

---

---

**Peintures et vernis — Spectroscopie  
d'impédance électrochimique (SIE) sur  
des éprouvettes revêtues de haute  
impédance —**

Partie 4:

**Exemples de spectres d'éprouvettes  
revêtues de polymères**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Paints and varnishes — Electrochemical impedance spectroscopy (EIS)  
on high-impedance coated specimens —*

*Part 4: Examples of spectra of polymer-coated specimens*  
<https://standards.iteh.ai/en/standards/ISO/ISO-16773-4-2009>  
062e1dbfa302/iso-16773-4-2009



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

[ISO 16773-4:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d01b6f4-d072-4c6a-a6ed-062e1dbfa302/iso-16773-4-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d01b6f4-d072-4c6a-a6ed-062e1dbfa302/iso-16773-4-2009>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2009

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
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>iv</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Bases théoriques</b> .....	<b>1</b>
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Exemples types de spectres</b> .....	<b>5</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Composition de l'eau de pluie synthétique saturée</b> .....	<b>17</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>18</b>

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

[ISO 16773-4:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d01b6f4-d072-4c6a-a6ed-062e1dbfa302/iso-16773-4-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d01b6f4-d072-4c6a-a6ed-062e1dbfa302/iso-16773-4-2009>

## 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

L'attention est appelée 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.

L'ISO 16773-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 35, *Peintures et vernis*, sous-comité SC 9, *Méthodes générales d'essais des peintures et vernis*.

L'ISO 16773 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Peintures et vernis — Spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) sur des éprouvettes revêtues de haute impédance*:

- *Partie 1: Termes et définitions*
- *Partie 2: Recueil des données*
- *Partie 3: Traitement et analyse des données obtenues à partir de cellules test*
- *Partie 4: Exemples de spectres d'éprouvettes revêtues de polymères*

# Peintures et vernis — Spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) sur des éprouvettes revêtues de haute impédance —

## Partie 4:

## Exemples de spectres d'éprouvettes revêtues de polymères

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 16773 fournit des exemples types de spectres d'impédance d'éprouvettes de métal revêtues de haute impédance. Des recommandations d'interprétation sont également fournies.

### 2 Bases théoriques

#### 2.1 Considérations fondamentales

Une introduction fondamentale à la spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE), notamment concernant la corrosion, est fournie dans l'ASTM G106.

L'intention n'est pas de limiter l'interprétation des mesurages SIE aux modèles donnés ci-dessous. D'autres interprétations peuvent être justifiées. Le choix du modèle approprié nécessite d'autres considérations expérimentales et théoriques.

#### 2.2 Exemples de modèles

##### 2.2.1 Revêtement capacitif pur

En règle générale, un métal recouvert d'un revêtement intact a une impédance très élevée. Le circuit équivalent correspondant est représenté à la Figure 1.

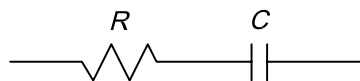
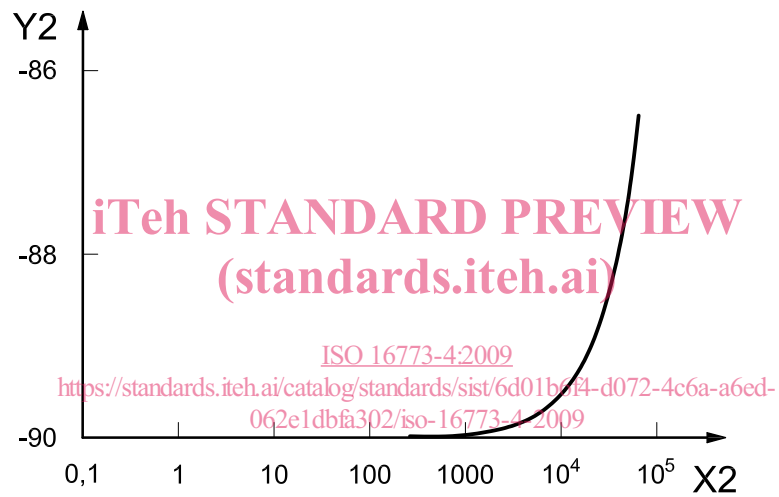
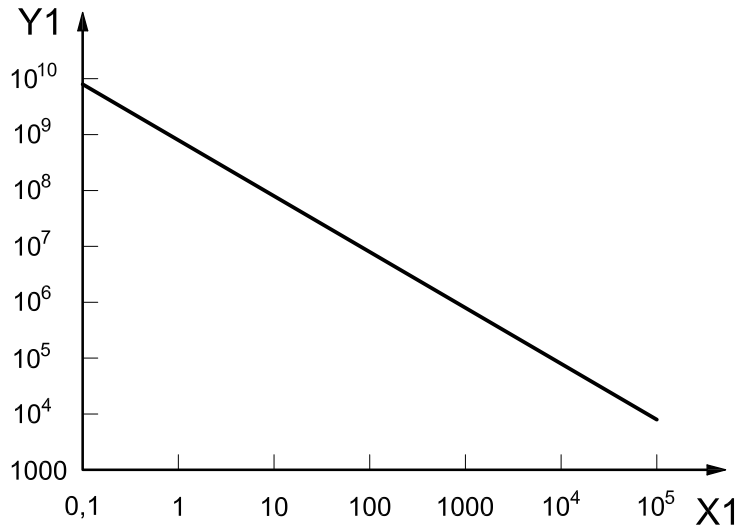


Figure 1 — Circuit équivalent d'un revêtement capacitif pur

Ce modèle est composé d'une résistance représentant la résistance,  $R$ , de la solution et d'un condensateur représentant la capacité,  $C$ , du revêtement, le tout monté en série.

En pratique, il arrive souvent que la résistance d'un revêtement parfait ne soit pas visible dans la plage de fréquences indiquée. Tout écart par rapport au graphique donné dans le diagramme de Bode à la Figure 2 indique qu'il s'agit d'un modèle simplifié ou des limites d'entrée du dispositif d'impédance (voir Annexe A de l'ISO 16773-2:2007).



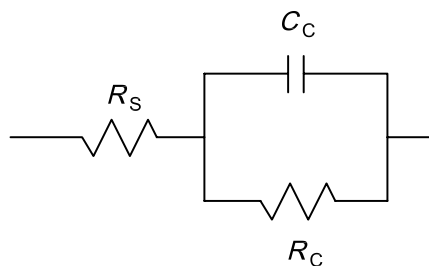
**Légende**

- X<sub>1</sub> fréquence  $f$ , en Hz
- Y<sub>1</sub> impédance  $Z$ , en  $\Omega$
- X<sub>2</sub> fréquence  $f$ , en Hz
- Y<sub>2</sub> angle de phase  $\varphi$ , en degrés

**Figure 2 — Diagramme de Bode d'un revêtement parfait**

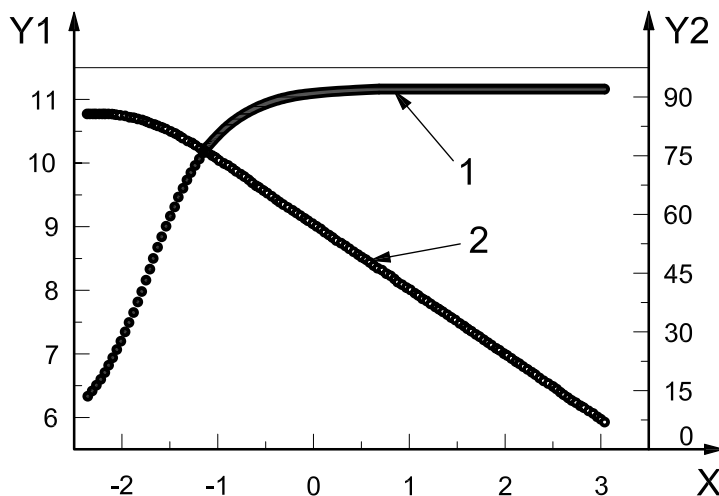
**2.2.2 Circuit équivalent de Randles**

Le circuit équivalent de Randles comprend une solution de résistance  $R_S$ , une capacité de revêtement  $C_C$  et la résistance ohmique du revêtement  $R_C$ . Ce circuit est représenté à la Figure 3.



**Figure 3 — Circuit équivalent de Randles**

Le diagramme de Bode d'un circuit équivalent de Randles est représenté à la Figure 4.



#### Légende

- X  $\log f$  ( $f$  en Hz)
- $Y_1$   $\log |Z|$  ( $Z$  en  $\Omega$ )
- $Y_2$   $|\varphi|$  (en degrés)
- 1 angle de phase  $\varphi$
- 2 impédance  $Z$

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**Figure 4 — Diagramme de Bode d'un circuit équivalent de Randles**  
 (standards.iteh.ai)

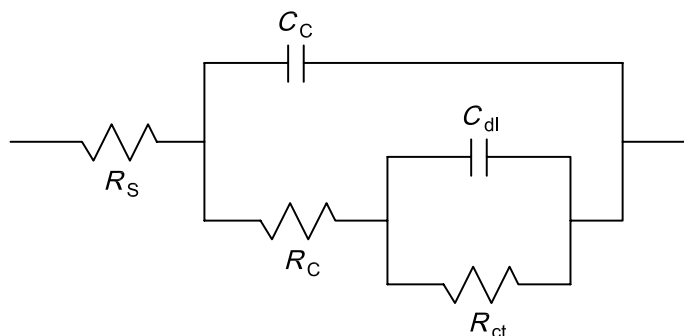
#### 2.2.3 Circuit équivalent de Randles étendu

ISO 16773-4:2009

Il est assez fréquent que les données expérimentales présentent des écarts systématiques par rapport au modèle de la Figure 3. Dans ce cas, la littérature montre qu'il est possible d'utiliser le modèle illustré à la Figure 5 pour obtenir une meilleure correspondance.

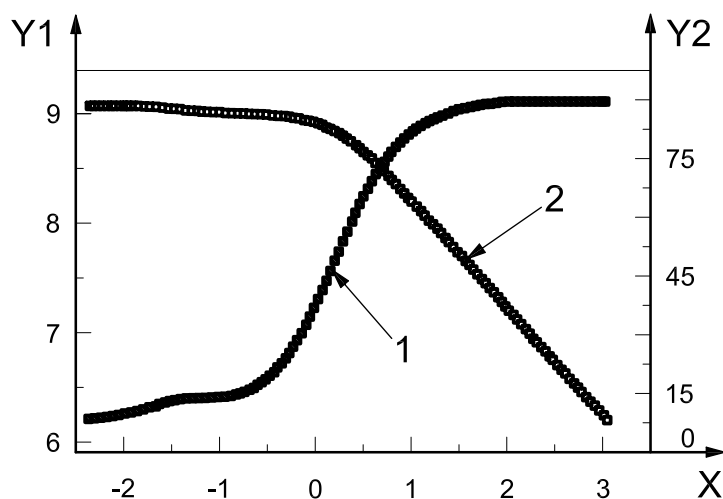
NOTE Ce modèle n'est pas nécessairement le plus adapté et d'autres modèles sont envisageables.

Dans le cas de revêtements de haute impédance, la résistance de transfert de charge  $R_{ct}$  et la capacité double couche  $C_{dl}$  du circuit de Randles étendu correspondent aux propriétés du revêtement plutôt qu'au processus de corrosion du métal sous-jacent.



**Figure 5 — Circuit équivalent de Randles étendu**

Le diagramme de Bode de la Figure 6 montre clairement la contribution apportée par ces deux éléments supplémentaires. Cette fois encore, le diagramme de Bode ne va pas assez haut dans les fréquences pour mesurer la résistance de la solution. Cela ne constitue pas un problème en pratique puisque la résistance de la solution est une propriété de la solution d'essai et de la géométrie des cellules d'essai, et non une propriété du revêtement.



**Légende**

X  $\log f$  (f en Hz)

Y<sub>1</sub>  $\log |Z|$  (Z en  $\Omega$ )

Y<sub>2</sub>  $|\varphi|$  (en degrés)

1 angle de phase  $\varphi$

2 impédance Z

Figure 6 — Diagramme de Bode d'un circuit équivalent de Randles étendu

(standards.iteh.ai)

ISO 16773-4:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d01b6f4-d072-4c6a-a6ed-062e1dbfa302/iso-16773-4-2009>



## Annexe A (informative)

### Exemples types de spectres

#### A.1 Généralités

Il s'agit d'un ensemble de spectres obtenus à partir de matériaux décrits brièvement dans l'article correspondant. Les exemples proviennent de plusieurs laboratoires utilisant une gamme d'équipements et de matériaux différents.

Cet ensemble n'implique pas que tous les matériaux mentionnés présentent nécessairement des spectres similaires ou que les spectres indiqués ici sont exempts d'erreurs expérimentales. Il n'est pas représentatif d'un éventail complet de matériaux de revêtement.

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

[ISO 16773-4:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d01b6f4-d072-4c6a-a6ed-062e1dbfa302/iso-16773-4-2009)

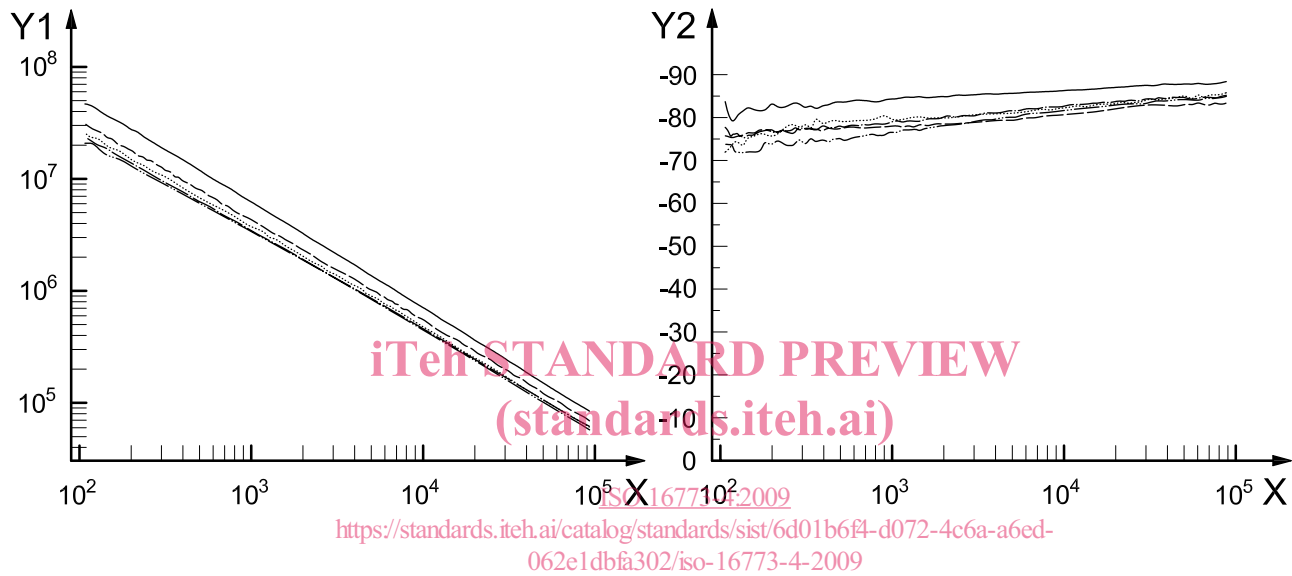
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6d01b6f4-d072-4c6a-a6ed-062e1dbfa302/iso-16773-4-2009>

**A.2 Exemple 1**

Cet exemple montre comment une épaisseur plus faible d'un matériau habituellement très garnissant peut être utilisée afin d'étudier l'influence de la durée d'immersion sur les mesurages SIE.

Revêtement époxy à deux composants, habituellement utilisé dans les constructions (maritimes) en acier, au-dessous et au-dessus du niveau de la mer. Application par pulvérisation sans air. EFS (épaisseur de feuille sec) selon les recommandations du fabricant: de 1 000 µm à 3 000 µm.

Les mesurages ont été effectués avec une couche de 200 µm EFS sur de l'acier, avec une surface de mesurage de 10 cm<sup>2</sup>, à une température de 21 °C, avec de l'eau de pluie synthétique saturée (voir Annexe B). Un montage à trois électrodes en position verticale, avec une électrode de référence Ag/AgCl saturée, a été utilisé. Les spectres ont été enregistrés après des durées d'immersion définies.



**Légende**

- X fréquence *f*, en Hz
- Y<sub>1</sub> module d'impédance |Z|, en Ω·cm<sup>2</sup>
- Y<sub>2</sub> angle de phase φ, en degrés
- t = 0 h
- - - t = 2 h
- ..... t = 24 h
- t = 168 h
- t = 503 h

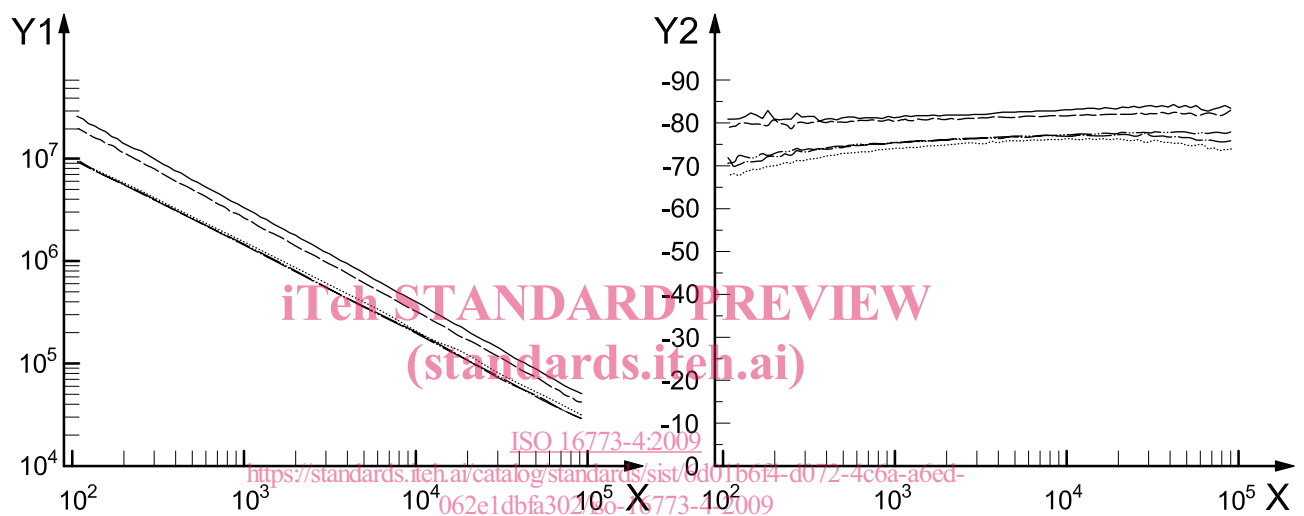
**Figure A.1 — Diagramme de Bode d'un matériau très garnissant en immersion**

### A.3 Exemple 2

Il s'agit d'un exemple de revêtement «surface tolérant» qui ne nécessite pas autant de traitements préalables de surface que dans l'exemple 1. Le dérouillage à l'aide d'outils mécaniques est généralement utilisé de préférence au grenailage.

Ce revêtement époxy à deux composants «surface tolérant», utilisé dans les constructions (maritimes) en acier, au-dessous et au-dessus du niveau de la mer, peut être appliqué sur de l'acier corrodé, de l'acier grenailé et sur d'anciennes couches de peintures (en bon état). L'application se fait par pulvérisation sans air ou classique, à la brosse ou au rouleau. EFS selon les recommandations du fabricant: de 100  $\mu\text{m}$  à 200  $\mu\text{m}$ .

Les mesurages ont été effectués avec une couche de 250  $\mu\text{m}$  EFS sur de l'acier, avec une surface de mesurage de 10  $\text{cm}^2$ , à une température de 21 °C, avec de l'eau de pluie synthétique saturée (voir Annexe B). Un montage à trois électrodes en position verticale, avec une électrode de référence Ag/AgCl saturée, a été utilisé. Les spectres ont été enregistrés après des durées d'immersion définies.



#### Légende

X fréquence  $f$ , en Hz

$Y_1$  module d'impédance  $|Z|$ , en  $\Omega \cdot \text{cm}^2$

$Y_2$  angle de phase  $\varphi$ , en degrés

- $t = 0$  h
- - -  $t = 2$  h
- .....  $t = 24$  h
- - - -  $t = 168$  h
- - - - -  $t = 502$  h

Figure A.2 — Diagramme de Bode d'un revêtement «surface tolérant» en immersion