
**Mesurage de la radioactivité dans
l'environnement — Air: radon 222 —**

Partie 3:

**Méthode de mesure ponctuelle de
l'énergie alpha potentielle volumique
de ses descendants à vie courte**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Measurement of radioactivity in the environment — Air:
radon-222 —*

*Part 3: Spot measurement method of the potential alpha energy
concentration of its short-lived decay products*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/60cc41c-108c-4d12-a4c1-6fb3628eb84d/iso-11665-3-2020>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11665-3:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b0ec44fc-f08c-4dfa-a4e1-6fb3628eb84d/iso-11665-3-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b0ec44fc-f08c-4dfa-a4e1-6fb3628eb84d/iso-11665-3-2020>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

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
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	1
3.1 Termes et définitions.....	1
3.2 Symboles.....	2
4 Principe de la méthode de mesure	3
5 Équipement	3
6 Prélèvement	4
6.1 Généralités.....	4
6.2 Objectif du prélèvement.....	4
6.3 Caractéristiques du prélèvement.....	4
6.4 Conditions du prélèvement.....	5
6.4.1 Généralités.....	5
6.4.2 Installation du système de prélèvement.....	5
6.4.3 Durée du prélèvement.....	5
6.4.4 Volume d'air prélevé.....	5
7 Méthode de détection	5
8 Mesurage	5
8.1 Mode opératoire.....	5
8.2 Grandeurs d'influence.....	6
8.3 Étalonnage.....	6
9 Expression des résultats	7
9.1 Généralités.....	7
9.2 Énergie alpha potentielle volumique.....	7
9.3 Incertitude-type.....	7
9.4 Seuil de décision.....	8
9.5 Limite de détection.....	9
9.6 Limites de l'intervalle de confiance.....	9
10 Rapport d'essai	9
Annexe A (informative) Exemples de protocoles de comptage alpha global	11
Annexe B (informative) Calcul des coefficients $k_{218_{p_o},j}$, $k_{214_{p_b},j}$ et $k_{214_{B_i},j}$	12
Annexe C (informative) Méthode de mesure utilisant un comptage alpha global selon la méthode de Thomas	16
Bibliographie	19

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).

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).

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.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires, et radioprotection*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 430, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires et protection radiologique*, du Comité européen de normalisation (CEN) conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 11665-3:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique.

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

- l'Introduction a été mise à jour;
- la Bibliographie a été mise à jour.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 11665 se trouve sur le site web de l'ISO.

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.

Introduction

Les isotopes 222, 219 et 220 du radon sont des gaz radioactifs produits par la désintégration des isotopes 226, 223 et 224 du radium, lesquels sont respectivement des descendants de l'uranium-238, de l'uranium-235 et du thorium-232, et sont tous présents dans l'écorce terrestre (voir ISO 11665-1:2019, Annexe A pour plus d'informations). Des éléments solides, eux aussi radioactifs, suivis par du plomb stable, sont produits par la désintégration du radon^[1].

Lorsqu'il se désintègre, le radon émet des particules alpha et génère des descendants solides qui sont eux aussi radioactifs (par exemple polonium, bismuth, plomb, etc.). Les effets potentiels du radon sur la santé humaine sont liés aux descendants plutôt qu'au gaz lui-même. Qu'ils soient ou non attachés à des aérosols atmosphériques, les descendants du radon peuvent être inhalés et déposés dans l'arbre broncho-pulmonaire à différentes profondeurs, suivant leur taille^{[2][3][4][5]}.

Le radon est aujourd'hui considéré comme la principale source d'exposition de l'homme au rayonnement naturel. L'UNSCEAR^[6] suggère qu'au niveau mondial, le radon intervient pour environ 52 % de l'exposition moyenne globale au rayonnement naturel. L'impact radiologique de l'isotope 222 (48 %) est nettement plus important que celui de l'isotope 220 (4 %), l'isotope 219 est quant à lui considéré comme négligeable (voir ISO 11665-1:2019, Annexe A). Pour cette raison, les références au radon dans le présent document désignent exclusivement le radon-222.

L'activité volumique du radon peut varier d'un à plusieurs ordres de grandeur dans le temps et l'espace. L'exposition au radon et à ses descendants varie considérablement d'un lieu à l'autre. Elle dépend de la quantité de radon émise par le sol et des matériaux de construction en ces lieux, des conditions météorologiques et du degré de confinement dans les lieux où sont exposées les personnes.

Comme le radon a tendance à se concentrer dans les espaces clos tels que les maisons, la majeure partie de l'exposition de la population provient du radon présent dans l'atmosphère intérieure des bâtiments. Le gaz issu du sol est reconnu comme étant la plus importante source de radon résidentiel via des voies d'infiltration. D'autres sources sont décrites dans d'autres parties de l'ISO 11665 et dans la série ISO 13164 pour l'eau^[7].

Le radon pénètre dans les bâtiments par un mécanisme de diffusion dû à la différence permanente entre l'activité volumique du radon dans le sol sous-jacent et celle existant à l'intérieur du bâtiment, et par un mécanisme de convection généré par intermittence par une différence de pression entre l'air dans le bâtiment et celui contenu dans le sol sous-jacent. L'activité volumique du radon à l'intérieur des bâtiments dépend de l'activité volumique du radon dans le sol sous-jacent, de la structure du bâtiment, des équipements (cheminée, systèmes de ventilation mécanique, entre autres), des paramètres environnementaux du bâtiment (température, pression, etc.), mais également du mode de vie de ses occupants.

Pour limiter le risque pour les individus, un niveau de référence national de 100 Bq·m⁻³ est recommandé par l'Organisation mondiale de la santé^[5]. Lorsque cela n'est pas possible, il convient que ce niveau de référence ne dépasse pas 300 Bq·m⁻³. Cette recommandation a été entérinée par les États membres de la Communauté européenne; il convient que ceux-ci établissent des niveaux de référence nationaux pour les activités volumiques du radon à l'intérieur des bâtiments. Il convient que les niveaux de référence pour l'activité volumique moyenne annuelle dans l'air ne soient pas supérieurs à 300 Bq·m⁻³^[5].

Pour réduire le risque pour l'ensemble de la population, il convient de mettre en œuvre des codes du bâtiment qui exigent des mesures de prévention du radon dans les bâtiments en construction et des mesures d'atténuation du radon dans les bâtiments existants. Les mesurages du radon sont nécessaires, car les codes du bâtiment ne peuvent à eux seuls garantir que les concentrations de radon sont inférieures au niveau de référence.

Des variations de quelques nanojoules par mètre cube à plusieurs milliers de nanojoules par mètre cube sont observées pour l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon.

L'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon-222 dans l'atmosphère peut être mesurée en utilisant des méthodes de mesure ponctuelle et intégrée (voir ISO 11665-1). Le

présent document traite des méthodes de mesure ponctuelle. Un mesurage ponctuel de l'énergie alpha potentielle volumique se rapporte à l'instant auquel le mesurage est effectué et n'est pas significatif de l'exposition annuelle. Par conséquent, ce type de mesurage ne s'applique pas à l'évaluation de l'exposition annuelle.

NOTE L'ISO 11665-1 décrit de manière générale l'origine du radon-222 et de ses descendants à vie courte dans l'environnement atmosphérique, ainsi que des méthodes de mesure.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11665-3:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b0ec44fc-f08c-4dfa-a4e1-6fb3628eb84d/iso-11665-3-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b0ec44fc-f08c-4dfa-a4e1-6fb3628eb84d/iso-11665-3-2020>

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 —

Partie 3: Méthode de mesure ponctuelle de l'énergie alpha potentielle volumique de ses descendants à vie courte

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les méthodes de mesure ponctuelle destinées à déterminer l'activité volumique des descendants à vie courte du radon-222 dans l'air et à calculer de l'énergie alpha potentielle volumique.

Le présent document fournit des indications pour réaliser un mesurage ponctuel de l'énergie alpha potentielle volumique avec un prélèvement effectué en un lieu donné pendant plusieurs minutes, et sur les conditions d'utilisation des dispositifs de mesure.

La méthode de mesure décrite s'applique pour une évaluation rapide de l'énergie alpha potentielle volumique. Le résultat obtenu ne peut pas être extrapolé à une estimation annuelle de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon-222. Par conséquent, ce type de mesurage ne s'applique pas à l'évaluation de l'exposition annuelle ni à la détermination de l'opportunité de réduire ou non l'exposition des citoyens au radon ou aux descendants du radon.

Cette méthode de mesure s'applique à des échantillons d'air ayant une énergie alpha potentielle volumique supérieure à 5 nJ/m³.

NOTE Le présent document ne couvre pas la contribution potentielle des descendants du radon-220.

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 11665-1, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 — Partie 1: Origine du radon et de ses descendants à vie courte, et méthodes de mesure associées*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

IEC 61577-1, *Instrumentation pour la radioprotection — Instruments de mesure du radon et des descendants du radon — Partie 1: Règles générales*

IEC 61577-3, *Instrumentation pour la radioprotection — Instruments de mesure du radon et des descendants du radon — Partie 3: Exigences spécifiques concernant les instruments de mesure des descendants du radon*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 11665-1 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/>

3.2 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles donnés dans l'ISO 11665-1, ainsi que les suivants, s'appliquent:

C_i	activité volumique du nucléide i , en becquerels par mètre cube
$E_{AE,i}$	énergie de la particule alpha produite par la désintégration du nucléide i , en joules
$E_{AEt,i}$	énergie totale des particules alpha potentiellement produites par le nucléide i , en joules
$E_{PAE,i}$	énergie alpha potentielle du nucléide i , en joules
$E_{PAEC,i}$	énergie alpha potentielle volumique du nucléide i , en joules par mètre cube
$E_{PAEC,i}^*$	seuil de décision de l'énergie alpha potentielle volumique du nucléide i , en joules par mètre cube
$E_{PAEC,i}^\#$	limite de détection de l'énergie alpha potentielle volumique du nucléide i , en joules par mètre cube
$E_{PAEC,i}^<$	limite basse de l'intervalle de confiance de l'énergie alpha potentielle volumique du nucléide i , en joules par mètre cube
$E_{PAEC,i}^>$	limite haute de l'intervalle de confiance de l'énergie alpha potentielle volumique du nucléide i , en joules par mètre cube
I_j	nombre de coups bruts obtenu lors du j^{e} comptage entre les instants t_j et t_{c_j}
$I_{0,j}$	nombre de coups, dus au bruit de fond, obtenu lors du j^{e} comptage entre les instants t_j et t_{c_j}
$k_{i,j}$	coefficient relatif au nombre de coups bruts du descendant du radon i , obtenu lors du j^{e} comptage, et dépendant des constantes de désintégration des descendants du radon, de la durée du prélèvement, t_s , et des instants t_j et t_{c_j} par seconde au carré
N_i	nombre d'atomes du nucléide i
n	nombre de comptages en fonction du protocole de comptage alpha global utilisé
Q	débit de prélèvement, en mètre cube par seconde
t_{c_j}	instant de fin du comptage j , en secondes
t_j	instant du début du comptage j , en secondes
t_s	durée du prélèvement, en secondes
U	incertitude élargie calculée par $U = k \cdot u(\)$ avec $k = 2$
$u(\)$	incertitude-type associée au résultat du mesurage
$u_{\text{rel}}(\)$	incertitude-type relative

V	volume prélevé, en mètre cube
ε_c	efficacité de comptage, en impulsions par désintégration
λ_i	constante de désintégration du nucléide i , par seconde

4 Principe de la méthode de mesure

Le mesurage ponctuel de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon-222 est fondé sur:

- le prélèvement ponctuel, à l'instant t , des descendants à vie courte du radon contenus dans un volume d'air représentatif de l'atmosphère à étudier au moyen d'une membrane filtrante à haute efficacité de collection;
- des comptages alpha globaux, répétés, des descendants collectés en utilisant un détecteur sensible aux particules alpha, l'étape de comptage démarre après l'arrêt du prélèvement;
- le calcul de l'activité volumique des descendants du radon en appliquant les lois de désintégration radioactive et les résultats de comptages réalisés sur une durée prédéfinie et répétés à différents instants.

La méthode de comptage alpha global quantifie les particules alpha émises par les descendants à vie courte du radon. La chaîne du descendant ^{222}Rn montre que 99,98 % des désintégrations du ^{218}Po donnent lieu à l'émission de particules alpha, il peut donc être considéré comme un émetteur alpha pur. Le ^{214}Pb et le ^{214}Bi ne sont pas des émetteurs alpha, mais ils contribuent à l'apparition de particules alpha provenant de la désintégration du ^{214}Po .

Après avoir prélevé l'échantillon d'air, l'activité alpha globale est mesurée pendant différentes périodes de comptage. Du fait de la désintégration rapide des descendants du radon, la composition isotopique d'un échantillon change rapidement pendant le prélèvement, mais aussi pendant les périodes de comptage. Des mesurages répétés de l'activité alpha globale sont nécessaires pour décrire la désintégration de l'échantillon afin de calculer les quantités des différents descendants initialement collectés dans l'échantillon d'air.

NOTE Bien que le ^{222}Rn et ses descendants se trouvent généralement dans des quantités plus élevées, les échantillons de l'atmosphère ambiante peuvent également contenir une activité importante de radionucléides de la chaîne de désintégration du ^{220}Rn , ainsi que d'autres radionucléides à vie longue transportés dans l'air. Dans ces cas, il convient d'adapter les formules et les modes opératoires indiqués dans la présente partie du document pour tenir compte de ces radionucléides supplémentaires.

5 Équipement

L'appareillage doit comprendre un système de prélèvement et un système de détection composé d'un détecteur relié à un système de comptage (voir [Figure 1](#)). Les dispositifs de mesure doivent être conformes à l'IEC 61577-1 et à l'IEC 61577-3.

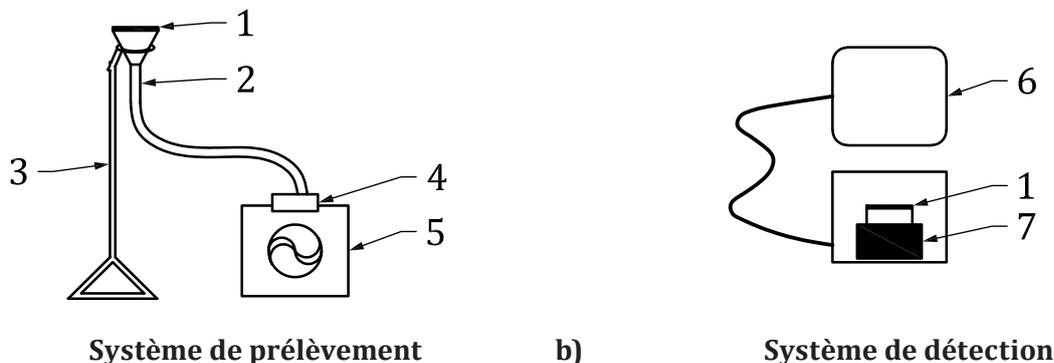
Le système de prélèvement doit comprendre les composants suivants:

- un porte-filtre ouvert qui permet un retrait rapide et aisé du filtre après le prélèvement;
- une pompe;
- un filtre à air à haute efficacité de collection (filtre HEPA avec un rendement minimal de 99,97 % pour une taille de particules de 0,3 μm);
- un débitmètre et un chronomètre.

Des exemples de détecteurs possibles comprennent:

- un photomultiplicateur associé avec une surface sensible scintillante [par exemple en ZnS(Ag)];
- un semi-conducteur au silicium sensible aux particules alpha.

Le détecteur est connecté à un système de comptage des impulsions et doit présenter une surface sensible de détection de diamètre au moins égal à celui de la membrane filtrante.



Légende

- 1 membrane filtrante
- 2 porte-filtre
- 3 support
- 4 débitmètre et chronomètre
- 5 pompe
- 6 système de comptage
- 7 détecteur

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b0ec44fc-f08c-4dfa-a4e1-6fb3628eb84d/iso-11665-3-2020>

Figure 1 — Schéma fonctionnel d'un système de mesure ponctuelle de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon

6 Prélèvement

6.1 Généralités

Le prélèvement ponctuel est représentatif de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon-222 à un instant et à un endroit donnés.

6.2 Objectif du prélèvement

Le prélèvement a pour objectif de recueillir sans interruption tous les aérosols, quelle que soit leur taille (fractions non attachées et attachées), porteurs des descendants à vie courte du radon contenus dans l'air ambiant sur une période d'échantillonnage donnée (<1 h).

6.3 Caractéristiques du prélèvement

Les fractions non attachée et attachée des descendants à vie courte du radon doivent être prélevées sans interruption dans l'atmosphère étudiée par pompage et filtration d'un volume d'air connu à travers une membrane filtrante à haute efficacité de collection placée dans un porte-filtre ouvert. Le prélèvement d'air doit être omnidirectionnel.

Pour pouvoir réaliser un comptage correct des particules alpha émises, le système de prélèvement doit permettre un dépôt en surface des radionucléides sur le filtre et éviter l'enfouissement des aérosols.

Le système de prélèvement doit être utilisé dans des conditions qui évitent tout colmatage de la membrane filtrante, qui conduirait soit à une auto-absorption des émissions alpha des particules collectées sur le filtre, soit à une diminution du débit de prélèvement avec le temps.

6.4 Conditions du prélèvement

6.4.1 Généralités

Le prélèvement doit être effectué comme spécifié dans l'ISO 11665-1. Le lieu du prélèvement, ainsi que la date et l'heure, doivent être consignés.

6.4.2 Installation du système de prélèvement

L'installation du système de prélèvement doit être effectuée comme spécifié dans l'ISO 11665-1.

6.4.3 Durée du prélèvement

En raison des courtes périodes des descendants du radon-222, notamment du ^{218}Po , il convient que la durée du prélèvement soit généralement inférieure ou égale à 20 min. Un prélèvement plus long n'améliorerait pas la limite de détection de la méthode.

6.4.4 Volume d'air prélevé

Le volume d'air prélevé doit être déterminé par un mesurage continu du débit pendant le prélèvement avec un système étalonné (par exemple une buse sonique) (voir IEC 61577-3).

7 Méthode de détection

La détection doit être effectuée par scintillation du sulfure de zinc activé à l'argent $\text{ZnS}(\text{Ag})$ ou en utilisant un semi-conducteur (détection alpha) conformément à l'ISO 11665-1.

8 Mesurage

8.1 Mode opératoire

Le mesurage doit être effectué comme suit:

- a) choisir la durée du prélèvement, t_s ;
- b) planifier la phase de comptage avec n comptages, puis choisir l'instant de début, t_j , et l'instant de fin, t_{c_j} , du comptage pour chaque nombre de coups, I_j . Organiser les différentes séquences de comptage de $j = 1$ à $j = n$. Un temps d'attente spécifique peut être nécessaire avant une séquence de comptage;

NOTE Des exemples de protocoles de comptage alpha global sont donnés dans l'[Annexe A](#). La méthode de mesure utilisant un comptage alpha global selon la méthode de Thomas est décrite en détail à l'[Annexe C](#).

- c) installer le système de détection (détecteur et système de comptage d'impulsions);
- d) déterminer le niveau de bruit de fond de la membrane filtrante. Avant de procéder au prélèvement, positionner la membrane vierge face au détecteur conformément aux recommandations du fabricant. Mesurer la membrane vierge par n comptages alpha globaux successifs pendant les durées de comptage spécifiques, $t_{c_j} - t_j$, selon les phases de comptage sélectionnées:
 - 1) $t = 0$ à $t = t_1$ attendre, ne pas compter si $t_1 > 0$;
 - 2) $t = t_1$ à $t = t_{c1}$ effectuer le comptage $I_{0,1}$;
 - 3) $t = t_{c_{j-1}}$ à $t = t_j$ attendre, ne pas compter si $t_j > t_{c_{j-1}}$;