

NORME  
INTERNATIONALE

ISO  
6817

Première édition  
1992-12-01

---

---

**Mesure de débit d'un fluide conducteur dans les  
conduites fermées — Méthode par débitmètres  
électromagnétiques**

iTeh STANDARD PREVIEW

*(standards.iteh.ai)*  
*Measurement of conductive liquid flow in closed conduits — Method  
using electromagnetic flowmeters*

ISO 6817:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbddf874-054c-4887-b9c8-635d42ce913e/iso-6817-1992>



Numéro de référence  
ISO 6817:1992(F)

## Sommaire

Page

1	Domaine d'application .....	1
2	Références normatives .....	1
3	Définitions .....	1
4	Symboles et unités .....	2
5	Théorie .....	2
6	Construction et principe de fonctionnement .....	4
7	Étude de l'installation et mise en œuvre .....	8
8	Marquage .....	11
9	Étalonnage et conditions d'essai .....	12
10	Analyse de l'incertitude .....	14

## Annexes

A	Matériaux de construction de l'élément primaire .....	16
B	Bibliographie .....	18

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)

[ISO 6817:1992](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbddf874-054c-4887-b9c8-635d42ce913e/iso-6817-1992)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbddf874-054c-4887-b9c8-635d42ce913e/iso-6817-1992>

## 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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 6817 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*, sous-comité SC 5, *Débitmètres électromagnétiques*.

Cette première édition annule et remplace l'ISO/TR 6817:1980, dont elle constitue une révision technique.

Les annexes A et B de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

Page blanche

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 6817:1992

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bbddf874-054c-4887-b9c8-635d42ce913e/iso-6817-1992>

# Mesure de débit d'un fluide conducteur dans les conduites fermées — Méthode par débitmètres électromagnétiques

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit le principe et les principes fondamentaux de conception des débitmètres électromagnétiques mesurant le débit d'un liquide conducteur dans une conduite fermée remplie. Elle traite de leur installation, de leur fonctionnement, de leur performance et de leur étalonnage.

La présente Norme internationale ne spécifie aucune règle de sécurité pour l'emploi des débitmètres dans les conditions environnementales dangereuses et ne s'applique pas au mesurage des boues perméables magnétiquement ni aux usages médicaux.

Elle traite des débitmètres en version courant alternatif et courant continu pulsé.

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 4006:1991, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles.*

ISO 5168:1978, *Mesure de débit des fluides — Calcul de l'erreur limite sur une mesure de débit.*

ISO 7066-1:1989, *Évaluation de l'incertitude dans l'étalonnage et l'utilisation des appareils de mesure du débit — Partie 1: Relations d'étalonnage linéaires.*

ISO 7066-2:1988, *Évaluation de l'incertitude dans l'étalonnage et l'utilisation des appareils de mesure du débit — Partie 2: Relations d'étalonnage non linéaires.*

ISO 9104:1991, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Méthodes d'évaluation de la performance des débitmètres électromagnétiques utilisés pour les liquides.*

## 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans l'ISO 4006 et les définitions suivantes s'appliquent. Pour plus de facilités, la plupart d'entre elles ont été extraites de l'ISO 4006.

**3.1 débitmètre électromagnétique:** Appareil créant un champ magnétique perpendiculaire à l'écoulement et permettant de déduire le débit à partir de la force électromotrice induite produite par le déplacement du liquide<sup>1)</sup> conducteur dans le champ magnétique. Un débitmètre électromagnétique comprend un élément primaire et un ou plusieurs éléments secondaires.

1) Dans la présente Norme internationale sur les débitmètres électromagnétiques, on a remplacé le terme «fluide» (liquides + gaz) de la définition générale de l'ISO 4006 par le terme «liquide» qui est plus correct. Cet usage correspond à ce qui a été fait dans l'ISO 9104.

**3.1.1 élément primaire:** Ensemble comprenant les éléments suivants:

- un tube de mesure isolé électriquement à travers lequel s'écoule le liquide conducteur à mesurer,
- une ou plusieurs paires d'électrodes de mesure diamétralement opposées, servant à mesurer le signal engendré dans le liquide,
- un électroaimant créant un champ magnétique dans le tube de mesure.

L'élément primaire produit un signal proportionnel au débit et, dans certains cas, le signal de référence.

**3.1.2 élément secondaire:** Ensemble contenant les éléments qui extraient le signal de débit du signal des électrodes et le convertissent en un signal de sortie normalisé, proportionnel au débit. Cet ensemble peut être monté sur l'élément primaire.

**3.2 tube de mesure:** Tronçon tubulaire de l'élément primaire à travers lequel le liquide à mesurer s'écoule; sa surface intérieure est normalement isolée électriquement.

**3.3 électrodes de mesure:** Une ou plusieurs paires de plots ou de plaques capacitives à l'aide desquelles on détecte la tension induite.

**3.4 champ magnétique:** Champ produit par l'électroaimant de l'élément primaire, qui traverse le tube de mesure ainsi que le liquide.

**3.5 signal d'électrode:** Différence totale de potentiel entre les électrodes, comprenant le signal de débit et des signaux parasites tels que signaux en phase, en quadrature et tensions de mode commun.

**3.5.1 signal de débit:** Partie du signal d'électrode, proportionnelle au débit et à l'intensité du champ magnétique, et dépendant de la géométrie du tube de mesure et des électrodes.

**3.5.2 signal en phase:** Partie du signal d'électrode en phase avec le signal de débit et qui ne varie pas avec le débit.

NOTE 1 Cette définition ne concerne que les éléments primaires à électroaimant alimenté en courant alternatif.

**3.5.3 signal en quadrature:** Partie du signal d'électrode dont la phase est décalée de 90° par rapport au signal de débit et qui ne varie pas avec le débit.

**3.5.4 tension de mode commun:** Tension apparaissant de façon égale entre les électrodes et un potentiel de référence.

**3.6 signal de référence:** Signal proportionnel au flux magnétique créé dans l'élément primaire et qui est comparé, dans l'élément secondaire, au signal de débit.

**3.7 signal de sortie:** Signal délivré par l'élément secondaire, qui est proportionnel au débit.

**3.8 facteur d'étalonnage de l'élément primaire:** Rapport entre le signal de débit et le débit-volume (ou la vitesse moyenne), dans des conditions de référence définies pour une valeur donnée du signal de référence.

**3.9 débit à pleine échelle:** Débit correspondant au signal maximal de sortie.

**3.10 protection cathodique:** Moyen électrochimique de prévenir la corrosion électrolytique des conduits.

**3.11 conditions de référence:** Conditions d'étalonnage d'un débitmètre conformément aux spécifications de l'article 8 de la présente Norme internationale.

## 4 Symboles et unités

Les symboles et unités suivants sont utilisés dans la présente Norme internationale.

Symbole	Grandeur	Unité
$B$	Densité de flux magnétique	tesla (T)
$D$	Diamètre intérieur du tube de mesure	mètre (m)
$K$	Constante d'étalonnage	mètre (m)
$L_e$	Écartement des électrodes de mesure	mètre (m)
$U$	Vitesse débitante du liquide	mètre par seconde (m/s)
$V$	Signal de débit (force électromotrice)	volt (V)
$k$	Constante	(sans dimension)
$q_V$	Débit-volume de liquide	mètre cube par seconde (m <sup>3</sup> /s)

## 5 Théorie

### 5.1 Généralités

Le déplacement d'un liquide dans un champ magnétique induit des tensions (forces électromotrices) qui suivent la loi de Faraday (voir figure 1). Si le

champ est perpendiculaire à une tuyauterie isolée électriquement qui transporte le liquide en mouvement, et si la conductivité électrique de ce liquide n'est pas trop faible, on peut mesurer une tension entre deux électrodes placées sur la paroi de la tuyauterie. Cette tension est proportionnelle à la densité du flux magnétique, à la vitesse moyenne du liquide et à l'écartement des électrodes. On peut ainsi mesurer la vitesse du liquide et par suite son débit.

## 5.2 Équation de base

Selon la loi d'induction de Faraday, l'intensité des tensions induites est donnée par l'expression simplifiée

$$V = kBL_e U \quad \dots (1)$$

Le débit-volume dans une canalisation de section circulaire est

$$q_V = \frac{\pi D^2}{4} U \quad \dots (2)$$

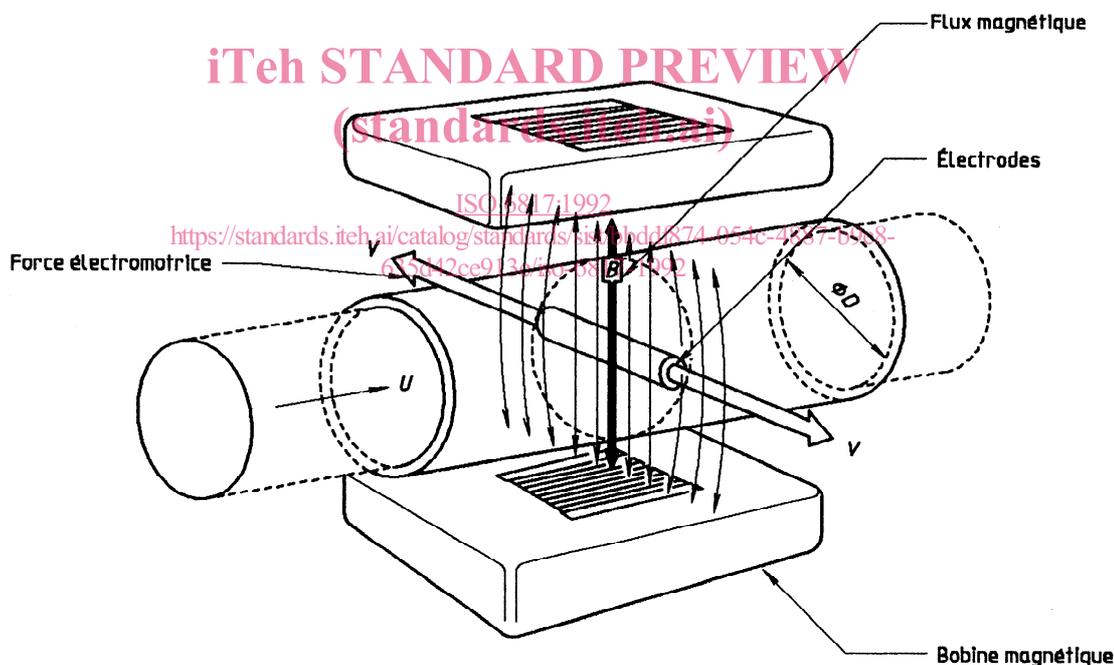
ce qui, combiné à l'équation (1) donne

$$q_V = \frac{\pi D^2}{4kL_e} \left( \frac{V}{B} \right) \quad \dots (3)$$

ou

$$q_V = K \left( \frac{V}{B} \right) \quad \dots (4)$$

L'équation (4) peut être interprétée de diverses manières pour obtenir la constante d'étalonnage  $K$  qui, dans la pratique, est généralement déterminée par voie humide comme décrit dans l'article 9 et dans l'ISO 9104.



### Légende

- $B$  Densité de flux magnétique
- $D$  Diamètre intérieur du tube de mesure
- $V$  Signal de débit (force électromotrice)
- $U$  Vitesse débitante du liquide

Figure 1 — Principe d'un débitmètre électromagnétique

## 6 Construction et principe de fonctionnement

### 6.1 Généralités

Comme l'indiquent de façon schématique les figures 1 et 2, la tuyauterie est placée dans le champ magnétique de telle sorte que la trajectoire du liquide conducteur qui s'y écoule soit perpendiculaire au champ. Selon la loi de Faraday, le mouvement du liquide à travers le champ magnétique induit dans le liquide une force électromotrice perpendiculaire au champ et au sens d'écoulement du liquide. En plaçant à la paroi de la tuyauterie, dans un plan axial normal au champ magnétique, des électrodes montées sur des supports isolés, ou en utilisant des électrodes isolées à couplage capacitif, on recueille une différence de potentiel proportionnelle à la vitesse de l'écoulement et qui peut être traitée au moyen d'un élément secondaire. Les appareils fonctionnant sur ce principe peuvent mesurer un débit s'écoulant dans l'une ou l'autre direction dans le tube de mesure.

Un débitmètre électromagnétique est un ensemble constitué d'un élément primaire, à travers lequel s'écoule le liquide à mesurer, et d'un élément secondaire qui convertit le signal de débit alternatif de faible intensité, produit par l'élément primaire en un signal normalisé convenable compatible avec l'instrumentation industrielle (voir, par exemple, CEI 381). Cet ensemble donne un signal de sortie proportionnel au débit-volume (ou à la vitesse moyenne). Ses possibilités d'emploi ne sont, en général, limitées que par le fait que le liquide mesuré doit être conducteur et non magnétique.

Les éléments primaire et secondaire peuvent être combinés en un seul ensemble.

### 6.2 Élément primaire

L'élément primaire d'un débitmètre électromagnétique se compose des dispositifs suivants: des bobines, un noyau en matériau ferromagnétique, un tube de mesure au travers duquel s'écoule le liquide et des électrodes. L'élément primaire peut renfermer un circuit de dérivation du signal de référence.

La figure 3 représente une vue éclatée d'un élément primaire de type industriel. Les bobines et le noyau sont montés de manière à engendrer un champ magnétique. Le tube de mesure est en matériau non magnétique, du type matière plastique, céramique, aluminium, laiton ou acier inoxydable non magnétique. Les tubes métalliques sont garnis d'un revêtement isolant pour empêcher que le métal ne court-circuite le signal des électrodes. Ce revêtement peut être en verre, en élastomère, en matière plastique, en céramique, etc. (Voir annexe A.) Les matériaux choisis pour le revêtement et les électrodes doivent être compatibles avec le liquide à mesurer.

Il existe aussi d'autres réalisations particulières comportant, par exemple, une enveloppe en acier moulé à revêtement interne et des bobines internes également isolées. Le raccordement de l'élément primaire aux tuyauteries adjacentes de l'installation principale est généralement assuré par des brides, mais il existe également dans les petites tailles des débitmètres sans bride.

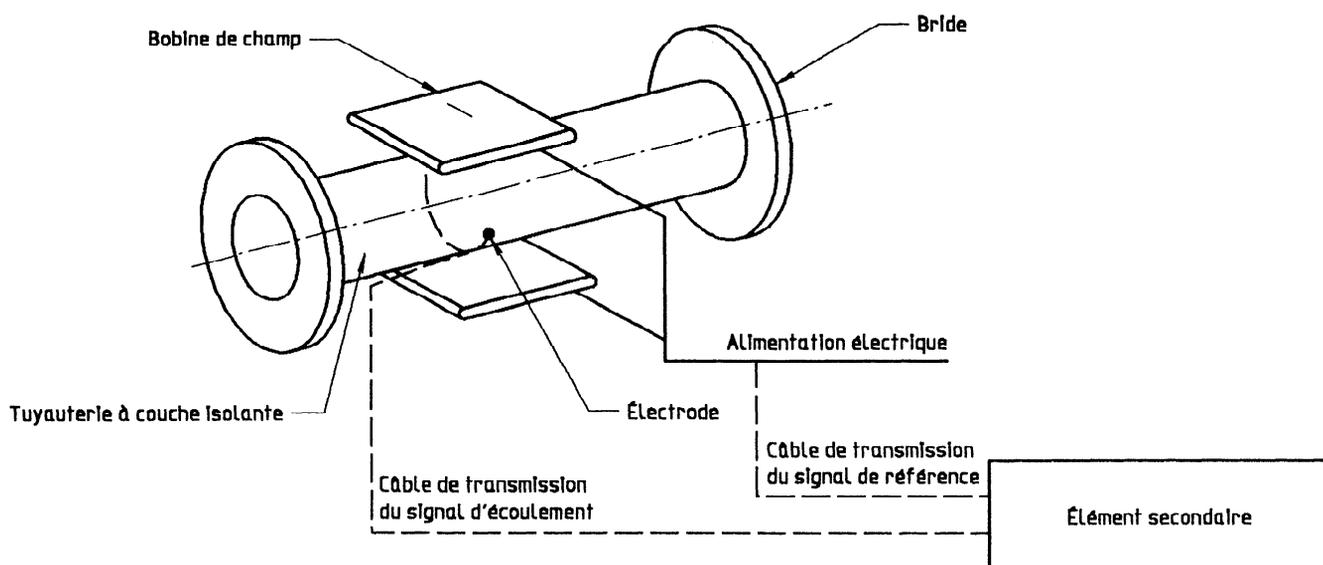
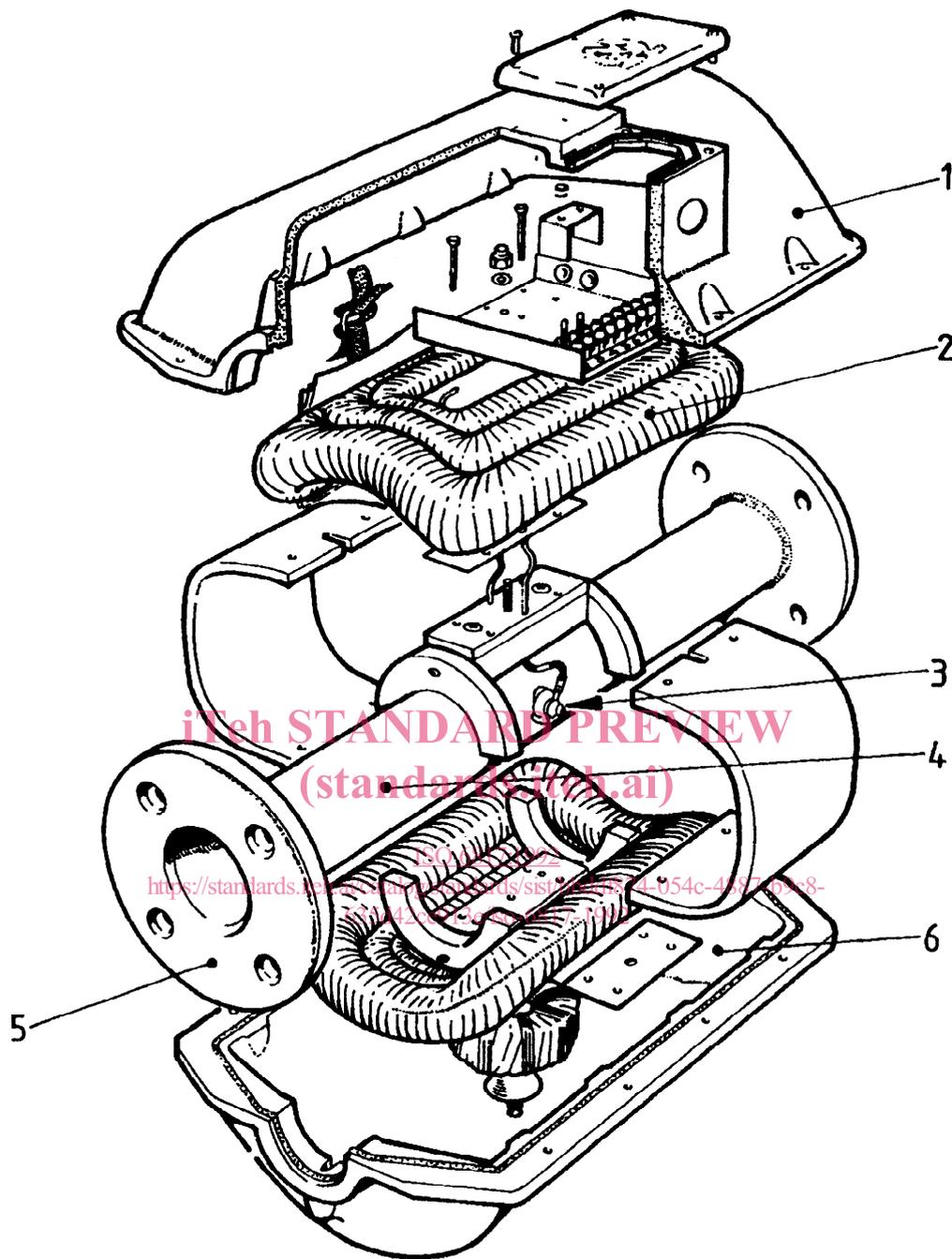


Figure 2 — Éléments d'un débitmètre électromagnétique industriel



### Légende

- 1 Enveloppe supérieure
- 2 Bobine
- 3 Électrodes
- 4 Tube de mesure
- 5 Revêtement intérieur
- 6 Enveloppe inférieure

Figure 3 — Vue éclatée de l'élément primaire d'un débitmètre électromagnétique

Les bobines produisant le champ magnétique peuvent être alimentées soit à partir du réseau monophasé usuel, soit par tout autre moyen. Les bobines sont soit montées à l'extérieur, soit intégrées à la tuyauterie; dans ce dernier cas, celle-ci peut être en matériau magnétique.

Les bobines de l'élément primaire d'un débitmètre électromagnétique de type industriel peuvent être alimentées

- soit par un courant alternatif,
- soit par un courant continu.

Un débitmètre à courant continu pulsé est un appareil dans lequel le bobinage de champ de l'élément primaire est alimenté par une source de courant pulsatoire. Le débitmètre échantillonne le signal sous un champ magnétique nul, règle le zéro, mais ne différencie pas les autres signaux parasites.

Des indications générales sur divers aspects de l'élément primaire sont données en 7.1 et ses caractéristiques physiques sont étudiées en annexe A.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

### 6.3 Élément secondaire

Les fonctions de l'élément secondaire sont les suivantes:

- a) amplifier et traiter le signal d'électrode et le signal de référence pour obtenir un signal de sortie proportionnel au débit;
- b) éliminer, autant que possible, les effets des forces électromotrices parasites, et en particulier les signaux en quadrature et les tensions de mode commun;
- c) compenser, si nécessaire, les variations de tension d'alimentation et de fréquence;
- d) compenser ou minimiser les variations d'intensité de champ magnétique dans l'élément primaire. Ce facteur est important car il affecte directement la répétabilité de la tension au niveau des électrodes de mesure.

La compensation se fait par les moyens suivants:

- a) amplificateur à compensation de gain dans lequel le gain est proportionnel à la fréquence d'alimentation et inversement proportionnel à la tension d'alimentation;
- b) système dont le signal de sortie est proportionnel au rapport du signal de débit au signal de référence découlant du courant de champ. À un

débit donné, les deux signaux peuvent varier avec la tension et la fréquence d'alimentation mais leur rapport demeure constant;

- c) système où le courant de champ est stabilisé.

Dans les ensembles dont les bobines sont alimentées par un courant non régulé, l'élément secondaire mesure le rapport  $V/B$  (voir article 5). Des tensions autres que celles correspondant au signal de débit ( $V$ ) peuvent être recueillies par les fils des électrodes. Ces tensions peuvent être produites par la variation du flux traversant la boucle formée par les fils des électrodes, les électrodes et le liquide baignant ces dernières (effet de transformateur). Ces signaux présentent un déphasage d'environ  $90^\circ$  par rapport au signal de débit. La partie déphasée de  $90^\circ$  est dite «en quadrature», tandis que l'autre partie est dite «en phase». La composante en phase est annulée en l'absence de débit durant l'installation initiale, à moins que les appareils ne comportent un dispositif qui assure automatiquement cette fonction.

Si le courant des bobines est régulé, on peut considérer que le champ magnétique est constant et il suffit de mesurer le signal d'électrode. Si le courant des bobines n'est pas régulé, l'élément secondaire peut utiliser, afin de compenser les variations du champ magnétique, un signal de référence élaboré à partir de l'élément primaire. Ce signal de référence peut être obtenu à partir de la tension d'alimentation, du courant d'alimentation, de la densité de flux dans le fer ou dans l'entrefer.

Dans les ensembles alimentés par courant continu pulsé, la valeur de crête à crête des signaux d'électrode ( $V_p + V_n$ ) est, dans les conditions idéales ou les conditions de référence, proportionnelle à la vitesse de l'écoulement dans la tuyauterie, et  $V_p$  est par ailleurs égal à  $V_n$  [voir figure 4a)], où  $V_p$  est le signal positif et  $V_n$  le signal négatif.

Dans la pratique, si le zéro ou le signal à débit nul est décalé dans le sens positif d'une valeur  $V_e$ , le signal positif devient ( $V_p + V_e$ ) et le signal négatif ( $V_n - V_e$ ) [voir figure 4b)]. La valeur globale du signal d'électrode est donc ( $V_p + V_n$ ) et le décalage du zéro est ainsi éliminé. La même chose se passe si le décalage s'effectue dans le sens négatif.

L'ensemble élimine donc les erreurs de zéro de façon automatique à tout moment et il n'est généralement pas nécessaire de régler le zéro ni au démarrage, ni à la mise en service, ni à un moment quelconque du fonctionnement.

Des indications générales sur le fonctionnement et l'installation des éléments secondaires sont données en 7.2.

#### 6.4 Signal de sortie de l'élément secondaire

Le signal de sortie peut être

- un courant continu analogique, selon la CEI 381-1;
- une tension analogique continu, selon la CEI 381-2;
- un signal de sortie en fréquence sous forme d'impulsions calibrées ou non;
- un signal numérique.

#### 6.5 Influence de la conductivité du liquide

Si la conductivité électrique du liquide est uniforme dans la section de mesure du débitmètre, la distribution du champ électrique est indépendante de cette conductivité et, donc, le signal de sortie en est généralement indépendant aussi. Des indications minimales sur la conductivité en service doivent être fournies par les constructeurs.

L'impédance interne de l'élément primaire dépend évidemment de la conductivité du liquide et, par

conséquent, des variations importantes de l'impédance peuvent introduire des erreurs dans le signal de sortie. De même, si la conductivité n'est pas uniforme dans le débitmètre, des erreurs peuvent en résulter. Un fluide non homogène contenant des petites particules en suspension uniformément réparties peut être considéré comme un liquide homogène.

Le dépôt de couches conductrices en surface du revêtement intérieur peut également engendrer des erreurs.

#### 6.6 Influence du nombre de Reynolds

Pour les débitmètres électromagnétiques industriels, l'effet du nombre de Reynolds est si faible qu'il est négligeable dans les applications pratiques.

#### 6.7 Influence du profil des vitesses

Le montage d'éléments auxiliaires de tuyauterie (coudes, robinets, réducteurs, etc.) en amont ou en aval du débitmètre peut engendrer des déformations du profil des vitesses. Les répartitions de vitesse qui en résultent peuvent avoir une influence sur les performances du débitmètre.

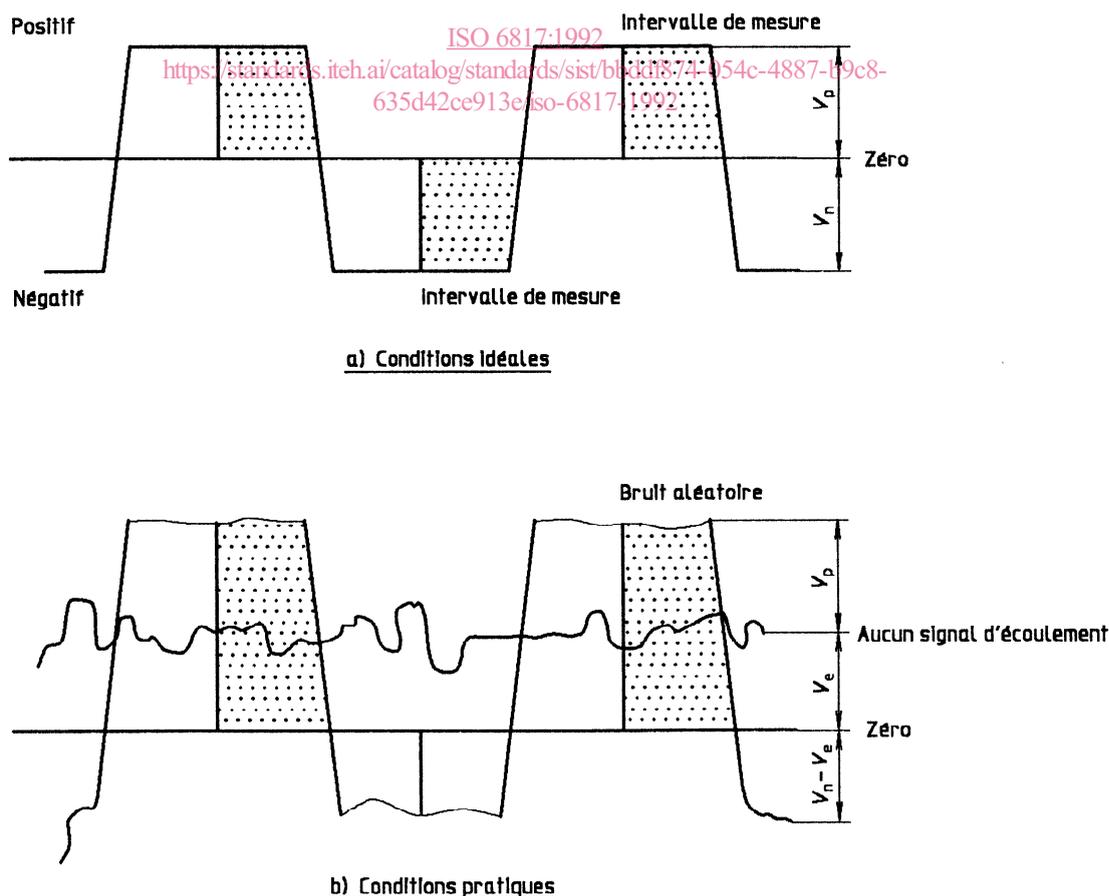


Figure 4 — Principe d'un appareillage à courant continu pulsé (bipolaire)