

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**9359**

Première édition  
1989-09-15

---

---

**Qualité de l'air — Échantillonnage stratifié pour  
l'estimation de la qualité de l'air ambiant**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Air quality — Stratified sampling method for assessment of ambient air quality*  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 9359:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/088a2f23-5457-4096-9ec3-18155bab84dc/iso-9359-1989>



Numéro de référence  
ISO 9359 : 1989 (F)

## 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 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 9359 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/088a2f23-5457-4096-9ec3-18155bab84dc/iso-9359-1989>

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

## Introduction

La qualité de l'air ambiant en un lieu ou dans une région donnée varie généralement dans le temps et suivant un certain nombre de facteurs, notamment les conditions météorologiques, la topographie et les types d'émission.

Ces circonstances diverses peuvent nécessiter un nombre important de mesurages sur une longue période, pour être représentatifs d'un éventail de conditions suffisamment étendu. L'échantillonnage stratifié est l'une des méthodes permettant de réduire le nombre de mesurages requis pour quantifier certains aspects de la qualité de l'air ambiant. Cette technique a notamment été employée lors d'études de la qualité de l'air ambiant et d'études d'émission acoustique<sup>[1]</sup> (voir les exemples donnés dans l'annexe B).

iTeh STANDARD PREVIEW

La stratification et l'échantillonnage stratifié ont pour principal objet de réduire le nombre de mesurages requis pour obtenir des résultats d'une fidélité donnée ou pour améliorer la fidélité des résultats sans accroître le nombre de mesurages.

[ISO 9359:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9359-373-7457-4996-9sc2)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9359-373-7457-4996-9sc2>

A cet effet, des informations sont nécessaires quant aux conditions susceptibles d'engendrer des valeurs élevées, faibles ou moyennes de l'indicateur de qualité de l'air ambiant étudié dans la région visée. Ces informations servent à composer un schéma d'échantillonnage stratifié au sein duquel le nombre total de mesurages effectués est réparti entre les différentes strates de sorte que la variance des données obtenues à l'intérieur d'une même strate soit plus faible que la variance globale.

La fiabilité du schéma de stratification choisi dépendra de l'importance et de la validité des connaissances préalables concernant les sources d'émission et l'influence de la topographie et des conditions météorologiques sur la dispersion atmosphérique. Les résultats de précédentes campagnes de mesure ou d'études pilotes spécifiques peuvent s'avérer extrêmement utiles dans le choix des strates<sup>[2]</sup> et l'application des modèles de qualité de l'air ambiant. Cette méthode peut également s'appuyer sur les données fournies par les stations existantes de contrôle de la qualité de l'air ambiant, dont la situation est représentative de la région étudiée.

Le corps de la présente Norme internationale établit les principes à respecter pour obtenir un schéma de stratification pertinent. L'annexe A prescrit la méthode à utiliser pour effectuer les calculs.

Page blanche

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

ISO 9359:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/088a2f23-5457-4096-9ec3-18155bab84dc/iso-9359-1989>

# Qualité de l'air — Échantillonnage stratifié pour l'estimation de la qualité de l'air ambiant

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode permettant d'évaluer certains aspects de la qualité de l'air ambiant en termes de percentiles et de moyennes, sur le principe de l'échantillonnage stratifié.

Cela s'applique par estimation de percentiles et de moyennes des fréquences de distribution des mesures relatives aux valeurs de la pollution de l'air ambiant. L'estimation de moyennes se limite toutefois aux cas où l'on est fondé à forger certaines hypothèses quant à la distribution de fréquence de la caractéristique de qualité de l'air ambiant à partir de connaissances préalables ou lorsqu'on dispose d'un nombre suffisant de mesurages statistiquement indépendants (voir ISO 2854 et ISO 2602).

On peut exploiter les résultats pour évaluer la qualité de l'air ambiant pendant la période de mesurage. (Pour la longueur de la période, voir aussi ISO 7168.) Des informations sur l'occurrence sur une longue période des différentes strates peuvent aboutir à une validation sur une période plus étendue de la même base de données.

En effet, bien que les conditions météorologiques aient une grande influence sur la concentration et la répartition des polluants atmosphériques, l'échantillonnage stratifié permet donc de valider, sur une plus longue période, des résultats indépendants des conditions météorologiques prédominantes pendant la période de mesurage.

## 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 2602 : 1980, *Interprétation statistique de résultats d'essai — Estimation de la moyenne — Intervalle de confiance.*

ISO 2854 : 1976, *Interprétation statistique des données — Techniques d'estimation et tests portant sur des moyennes et des variances.*

ISO 3534 : 1977, *Statistique — Vocabulaire et symboles.*

ISO 7168 : 1985, *Qualité de l'air — Présentation sous forme alphanumérique des données relatives à la qualité de l'air ambiant.*

## 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

**3.1 percentile :** Valeur  $X_p$  séparant l'intervalle de population d'un paramètre en deux groupes au niveau du pourcentage  $P$ .

**3.2 fractile ; quantile :** Valeur  $X_p$  séparant l'intervalle de population d'un paramètre en deux groupes au niveau de la fraction  $f = P/100$ , où  $P$  est un pourcentage donné.

**3.3 échantillonnage stratifié :** Au sein d'une population pouvant être fractionnée en différentes sous-populations (appelées strates), échantillonnage effectué de sorte que des proportions spécifiées de l'échantillon soient prélevées dans les différentes strates. [ISO 3534]

**3.4 strate :** Sous-population d'une population présentant certaines caractéristiques.

4 Symboles

Symbole	Signification
$f$	fraction pondérée des valeurs de $f_i$
$f_+$	limite supérieure de confiance de la fraction pondérée
$f_-$	limite inférieure de confiance de la fraction pondérée
$f_i$	fraction de la strate $i$ qui est inférieure (ou supérieure) à une valeur donnée
$k$	nombre de strates
$n$	nombre total de mesurages
$n_i$	nombre de mesurages dans la strate $i$
$m_i$	nombre de mesurages dont la valeur est inférieure à une valeur donnée dans la strate $i$
$P_i$	pourcentage de la strate $i$ qui est inférieur (ou supérieur) à une valeur donnée ( $P_i = 100 f_i$ )
$s^2(f)$	estimation de la variance de $f$
$s^2(\bar{x})$	estimation de la variance de $\bar{x}$
$s_i^2(f_i)$	estimation de la variance de $f_i$
$s_i^2(x_{ij})$	estimation de la variance de $x_{ij}$
$t_{\nu; 1-\alpha}$	valeur classifiée de la loi- $t$ pour le test unilatéral au niveau de signification $\alpha$ et pour $\nu$ degrés de liberté (se reporter aux tableaux de l'ISO 2602)
$u_{1-\alpha}$	valeur classifiée de la loi normale réduite pour le test unilatéral au niveau de signification $\alpha$
$\bar{x}$	moyenne pondérée des $\bar{x}_i$
$\bar{x}_+$	limite supérieure de confiance de la moyenne pondérée
$\bar{x}_-$	limite inférieure de confiance de la moyenne pondérée
$\bar{x}_i$	moyenne arithmétique des mesures de la strate $i$
$x_{ij}$	$j^{\text{ème}}$ mesurage dans la strate $i$
$w_i$	probabilité d'occurrence de la strate $i$ , indiquée sous la forme d'un facteur de pondération
$X_p$	percentile ; fractile (ou quantile)
$\alpha$	niveau de signification
$1 - \alpha$	niveau de confiance
$\Delta$	marge d'erreur
$\mu$	moyenne de la population
$\mu_i$	moyenne de la strate $i$
$\nu$	nombre de degrés de liberté
$\sigma_i^2(f_i)$	variance de $f_i$
$\sigma_i^2(x_{ij})$	variance de $x_{ij}$

Si une évaluation est requise sur une longue période, fondée uniquement sur une brève période de mesurage, il y a lieu d'utiliser des facteurs de pondération  $w_i$  appropriés à la situation à long terme pour pondérer les données des différentes strates et non les facteurs de pondération relevés pendant la période de mesurage. De la même façon, il est possible d'appliquer la méthode à des évaluations prospectives de la qualité de l'air ambiant — ainsi que peut l'exiger, par exemple, une prévision d'augmentation de la circulation — auquel cas il sera nécessaire d'utiliser des facteurs de pondération théoriques  $w_i$ .

Les facteurs de pondération  $w_i$  seront souvent entâchés de quelque incertitude dont on devra déterminer l'effet sur les percentiles ou les moyennes calculés en recourant aux équations (A.6) et (A.7) (voir annexe A).

Pour parvenir à une stratification satisfaisante, il importe de recueillir des informations préalables quant au lien existant entre l'importance de la caractéristique étudiée de qualité de l'air ambiant et les facteurs qui la régissent ou en découlent. Ces informations servent à estimer  $\mu_i$ ,  $\sigma_i$  et  $w_i$ . Les facteurs sur lesquels ces informations reposent sont généralement les modèles d'émission dans le temps et l'espace, le transport et la dispersion, les associations à d'autres polluants de l'air ambiant et les effets de l'agent polluant considéré en particulier. Des exemples montrant comment définir une stratification à partir de ces différents facteurs sont donnés ci-après.

5.1 Modèles d'émissions

Certaines émissions connaissent des variations évidentes dans le temps ou dans l'espace.

EXEMPLES

1 Les émissions de dioxyde de soufre et d'autres produits de combustion résultant du chauffage des locaux connaissent de fortes variations saisonnières. Il conviendrait donc de définir des strates couvrant différentes périodes de l'année, par exemple l'été et l'hiver, s'il est probable que ces émissions puissent influencer l'évaluation de la qualité de l'air ambiant.

2 Les émissions de gaz d'échappement connaissent généralement une forte variation dans la journée, leur source pouvant être jugée linéaire dans le cas d'une route principale ou surfacique dans le cas d'une zone urbaine. Si l'on a évalué la teneur en plomb de l'air à proximité d'une autoroute, on pourra définir les strates d'après la distance par rapport à l'autoroute et les moments de la journée où se situent les heures de pointe. Une stratification spatiale ou temporelle visera quant à elle à évaluer les niveaux de concentration du monoxyde de carbone en milieu urbain.

5.2 Transport et dispersion

Lors du choix de critères pour établir un schéma de stratification lié au transport et à la dispersion de polluants dans l'atmosphère, il importe de déterminer si une grande mobilité de la pollution atmosphérique, régie par des facteurs synoptiques ou bien des sources proches ainsi que des conditions météorologiques et topographiques, constitue l'influence dominante sur la

5 Conseils pour établir la stratification

Il convient de concevoir le programme de stratification de sorte que les moyennes de strates,  $\mu_i$ , soient différentes entre elles et que les variances soient inférieures à la variance de la population. La probabilité d'occurrence de chaque strate,  $w_i$ , devrait être connue à l'avance (voir 5.1 à 5.6). Pour calculer les résultats définitifs, il est nécessaire d'utiliser des facteurs de pondération  $w_i$  qui se rapportent à l'intervalle de temps pendant lequel on procède à l'évaluation de la qualité de l'air ambiant.

caractéristique de la qualité de l'air ambiant étudiée. La stratification pourra alors reposer sur des facteurs tels que

- la topographie du lieu;
- la température de l'air;
- la vitesse et la direction du vent;
- la stabilité atmosphérique;
- la hauteur de la couche de mélange;
- le rayonnement solaire;
- le type de temps;
- le type de masse d'air;

ou sur les résultats des modèles de dispersion. Les modèles fondés sur les données d'émission et météorologiques visent à prédire le modèle temporel et spatial de la qualité de l'air ambiant qui peut servir à définir les schémas de stratification.

#### EXEMPLES

1 En ce qui concerne les effets d'une source unique d'émission située à quelque distance de la zone étudiée, il peut s'avérer utile d'établir une stratification d'après la vitesse et la direction du vent (voir aussi annexe B, article B.1).

2 Une évaluation de la qualité de l'air ambiant peut être requise dans un complexe urbain et industriel comportant de nombreuses sources d'émission. Un grand nombre de paramètres peuvent ici être examinés quant à leur adéquation, par exemple la stabilité atmosphérique, les effets saisonniers, la vitesse et la direction du vent (voir aussi annexe B, article B.2).

3 Si l'on doit évaluer les concentrations du monoxyde de carbone au niveau de la rue dans une zone occupée par des bâtiments de grande hauteur, par exemple au centre d'une grande ville, on peut alors considérer la vitesse et la direction du vent en fonction de l'heure du jour (voir aussi 5.1, exemple 1).

4 Si l'on évalue la présence d'agents d'oxydation, une stratification fondée sur le rayonnement solaire, la direction du vent et la température peut s'avérer utile.

5 Le concept de masse d'air peut être appliqué à l'étude des polluants atmosphériques franchissant plusieurs régions ou de longues distances.

### 5.3 Association à d'autres polluants de l'air ambiant

Certaines caractéristiques de la qualité de l'air ambiant sont des indicateurs des conditions atmosphériques ou sont liées à d'autres caractéristiques étudiées. La concentration de certains polluants dans l'air ambiant peut être étroitement corrélée à ce phénomène et l'on pourra effectuer un échantillonnage stratifié du polluant atmosphérique étudié d'après le niveau de concentration du polluant atmosphérique traceur.

EXEMPLE — La concentration du polluant atmosphérique ambiant étudié, mesurée par exemple au niveau d'une station fixe de contrôle continu, peut servir à définir des strates à l'intérieur desquelles on pourra effectuer un échantillonnage aléatoire (voir aussi annexe B, article B.3.)

### 5.4 Effets

Les effets de la pollution de l'air ambiant peuvent se prêter à une stratification.

#### EXEMPLES

1 Les effets sur la croissance des plantes et des récoltes peuvent appeler une stratification spatiale ou temporelle.

2 On peut également exploiter la fréquence et l'occurrence des plaintes du public à propos des odeurs par exemple.

3 Plantes et périodes de croissance.

### 5.5 Études pilotes

S'il n'est pas possible d'établir une stratification d'après une connaissance existante de la qualité de l'air ambiant et des facteurs régissant sa variation dans la zone considérée, il peut s'avérer nécessaire de mettre en place une étude pilote de la qualité de l'air ambiant ou d'effectuer des calculs à partir de modèles de l'air ambiant, eux-mêmes issus d'une stratification.

### 5.6 Modèles de qualité de l'air ambiant

Les modèles rendant compte de la qualité de l'air ambiant à partir de données d'émission et météorologiques, et destinés à prévoir les schémas temporel et spatial d'émission de la qualité de l'air ambiant, peuvent être utilisés pour concevoir une stratification.

## 6 Directives de mesurage

### 6.1 Nombre de strates et de mesurages par strate

Après avoir fixé les critères de stratification, il est nécessaire de décider des nombres de strates à utiliser et de mesurages à réaliser à l'intérieur de chaque strate pour obtenir une évaluation d'une limite de confiance appropriée.

L'expérience des techniques d'échantillonnage stratifié montre que la baisse de variance obtenue par l'augmentation du nombre de strates  $k$  cesse rapidement et que  $k = 2, 3$  ou  $4$  suffit généralement.

Si la probabilité,  $w_i$ , et l'estimation de la variance de chaque strate,  $s_i^2$ , sont connues au départ (voir 5.1 à 5.4) ou après une étude pilote (voir 5.5), le nombre total de mesurages,  $n$ , pour une marge d'erreur donnée,  $\Delta$ , est donné par l'équation (1) :

$$n = \left( \frac{2 t_{v; 1-\alpha}}{\Delta} \right)^2 \left( \sum_{i=1}^k w_i s_i \right)^2 \quad \dots (1)$$

La théorie de l'échantillonnage montre qu'une fois défini le nombre total de mesurages à effectuer, il est possible de ventiler ceux-ci entre les différentes strates de façon à obtenir une variance minimale des résultats calculés pour la population.

Si l'on détermine la moyenne arithmétique, cette ventilation optimale est réalisée lorsque

$$n_i = n \frac{w_i s_i}{\sum_{i=1}^k w_i s_i} \quad \dots (2)$$

tandis que, si l'on détermine les fractions, alors

$$n_i = n \frac{w_i \sqrt{f_i (1 - f_i)}}{\sum_{i=1}^k w_i \sqrt{f_i (1 - f_i)}} \quad \dots (3)$$

En d'autres termes, il convient de prendre un grand nombre de mesures dans une strate donnée si cette strate présente une forte probabilité d'occurrence, telle qu'elle ressort de  $w_i$ , ou une variance élevée, indiquée par  $s_i^2$  ou  $f_i (1 - f_i)$ .

Pour calculer avec précision le nombre de mesurages dans la strate  $i$ ,  $n_i$ , il importe de connaître à la fois  $w_i$  et  $\sigma_i$  (ou  $f_i$ ). Alors que les facteurs de pondération  $w_i$  peuvent être établis avant le début des mesurages, il est probable qu'on ne dispose que de peu ou pas d'informations quant aux facteurs de pondération  $\sigma_i$  (ou  $f_i$ ). Par conséquent, il est recommandé d'affiner  $n_i$  au fur et à mesure des mesurages, en calculant  $s_i$  (ou  $f_i$ ) puis en les reprenant dans les équations (2) ou (3).

NOTE — La validité de certaines équations de l'annexe A dépendra du nombre de mesurages effectués à l'intérieur d'une strate donnée. Par conséquent, l'équation (A.9) impose que  $n_i > 15$  étant donné qu'elle est fondée sur l'essai binomial approché; si cette condition n'est pas satisfaite, on doit appliquer la théorie exacte. Les équations donnant les limites de confiance de la moyenne pondérée [équations (A.10)] sont toujours valables si  $n_i > 5$ .  $n_i$  peut être inférieur si la distribution de fréquence de la caractéristique de la qualité de l'air dans la strate  $i$  est gaussienne.

Lorsqu'on ne dispose pas d'informations sur la variance, il peut être approprié de recourir à une ventilation proportionnelle dans  $w_i$ .

## 6.2 Indépendance des mesurages

Pour appliquer les équations et les méthodes de calcul prescrites dans la présente Norme internationale, il est nécessaire d'effectuer les mesurages de sorte qu'ils puissent être jugés indépendants.

NOTE — Des mesurages de qualité de l'air ambiant effectués sur un site particulier présentent souvent un haut degré d'autocorrélation; il peut donc devenir nécessaire de laisser s'écouler un intervalle de temps

suffisant entre les mesurages. On a ainsi constaté une forte autocorrélation en Europe centrale sur des périodes pouvant atteindre six jours. Lorsqu'on a recours à l'échantillonnage stratifié, on peut très bien obtenir des valeurs mesurées indépendantes sur de plus brèves périodes, car les effets de corrélation imputables aux changements d'une strate à l'autre auront été éliminés.

## 6.3 Intervalle de temps et site de mesurage

Après avoir établi une stratification, le nombre de strates, le nombre de mesurages à effectuer et la façon dont ils doivent être répartis entre les différentes strates, il reste à décider du schéma permettant d'obtenir pour chaque strate des mesurages qui soient respectivement aléatoires dans le temps et l'espace. L'intervalle de temps de mesurage devrait être inférieur à la durée prévue de la condition régnant dans la strate.

### NOTES

1 Le caractère aléatoire de l'échantillonnage dans le temps peut être obtenu en recourant à des tables de nombres aléatoires mais, pour des raisons purement pratiques, il peut être nécessaire de limiter les périodes de mesurage aux heures normales d'activité de la journée par exemple. Dans ce cas, on veillera particulièrement à ce que les valeurs mesurées ne soient pas faussées du fait d'un comportement temporel de la caractéristique de la qualité de l'air ambiant étudiée, par exemple par la variation diurne des émissions de gaz d'échappement. Une forme de stratification axée sur le temps doit être retenue si l'on doit s'attendre à une influence importante de la condition observée. Ceci nécessitera d'effectuer les mesurages en dehors des heures normales d'activité de la journée.

2 Si l'on souhaite conférer à l'échantillonnage un caractère aléatoire dans l'espace, on peut identifier un grand nombre de sites de mesurage à l'aide d'un réseau de quadrillage dont on dénombre les sites de mesurage accessibles. Les sites de mesurage à exploiter effectivement seront ensuite choisis à partir de tables de nombres aléatoires.

On peut recourir à une autre méthode de sélection de site de mesurage si l'on dispose d'informations suffisantes, résultant d'études précédentes, qui rendent possible l'identification de sites de mesurage représentatifs, ce qui peut autoriser une réduction du nombre des mesurages.

## 7 Méthodes de calcul

Les estimations des fractiles, les moyennes ainsi que les fractions de la population sont calculées comme la somme des valeurs pondérées correspondantes pour les différentes strates. On obtient la variance de ces sommes en calculant les sommes pondérées respectives des variances des strates. Celles-ci sont généralement inférieures ou égales aux variances qui seraient obtenues par échantillonnage aléatoire non stratifié<sup>[2]</sup>.

Les équations adéquates à utiliser sont exposées dans l'annexe A. L'annexe B contient pour sa part des exemples d'application de la présente Norme internationale et les résultats ainsi calculés.



## Annexe A (informative)

### Équations mathématiques

Tous les symboles utilisés dans la présente annexe sont définis dans l'article 4.

La fraction inférieure à la valeur du fractile  $X_p$  est déterminée par l'équation (A.1) :

$$f_i = \frac{m_i}{n_i} \quad \dots (A.1)$$

La moyenne arithmétique des mesures de la strate  $i$  est donnée par l'équation (A.2) :

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \quad \dots (A.2)$$

L'estimation de la variance en termes de fractions dans la strate  $i$  est donnée par l'équation (A.3) :

$$s_i^2(f_i) = f_i (1 - f_i) \quad \dots (A.3)$$

et l'estimation de la variance de  $x_{ij}$  est donnée par l'équation (A.4) :

$$s_i^2(x_{ij}) = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad \dots (A.4)$$

L'estimation de la fraction à partir de la population est obtenue par calcul de la somme des fractions pondérées d'après l'équation (A.5) :

$$f = \sum_{i=1}^k w_i f_i \quad \dots (A.5)$$

où  $\sum_{i=1}^k w_i = 1$

L'estimation de la moyenne de la population,  $\mu$ , est obtenue par calcul de la somme,  $\bar{x}$ , des moyennes arithmétiques pondérées de chaque strate d'après l'équation (A.6) :

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^k w_i \bar{x}_i \quad \dots (A.6)$$

où  $\sum_{i=1}^k w_i = 1$

L'estimation de la variance de la fraction pondérée est donnée par l'équation (A.7) :

$$s^2(f) = \sum_{i=1}^k \frac{w_i^2 s_i^2(f_i)}{n_i} \quad \dots (A.7)$$

où  $\sum_{i=1}^k w_i = 1$

Les limites de confiance de la fraction pondérée sont données par les équations (A.8) :

$$\left. \begin{aligned} f_+ &= f + \left( s(f) u_{1-\alpha} + \frac{1}{2n} \right) \\ f_- &= f - \left( s(f) u_{1-\alpha} + \frac{1}{2n} \right) \end{aligned} \right\} \dots (A.8)$$

L'estimation de la variance de la moyenne pondérée est donnée par l'équation (A.9) (voir aussi la note de 6.1) :

$$s^2(\bar{x}) = \sum_{i=1}^k \frac{w_i^2 s_i^2(x_{ij})}{n_i} \quad \dots (A.9)$$

où  $\sum_{i=1}^k w_i = 1$

Les limites de confiance de la moyenne pondérée sont données par les équations (A.10) (voir aussi la note de 6.1) :

$$\left. \begin{aligned} \bar{x}_+ &= \bar{x} + s(\bar{x}) t_{v; 1-\alpha} \\ \bar{x}_- &= \bar{x} - s(\bar{x}) t_{v; 1-\alpha} \end{aligned} \right\} \dots (A.10)$$

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 9359:1989  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/088a2f23-557-4096-9ec3-18155ba084dc/iso-9359-1989>