou des bâtiments sur les rives des rivières étroites. Lorsque le GNSS ne peut détecter que quatre satellites ou moins simultanément, l'exactitude de l'ADCP est considérablement réduite. Il convient que le système GNSS avertisse l'utilisateur lorsque cela se produit.