

---

Norme internationale



7278/3

---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

**Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique —  
Systèmes d'étalonnage pour compteurs volumétriques —  
Partie 3 : Techniques d'interpolation des impulsions**

*Liquid hydrocarbons — Dynamic measurement — Proving systems for volumetric meters — Part 3 : Pulse interpolation techniques*

Première édition — 1986-06-15

---

CDU 665.7 : 681.121 : 53.089.68

Réf. n° : ISO 7278/3-1986 (F)

Descripteurs : produit pétrolier, hydrocarbure, écoulement de liquide, débitmètre, essai, essai dynamique, mesurage de débit.

## 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 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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 7278/3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 28, *Produits pétroliers et lubrifiants*.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

# Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Systèmes d'étalonnage pour compteurs volumétriques — Partie 3 : Techniques d'interpolation des impulsions

## 0 Introduction

L'utilisation de tubes étalons pour l'étalonnage des compteurs à sorties impulsionnelles nécessite l'acquisition d'un nombre minimal d'impulsions durant le temps d'étalonnage. Le nombre d'impulsions que peut générer un compteur par unité de volume de produit le traversant est souvent limité; aussi dans de nombreuses applications, doit-on trouver des moyens pour augmenter la résolution du compteur.

Pour résoudre ce problème, on peut traiter le signal généré par le compteur de façon à en augmenter la résolution. Cette technique d'augmentation de la résolution du compteur est connue sous le nom de méthode d'«interpolation des impulsions».

La présente partie de l'ISO 7278 se rapporte initialement aux tubes étalons, mais il n'est pas prévu de limiter, en quelque manière que ce soit, le développement futur des diverses méthodes d'interpolation, à cette application ou à d'autres.

## 1 Objet et domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7278 spécifie les modes opératoires et conditions d'utilisation à observer si la méthode d'interpolation des impulsions est utilisée en association avec un tube étalon et un compteur turbine ou un compteur volumétrique à chambre mesureuse de bonne linéarité intra-rotative afin d'améliorer la résolution de l'étalonnage. Elle ne s'applique pas aux autres moyens d'étalonnage ou à d'autres types de compteurs pour lesquels ces méthodes ou d'autres méthodes d'interpolation peuvent être utilisées. Elle ne s'applique pas nécessairement aux compteurs équipés d'accessoires qui surimposent une variation cyclique à la sortie du compteur tels que des dispositifs de compensation de la température ou d'étalonnage.

La présente partie de l'ISO 7278 décrit les trois méthodes les plus couramment utilisées et leurs conditions d'utilisation. Elle décrit également le matériel et les modes opératoires d'essai permettant le contrôle du bon fonctionnement du système d'interpolation utilisé.

## 2 Références

ISO 2714, *Hydrocarbures liquides — Mesurage volumétrique au moyen des compteurs à chambre mesureuse autres que ceux des ensembles de mesurages routiers.*

ISO 2715, *Hydrocarbures liquides — Mesurage volumétrique au moyen de compteurs à turbine.*

ISO 4267/2, *Pétrole et produits pétroliers liquides — Mesurage dynamique — Partie 2 : Calcul des quantités de produits pétroliers.*<sup>1)</sup>

ISO 6551, *Hydrocarbures liquides et gazeux — Fidélité et sûreté du mesurage dynamique — Systèmes de transmission de données par câbles sous forme d'impulsions électriques et/ou électroniques.*

ISO 7278/1, *Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Systèmes d'étalonnage pour compteurs volumétriques — Partie 1 : Principes généraux.*<sup>1)</sup>

ISO 7278/2, *Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique — Systèmes d'étalonnage pour compteurs volumétriques — Partie 2 : Tubes étalons.*<sup>1)</sup>

## 3 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables.

**3.1 horloge :** Dispositif produisant une fréquence stable, dont la période sert de référence (étalonnée) aux mesurages de temps.

**3.2 signal du détecteur :** Fermeture de contact ou tension qui démarre ou arrête l'appareil indicateur.

**3.3 résolution :** Qualité qui caractérise la capacité d'un instrument de mesure à réagir à de petites variations de la quantité mesurée.

**3.4 front descendant :** Passage du niveau haut au niveau bas d'un signal impulsionnel.

**3.5 front montant :** Passage du niveau bas au niveau haut d'un signal impulsionnel.

**3.6 compteur statique :** Compteur dont l'élément de mesure n'a pas de parties mobiles. De tels compteurs sont, par exemple, des compteurs à vortex, à ultrasons ou électromagnétiques. Leur signal de sortie est issu d'une caractéristique qui est proportionnelle au débit.

1) Actuellement au stade de projet.

**3.7 compteur dynamique :** Compteur dont l'élément de mesure a un ou plusieurs éléments en mouvement. De tels compteurs sont, par exemple, des compteurs turbines et des compteurs volumétriques (à chambre mesureuse). Leur signal de sortie est issu du déplacement angulaire continu d'un équipement qui est actionné par le débit.

**3.8 détecteur de phase :** Circuit électronique qui détecte une différence de phase entre deux tensions analogiques ou deux impulsions.

**3.9 générateur d'oscillations en dents de scie :** Circuit électronique dont la tension de sortie varie linéairement avec le temps.

**3.10 répétabilité (d'un instrument de mesure) :** Aptitude d'un instrument de mesure à fournir, dans des conditions d'utilisation définies, des réponses étroitement semblables lors d'applications répétées d'un même stimulus.

NOTE — Les conditions définies d'utilisation sont généralement les suivantes :

- répétition dans un bref intervalle de temps;
- utilisation au même endroit dans des conditions ambiantes constantes;
- réduction au minimum des variations imputables à l'observateur.

## 4 Principes

### 4.1 Généralités

Les points suivants sont applicables lorsque l'une quelconque des trois méthodes décrites dans la présente Norme internationale est utilisée.

- a) L'utilisation des méthodes d'interpolation repose sur l'hypothèse qu'il n'y a pas de variation significative de la fréquence des impulsions. Toute variation de fréquence due au débit ou particulièrement à une non-linéarité de rotation (voir chapitre 6) entachera la précision proportionnellement à la réduction du volume d'épreuve.
- b) Le nombre interpolé d'impulsions,  $n'$ , décrit en 4.2, 4.3 et 4.4, ne sera pas nécessairement un nombre entier.

### 4.2 Méthode du double chronométrage

Le principe de cette méthode est indiqué sur la figure 1. Il consiste à recueillir dans un compteur le nombre total entier d'impulsions,  $n$ , délivré par le compteur pendant un étalonnage, et à mesurer deux intervalles de temps.

- a)  $T_1$ , (i) l'intervalle de temps entre la première impulsion du compteur suivant le premier signal du détecteur et la première impulsion du compteur suivant le dernier signal du détecteur, ou bien (ii) l'intervalle de temps entre la première impulsion du compteur précédant le premier signal du détecteur et la première impulsion du compteur précédant le dernier signal du détecteur.

b)  $T_2$ , l'intervalle de temps entre le premier et le dernier signal du détecteur. L'un ou l'autre des fronts montant ou descendant de ces signaux peut être utilisé. Il convient cependant de conserver pour la mesure toujours le même front. Le nombre interpolé d'impulsions est alors donné par

$$n' = n \frac{T_2}{T_1}$$

### 4.3 Méthode du quadruple chronométrage

Le principe de cette méthode est indiqué sur la figure 2. Il consiste à recueillir dans un compteur le nombre total entier d'impulsions,  $n$ , délivré par le compteur pendant un étalonnage, et à mesurer quatre intervalles de temps.

- a)  $t_1$ , l'intervalle de temps entre le premier signal du détecteur et la première impulsion du compteur suivant ce signal.
- b)  $t_2$ , (i) l'intervalle de temps entre la première impulsion et la seconde impulsion du compteur suivant le premier signal du détecteur, ou bien (ii) l'intervalle de temps entre la dernière impulsion du compteur précédant le premier signal du détecteur et la première impulsion du compteur se produisant après lui.
- c)  $t_3$ , l'intervalle de temps entre le second signal du détecteur et la première impulsion du compteur suivant ce signal.
- d)  $t_4$ , (i) l'intervalle de temps entre l'impulsion du compteur suivant immédiatement le second signal du détecteur et l'impulsion suivante du compteur, ou bien (ii) l'intervalle de temps entre la dernière impulsion du compteur précédant le second signal du détecteur et la première impulsion du compteur se produisant après lui.

[Si l'alternative (i) est utilisée en b), elle doit également l'être en d), et si l'alternative (ii) est utilisée en b), elle doit également l'être en d).]

Le nombre d'impulsions complètes,  $n$ , dans la numération principale d'impulsions est compté normalement par un compteur piloté par les signaux du détecteur. L'un ou l'autre des fronts montant ou descendant de ces signaux peut être utilisé pour piloter les chronomètres supplémentaires, afin de déterminer les temps  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_4$ . Il convient cependant de conserver pour la mesure toujours le même front.

Le nombre interpolé d'impulsions,  $n'$ , entre les signaux du détecteur est alors

$$n' = n + \frac{t_1}{t_2} - \frac{t_3}{t_4}$$

### 4.4 Méthode de la boucle à verrouillage de phase

Le principe de cette méthode est indiqué sur la figure 3. Les impulsions issues du compteur sont introduites à l'entrée 1 d'un comparateur de phase, et le signal de sortie est envoyé dans un oscillateur commandé par tension (VCO) qui génère des impulsions de plus haute fréquence proportionnelles à sa tension d'entrée.

Le signal de sortie du VCO est aussi réintroduit dans l'entrée 2 du comparateur de phase, par l'intermédiaire d'un diviseur de fréquence où la fréquence des impulsions est diminuée par le diviseur  $R$ . La tension de sortie du comparateur de phase est proportionnelle à la différence en phase ou fréquence entre ses deux entrées, de telle sorte que la fréquence de sortie du VCO est continuellement asservie afin d'assurer que la fréquence et la phase des deux entrées soient identiques. Le choix du diviseur de fréquence,  $R$ , détermine ainsi le diviseur d'interpolation des impulsions. Le nombre d'impulsions multipliées,  $n^*$ , recueillies pendant le temps  $T$  d'étalonnage, est divisé par le diviseur  $R$  pour obtenir le nombre interpolé d'impulsions,  $n'$ , soit :

$$n' = \frac{n^*}{R}$$

Pour parvenir à un asservissement précis, il est nécessaire de filtrer la sortie du comparateur de phase pour éviter de brusques variations du VCO. Ce filtre, normalement du type simple RC, a la propriété de conserver momentanément en mémoire la tension requise par le VCO pour continuer à délivrer  $R$  fois la fréquence du compteur entre chaque comparaison de phase.

## 5 Conditions d'utilisation

### 5.1 Généralités

Les considérations suivantes s'appliquent en général à toutes les méthodes d'interpolation des impulsions décrites dans la présente Norme internationale.

#### a) Résolution

La résolution du système d'interpolation doit dans tous les cas être meilleure que  $0,0001 n$ .

#### b) Nombre de chiffres significatifs pour $n'$

Comme établi en 4.1 b), le nombre  $n'$  ne sera pas nécessairement un nombre entier. Cependant, pour les méthodes de chronométrage conduisant à un résultat fractionnaire, il y aura une limite pratique sur le nombre de décimales pour  $n'$  puisque l'amélioration due à l'interpolation des impulsions est limitée. En pratique,  $n'$  doit être arrondi à cinq chiffres significatifs, ni plus ni moins.

#### c) Réaction aux variations de débit

Les méthodes d'interpolation des impulsions sont basées sur l'hypothèse d'un débit stable pendant la durée de l'étalonnage. Afin de maintenir la stabilité du débit, les fluctuations de courte durée de débit durant l'opération d'étalonnage doivent être inférieures à  $\pm 10\%$  du débit moyen.

NOTE — Le matériel d'interpolation des impulsions est essayé dans une situation de variation simulée de débit (voir 7.3) afin de démontrer son bon fonctionnement en présence de telles fluctuations.

#### d) Immunité aux interférences électriques

Pour éviter de compter des impulsions parasites pendant la durée de l'étalonnage, le matériel utilisé doit être protégé des interférences électriques (voir 7.4). En particulier, le rapport signal sur bruit doit être suffisamment élevé.

## 5.2 Méthode du double chronométrage

### 5.2.1 Résolution

Pour obtenir une résolution meilleure que  $\pm 0,01\%$ , la durée de l'essai, c'est-à-dire le temps  $T_2$  (voir figure 1), doit être au moins 20 000 fois plus grande que la durée de référence  $t_c$  de l'horloge (c'est-à-dire la réciproque de la fréquence de l'horloge) utilisée pour mesurer les intervalles de temps, soit :

$$T_2 > 20\,000 t_c$$

soit :

$$\frac{n}{f_m} > \frac{20\,000}{f_c}$$

et par conséquent

$$f_c > \frac{20\,000}{n} f_m$$

où

$f_m$  est la fréquence maximale des impulsions générées par le compteur;

$f_c$  est la fréquence de l'horloge;

$n$  est le nombre d'impulsions recueillies durant l'essai d'étalonnage.

## 5.3 Méthode du quadruple chronométrage

### 5.3.1 Résolution

Pour obtenir la résolution requise, meilleure que  $\pm 0,01\%$ , le temps entre les signaux arithmiques du détecteur doit être au moins 40 000 fois plus grand que la période de référence de l'horloge utilisée pour mesurer les quatre intervalles de temps. Donc

$$f_c > \frac{40\,000}{n} f_m$$

où  $f_c$ ,  $f_m$  et  $n$  ont les mêmes significations qu'en 5.2.1.

## 5.4 Méthode de la boucle à verrouillage de phase

### 5.4.1 Étendue de fréquence (verrouillage)

L'étendue de fréquence de l'appareil doit toujours être plus grande et encadrer celle du compteur à essayer. Une étendue minimale de fréquence de 100 : 1 est recommandée pour le système.

### 5.4.2 Diviseur d'interpolation des impulsions

Le(s) diviseur(s) d'interpolation des impulsions doit (doivent) être pré-réglé(s) par le constructeur et l'accès au(x) réglage(s) doit être protégé par un plomb ou autre moyen de sécurité.

### 5.4.3 Résolution

Pour obtenir une résolution meilleure que  $\pm 0,01\%$ , le nombre d'impulsions  $n^*$  doit être supérieur ou égal à 10 000.

## 6 Conditions requises du compteur

### 6.1 Généralités

Le compteur en cours d'étalonnage qui délivre les impulsions au système d'interpolation doit répondre aux caractéristiques établies dans le présent chapitre, si l'on ne doit pas dépasser l'incertitude globale du système.

Dans un compteur idéal fonctionnant à débit constant, les impulsions émises seront séparées par des intervalles de temps exactement égaux. En pratique cependant, il est possible que l'espacement des impulsions soit quelque peu irrégulier, du fait de la non-linéarité intra-rotative des compteurs dynamiques et de fluctuations aléatoires se produisant dans les compteurs fluidiques et à mouvement tourbillonnaire.

De telles irrégularités réduiront la précision du système d'interpolation des impulsions. Certains systèmes d'interpolation des impulsions sont plus sensibles que d'autres aux irrégularités d'espacement des impulsions, mais aucun n'y échappe. Plus grande est l'irrégularité plus il est nécessaire de recueillir d'impulsions au cours d'un essai d'étalonnage, si l'on souhaite éviter de graves erreurs. Les effets ne sont pas assez connus à l'heure actuelle pour pouvoir leur appliquer des règles obligatoires, mais on considère que, si l'on se conforme aux indications ci-après, il est probable que les erreurs dues à un espacement irrégulier des impulsions soient peu significatives.

| Degré d'irrégularité dans l'espacement des impulsions<br>% | Nombre minimal souhaitable d'impulsions à recueillir durant un essai d'étalonnage |
|--|---|
| ± 1  | 100   |
| ± 2  | 200   |
| ± 5  | 500   |
| ± 10   | 1 000   |
| ± 20   | 2 000   |
| ± 30   | 3 000   |

### 6.2 Mise en forme du signal

L'importance et la forme du signal produit par le compteur doivent convenir au système d'interpolation des impulsions. Si le signal ne présente pas une forme adaptée au système considéré, il doit être amplifié et/ou mis en forme avant de passer dans le système d'interpolation.

## 7 Essais de l'équipement

### 7.1 Généralités

Le système d'interpolation des impulsions doit être essayé et un rapport doit être soumis conformément au chapitre 8 avant d'utiliser le système à des opérations d'étalonnage. Les vérifications indiquées dans les paragraphes suivants doivent être appliquées quelle que soit une des trois méthodes, décrites précédemment, à utiliser. Les essais ont pour objet de vérifier la validité de l'équipement du système d'interpolation eu égard au diviseur du système d'interpolation, de sa réponse à une fréquence (ou un débit) donné(e) et au taux de variation de fréquence (ou de débit). Les vérifications doivent inclure une série

d'essais d'environnement au cours desquels on fait varier la température et l'humidité ambiantes dans un intervalle susceptible d'être rencontré en pratique; il convient également d'effectuer des essais au cours desquels on fait varier la tension d'alimentation.

Les essais de l'équipement peuvent toujours être effectués en utilisant les impulsions générées par un ou plusieurs compteurs à différents débits, et les signaux des détecteurs du tube étalon.

### 7.2 Circuit d'essai

Un schéma fonctionnel du circuit d'essai est indiqué sur la figure 4. Un générateur d'impulsions dont la fréquence est déterminée par un oscillateur commandé par tension (VCO) délivre deux sorties dont les fréquences varient selon un facteur programmé au niveau d'un diviseur réglable.

Un train d'impulsions de fréquence  $F$  attaque un compteur de référence A commandé par un circuit combinatoire arithmique. L'autre train d'impulsions de fréquence  $F/R$  attaque l'unité d'interpolation des impulsions soumise à l'essai, qui est elle aussi commandée par des signaux arithmiques du détecteur. Une commande permet de remettre à zéro le compteur A et l'unité d'interpolation.

L'oscillateur commandé par tension du générateur d'impulsions permet de régler la fréquence  $F$ . Le générateur d'oscillations en dents de scie permet de changer la fréquence de  $\Delta F$ , et de faire varier  $\Delta F$  dans le temps selon le rapport  $d\Delta F/dr$ .

Une fois effectuée la remise à zéro des systèmes, les signaux arithmiques du détecteur doivent être délivrés en prévoyant un intervalle de temps suffisant pour accumuler au moins 10 000 impulsions dans le compteur A. Les indications du compteur A et celles de l'unité d'interpolation doivent coïncider à 0,01 % près pour la méthode de la boucle à verrouillage de phase. Dans le cas des méthodes de chronométrage, le compteur A doit indiquer ( $n' \times R$ ) à 0,01 % près.

### 7.3 Modalités de l'essai

L'essai doit être effectué, au minimum, sur trois points de l'étendue de fréquence requise — dans une plage de 5 % autour de la limite inférieure, dans une plage de 10 % autour du milieu de l'étendue de fréquence, et dans une plage de 5 % autour de la limite supérieure. Quand on dispose d'une gamme de diviseurs d'interpolation des impulsions, comme dans la technique utilisant une boucle à verrouillage de phase, le diviseur le plus petit et le diviseur le plus grand doivent être essayés ainsi qu'un diviseur situé en milieu d'échelle. Ces essais doivent être effectués dans un intervalle de temps donné, par exemple au début et à la fin de l'essai d'endurance (de fonctionnement continu) (voir ci-après).

Des essais supplémentaires doivent être effectués pour vérifier la réponse du système d'interpolation des impulsions aux variations de fréquence (ou de débit). Pour ce faire, un générateur d'oscillations en dents de scie, comme indiqué sur la figure 4, doit être utilisé pour fournir des variations de fréquence dans un intervalle de temps donné. Le taux de variation de fréquence du générateur d'oscillations en dents de scie doit être variable et les essais doivent être effectués en utilisant des variations de fréquence allant jusqu'à  $\pm 15$  % par rapport à la fréquence



moyenne. Ces variations de fréquence doivent être contrôlées aux valeurs basse, mi-échelle et haute de la fréquence moyenne. La période minimale de variations de fréquence doit être de 0,5 s.

Un essai d'endurance doit être effectué dans des conditions stables proches du milieu de l'étendue de fréquence. Cet essai doit durer au moins 72 h.

#### **7.4 Immunité au bruit électrique**

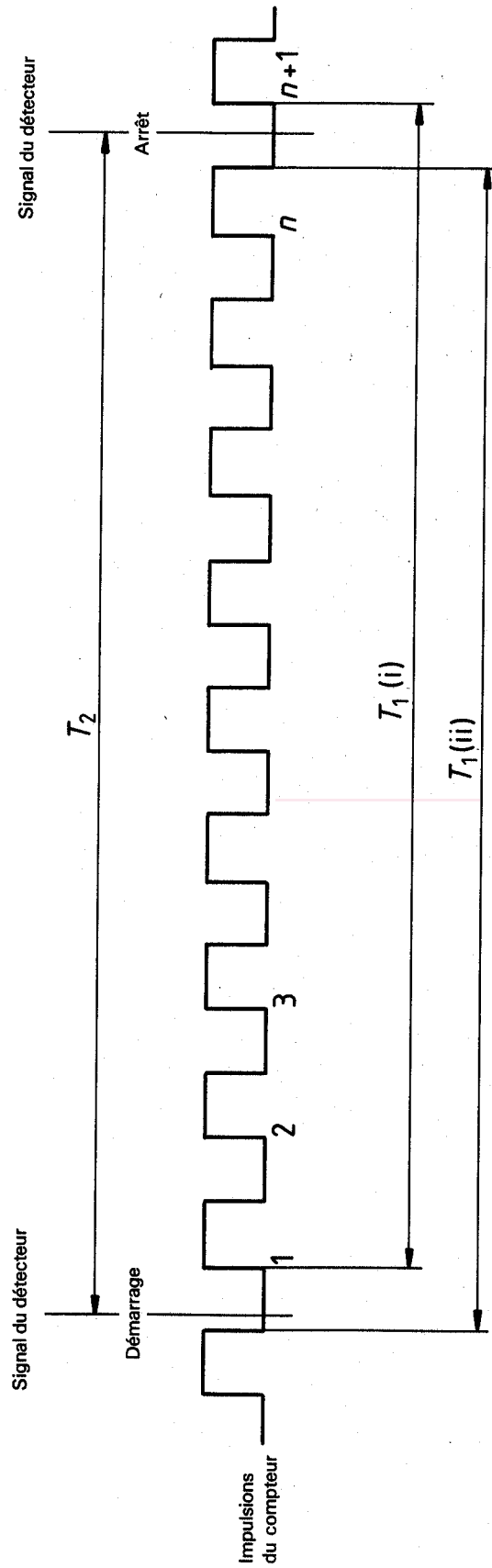
L'immunité du système d'interpolation des impulsions aux interférences électriques doit être vérifiée au moyen des modes opératoires d'essai spécifiés dans l'ISO 6551. Ces essais

doivent être effectués en même temps que les essais sur l'équipement décrits précédemment.

### **8 Marquage**

Lorsque tous les essais de l'équipement ont été menés à bien et que leurs résultats sont dans les limites spécifiées, un rapport doit être établi, mentionnant les informations suivantes :

- a) le numéro de la présente Norme internationale;
- b) la méthode d'interpolation des impulsions utilisée;
- c) l'étendue de fonctionnement en fréquence;
- d) la gamme des diviseurs d'interpolation des impulsions (le cas échéant).



Nombre interpolé d'impulsions,  $n' = n \frac{T_2}{T_1(i)}$  ou  $n' = n \frac{T_2}{T_1(ii)}$

Figure 1 -- Méthode du double chronométrage



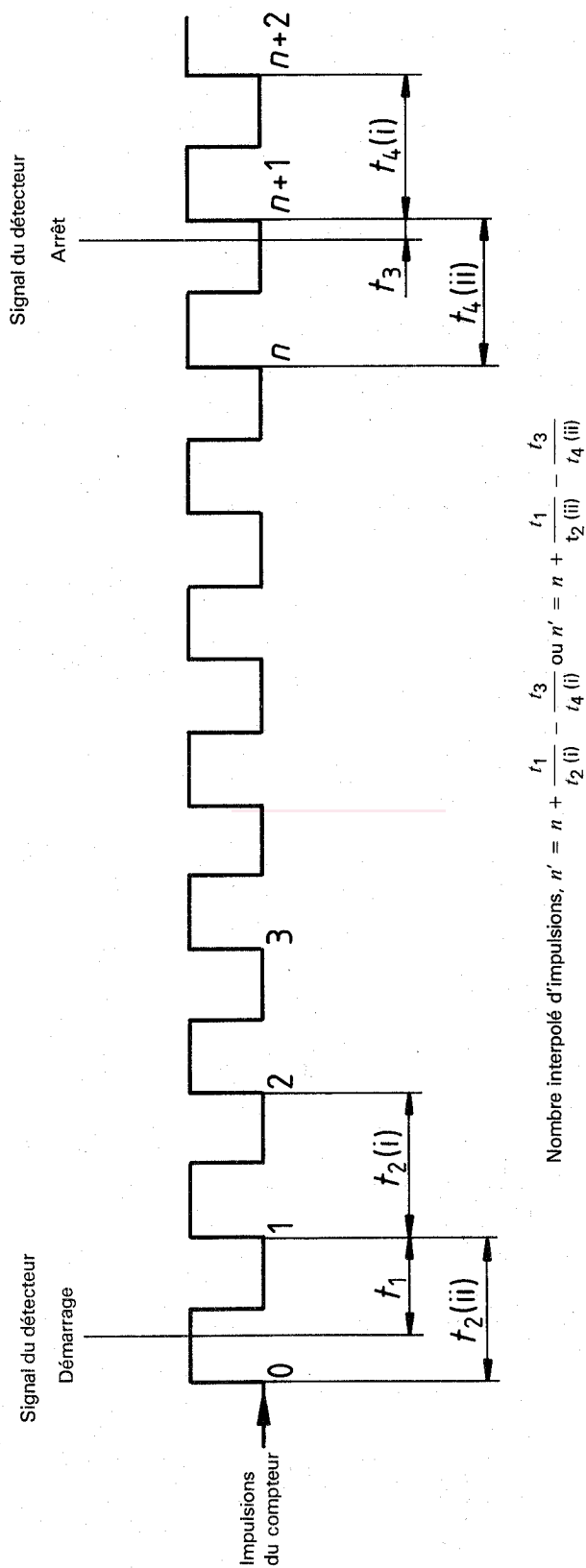


Figure 2 — Méthode du quadruple chronométrage

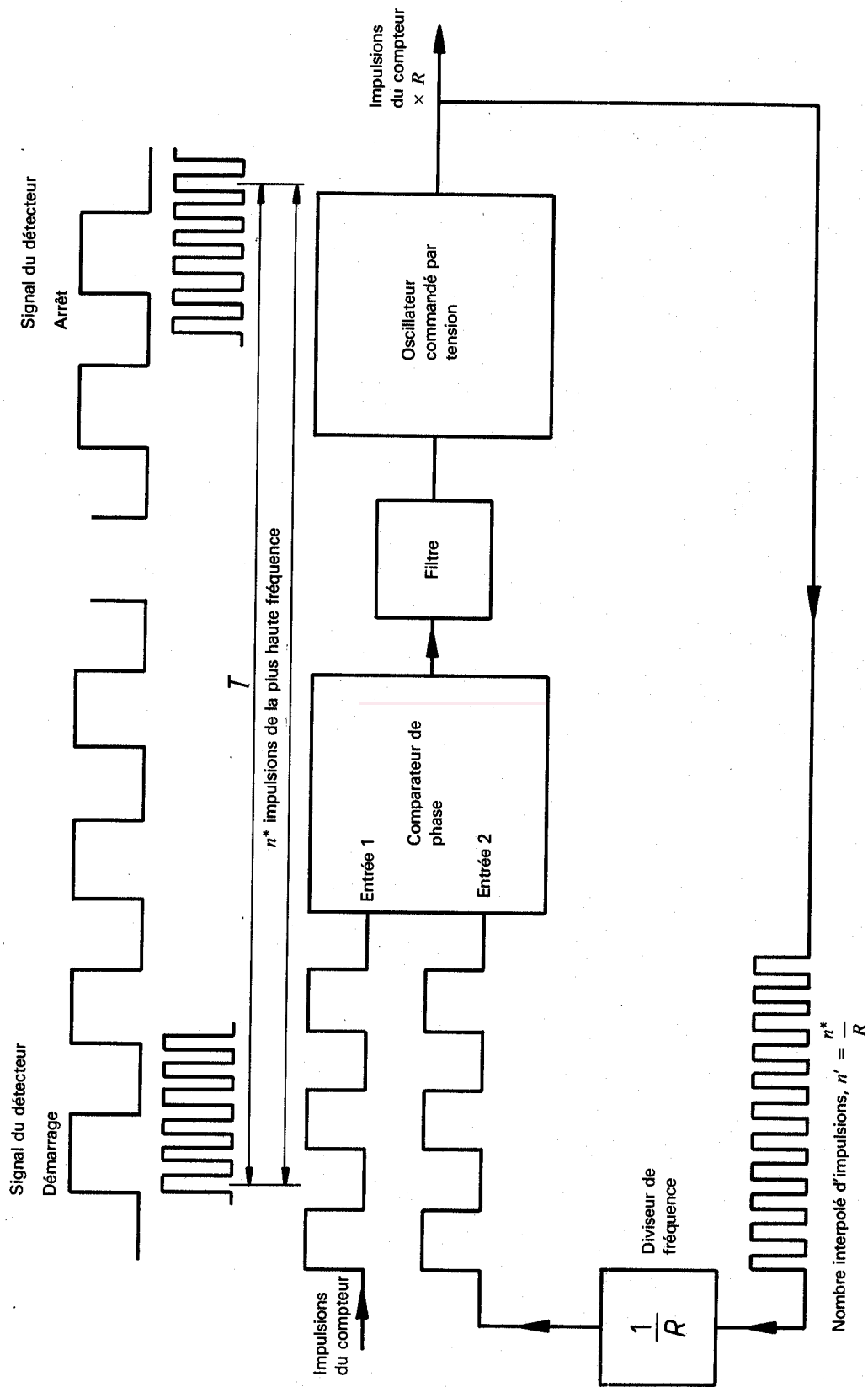


Figure 3 — Méthode de la boucle à verrouillage de phase