

Organisme certificateur

11, rue Francis de Pressensé
93571 LA PLAINE ST DENIS Cedex
Tél. : 01 41 62 80 00 - Fax : 01 49 17 90 00
www.marque-nf.com

**Organisme mandaté par
AFNOR Certification**

1, rue Gaston Boissier
75724 PARIS Cedex 15
Tél. : 01 40 43 37 00 - Fax : 01 40 43 37 37
www.lne.fr

**MARQUE NF
INSTRUMENTATION POUR L'ENVIRONNEMENT**

Fiche technique Air Ambient A1

**Etablissement du budget d'incertitudes
pour les analyseurs d'air ambient**

Etablissement du budget d'incertitudes pour les analyseurs d'air ambiant

1. Introduction

Les calculs d'incertitude effectués pour vérifier la conformité au critère d'incertitude maximale sont basés sur les procédures données dans les normes européennes suivantes :

- NF EN 14211 – juillet 2005 « Qualité de l'air ambiant – Méthode de mesure pour la détermination de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence » ;
- NF EN 14212 – juillet 2005 « Qualité de l'air ambiant – Méthode de mesure pour la détermination du dioxyde de soufre par fluorescence UV » ;
- NF EN 14625 – juillet 2005 « Qualité de l'air ambiant – Méthode de mesurage pour la détermination de l'ozone dans l'air ambiant par photométrie UV » ;
- NF EN 14626 – juillet 2005 « Qualité de l'air ambiant – Méthode de mesure pour la détermination du monoxyde de carbone dans l'air ambiant par la méthode à rayonnement infra-rouge non-dispersif » ;
- NF EN 14662-3 – décembre 2005 « Qualité de l'air ambiant – Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en benzène - Partie 3 : Prélèvement par pompage automatique avec analyse chromatographique en phase gazeuse sur site » ;
- NF ENV 13005 – août 1999 « Guide pour l'expression des incertitudes » ;
- NF EN ISO 14956 – décembre 2002 « Qualité de l'air – Evaluation de l'aptitude à l'emploi d'une procédure de mesurage par comparaison avec une incertitude de mesure requise ».

Note : Il n'existe pas de valeur limite réglementant la concentration en composés organiques volatils totaux dans l'air ambiant. Il n'est pas établi de budget d'incertitude pour ces composés.

2. Calcul de l'incertitude élargie

L'incertitude élargie est calculée conformément aux procédures des normes ISO 14956 ou ENV 13005 par application de la loi de propagation des incertitudes, à partir des valeurs des incertitudes-types associées aux caractéristiques de performance de l'analyseur.

Le calcul d'incertitude est effectué au niveau de la valeur limite de référence, avec les valeurs des caractéristiques de performance obtenues en laboratoire et lors de l'essai sur site.

L'incertitude élargie relative doit satisfaire au critère défini dans le tableau 1 de la Partie 2 des règles de certification correspondant à l'incertitude maximale des mesurages continus au niveau de la valeur limite de référence définie dans la Directive réglementant le composé considéré.

Les caractéristiques de performance prises en compte dans le calcul de l'incertitude élargie pour les différents composés sont les suivantes :

Caractéristiques de performance	Prise en compte pour :	Symbole	Equations
Ecart de linéarité au niveau de la valeur limite de référence	CO, NO _x , O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	u_{lin}	1
Influence de la température environnante au niveau de la valeur limite de référence (pour une variation de température de ± 5 K*)	CO, NO _x , O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	u_{Tenv}	2
Influence de la température du gaz échantillonné (pour une variation de température de ± 5 K*)	CO, NO _x , O ₃ , SO ₂	u_{Tgaz}	3
Influence de la pression du gaz (pour une variation de la pression du gaz de 30 kPa)	CO, NO _x , O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	u_{Pgaz}	4
Influence de la tension électrique d'alimentation (pour une variation de 60 V)	CO, NO _x , O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	$u_{tension}$	5
Influence de la vapeur d'eau	CO, NO _x , O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	u_{H2O}	6

Caractéristiques de performance	Prise en compte pour :	Symbole	Equations
Influence des interférents	CO, NOx, O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	u_{int}	7
Incertitude due à l'erreur de moyennage	CO, NOx, O ₃ , SO ₂	u_{moy}	8
Incertitude due à l'écart entre port de prélèvement et port d'étalonnage	CO, NOx, O ₃ , SO ₂	u_{ports}	9
Répétabilité à zéro	CO, NOx, O ₃ , SO ₂	$u_{r,z}$	10
Répétabilité au niveau de la valeur limite de référence	CO, NOx, O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	$u_{r,VL}$	11 et 11'
Reproductibilité sur site	CO, NOx, O ₃ , SO ₂ : si $u_{Rsite} > u_{r,VL}$ C ₆ H ₆	u_{Rsite}	12
Dérive à long terme au zéro	CO, NOx, O ₃ , SO ₂	$u_{Dlt,z}$	13
Dérive à long terme au niveau de la valeur limite de référence	CO, NOx, O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	$u_{Dlt,VL}$	14
Incertitude du gaz de calibration (pour un gaz d'incertitude élargie ± 6%*)	CO, NOx, O ₃ , SO ₂ , C ₆ H ₆	u_{cal}	15
Rendement du convertisseur	NOx	u_{EC}	16
Efficacité de prélèvement	C ₆ H ₆	u_{EP}	17

* : plages de variations ou valeurs appliquées par défaut pour le calcul de l'incertitude élargie, comme défini dans le tableau 2 du § 2.1.1.1.3. de la Partie 2 des règles de certification.

Note : Les unités "ppb" et "ppm" sont équivalentes aux unités "nmol/mol" et "µmol/mol".

L'incertitude élargie absolue U_c est calculée comme suit :

$$U_c = k \times u_c$$

où

U_c est l'incertitude élargie absolue (ppb ou ppm) ;

k est le facteur d'élargissement à 95 % ; $k=2$;

u_c est l'incertitude-type combinée (ppb ou ppm).

L'incertitude élargie relative $U_{c,rel}$ est calculée comme suit :

$$U_{c,rel} = \frac{U_c}{VL}$$

où

$U_{c,rel}$ est l'incertitude élargie relative (%) ;

U_c est l'incertitude élargie (ppb ou ppm) ;

VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm).

Il faut que : $U_{c,rel} < U_{req}$

où

U_{req} est l'incertitude élargie maximale déduite des prescriptions réglementaires (%), donnée dans le tableau 3 de la Partie 2 des règles de certification.

L'incertitude-type combinée, u_c , est calculée comme suit :

- Pour les analyseurs de CO, O₃, SO₂, C₆H₆ :

$$u_c = \sqrt{u_{lin}^2 + u_{Tenv}^2 + u_{Tgaz}^2 + u_{Pgaz}^2 + u_{tension}^2 + u_{H2O}^2 + u_{int}^2 + (u_{moy}^2) + (u_{ports}^2) + (u_{r,z}^2) + (u_{r,VL}^2) + (u_{Rsite}^2) + u_{Dlt,z}^2 + u_{Dlt,VL}^2 + u_{cal}^2 + (u_{EP}^2)} \quad (1)$$

- Pour les analyseurs de NOx : la valeur limite dans l'air est donnée pour le NO₂. C'est donc l'incertitude-élargie associée à la mesure de NO₂ qui est comparée à l'incertitude relative maximale donnée par la Directive européenne. Dans le calcul de l'incertitude élargie associée à la mesure de NO₂, il faut tenir compte du rendement du convertisseur de NO₂ en NO et du fait que la concentration en NO₂ est le résultat d'un calcul de la différence entre la concentration en NOx.

De par le principe de la chimiluminescence, la mesure des NOx est en fait une mesure de NO provenant du NO et du NO₂ (converti en NO dans le convertisseur, puis réagissant avec l'ozone) contenus dans le gaz échantillonné.

La mesure de NO₂ est donc une différence entre 2 mesurages de NO.

La faible différence de temps entre ces deux mesurages est telle que les incertitudes-types sont prises en compte une seule fois dans le calcul de l'incertitude, à l'exception de l'incertitude-type due à la répétabilité et/ou à la reproductibilité, qui est prise en compte deux fois.

$$u_c = \sqrt{u_{lin}^2 + u_{Tenv}^2 + u_{Tgaz}^2 + u_{Pgaz}^2 + u_{tension}^2 + u_{H2O}^2 + u_{int}^2 + u_{moy}^2 + u_{ports}^2 + 2 \times u_{r,z}^2 + 2 \times u_{r,VL}^2 \text{ ou } 2 \times u_{Rsite}^2 + u_{Dlt,z}^2 + u_{Dlt,VL}^2 + u_{cal}^2 + u_{EC}^2} \quad (2)$$

où

Les incertitudes-types entre parenthèses dans l'équation (1) sont celles ne s'appliquant qu'à certains composés ; en ce qui concerne u_{Rsite} et $u_{r,VL}$, c'est la plus grande valeur des deux qui est prise en compte dans le cas de l'estimation de l'incertitude associée à la mesure de CO, O₃, SO₂ ou NO₂.

Les incertitudes-types sont exprimées en ppb ou ppm.

u_c est l'incertitude-type combinée ;

u_{lin} est l'incertitude-type due à l'écart de linéarité au niveau de la valeur limite de référence ;

u_{Tenv} est l'incertitude-type due à la variation de la température environnante, avec une plage de variation de la température prise égale ± 5 K ;

u_{Tgaz} est l'incertitude-type due à la variation de la température du gaz, avec une plage de variation de la température prise égale ± 5 K ;

u_{Pgaz} est l'incertitude-type due à la variation de la pression du gaz, avec une plage de variation de la température prise égale 30 kPa ;

$u_{tension}$ est l'incertitude-type due à la variation de la tension électrique d'alimentation, avec une plage de variation de la tension électrique d'alimentation de 60 V ;

u_{H2O} est l'incertitude-type due à l'influence de l'humidité (vapeur d'eau) ;

u_{int} est l'incertitude-type due à l'influence des interférents autres que la vapeur d'eau ;

u_{moy} est l'incertitude-type due à l'erreur de moyennage ;

u_{ports} est l'incertitude-type due à l'écart entre port de prélèvement et port d'étalonnage ;

$u_{r,z}$ est l'incertitude-type due à la répétabilité à zéro ;

$u_{r,VL}$ est l'incertitude-type due à la répétabilité au niveau de la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;

u_{Rsite} est l'incertitude-type due à la reproductibilité sur site ;

$u_{Dlt,z}$ est l'incertitude-type due à la dérive à long terme du zéro ;

- $u_{Dit,VL}$ est l'incertitude-type due à la dérive à long terme au niveau de la valeur limite de référence ;
- u_{cal} est l'incertitude-type due au gaz de calibrage, avec une incertitude élargie du gaz de calibrage prise égale à $\pm 6\%$;
- u_{EC} est l'incertitude-type liée au rendement (efficacité) du convertisseur pour les analyseurs de NOx par chimiluminescence (ppb ou ppm) ;
- u_{EP} est l'incertitude-type liée à l'efficacité de prélèvement pour les analyseurs de C₆H₆ (ppb ou ppm).

3. Calcul des incertitudes-types

Le calcul des incertitudes-types est effectué en appliquant les équations suivantes.

3.1. Ecart de linéarité au niveau de la valeur limite de référence

L'incertitude-type due à l'**écart de linéarité au niveau de la valeur limite de référence**, u_{lin} , est calculée comme suit :

$$u_{lin} = ((X_{lin,max} / 100) \times VL) / \sqrt{3} \quad (1)$$

où

- u_{lin} est l'incertitude-type due à l'écart de linéarité au niveau de la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;
- $X_{lin,max}$ est le résidu relatif maximum calculé par rapport à la droite de régression linéaire obtenue à partir des 5 ou 6 concentrations de test (%) ;
- VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm).

3.2. Température environnante

L'incertitude-type due à la variation de la **température environnante au niveau de la valeur limite de référence**, u_{Tenv} , est calculée comme suit :

$$u_{Tenv} = ((VL / c_t) \times b_{Tenv}) \times \Delta_{Tenv} / \sqrt{3} \quad (2)$$

où

- u_{Tenv} est l'incertitude-type due à la variation de la température environnante (ppb ou ppm) ;
- VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;
- c_t est la concentration du gaz d'essai (70 % à 80% de l'étendue de mesure) (ppb ou ppm) ;
- b_{Tenv} est le coefficient de sensibilité à la température environnante (ppb/K ou ppm/K) ;
- Δ_{Tenv} est la plage de variation de la température environnante prise égale à 10 K (± 5 K) (K).

3.3. Température du gaz échantillonné

L'incertitude-type due à la variation de la **température du gaz échantillonné au niveau de la valeur limite de référence**, u_{Tgaz} , est calculée comme suit :

$$u_{Tgaz} = ((VL / c_t) \times b_{Tgaz}) \times \Delta_{Tgaz} / \sqrt{3} \quad (3)$$

où

- u_{Tgaz} est l'incertitude-type due à la variation de la température du gaz échantillonné (ppb ou ppm) ;

- VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;
 c_t est la concentration du gaz d'essai (70 % à 80% de l'étendue de mesure) (ppb ou ppm) ;
 $b_{T_{\text{gaz}}}$ est le coefficient de sensibilité à la température du gaz échantillonné (ppb/K ou ppm/K) ;
 $\Delta_{T_{\text{gaz}}}$ est la plage de variation de la température du gaz échantillonné prise égale à 10 K (± 5 K) (K).

3.4. Pression du gaz échantillonné

L'incertitude-type due à la variation de la **pression du gaz échantillonné au niveau de la valeur limite de référence**, $u_{P_{\text{gaz}}}$, est calculée comme suit :

$$u_{P_{\text{gaz}}} = ((VL / c_t) \times b_{P_{\text{gaz}}}) \times \Delta_{P_{\text{gaz}}} / \sqrt{3} \quad (4)$$

où

- $u_{P_{\text{gaz}}}$ est l'incertitude-type due à la variation de la pression du gaz échantillonné (ppb ou ppm) ;
 VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;
 c_t est la concentration du gaz d'essai (70 % à 80% de l'étendue de mesure) (ppb ou ppm) ;
 $b_{P_{\text{gaz}}}$ est le coefficient de sensibilité à la pression du gaz échantillonné (ppb/kPa ou ppm/kPa) ;
 $\Delta_{P_{\text{gaz}}}$ est la plage de variation de la pression du gaz échantillonné prise égale à 30 kPa (kPa).

3.5. Tension électrique d'alimentation de l'analyseur

L'incertitude-type due à la variation de la **tension électrique d'alimentation au niveau de la valeur limite de référence**, u_{tension} , est calculée comme suit :

$$u_{\text{tension}} = ((VL / c_t) \times b_{\text{tension}}) \times \Delta_{\text{tension}} / \sqrt{3} \quad (5)$$

où

- u_{tension} est l'incertitude-type due à la variation de la tension électrique d'alimentation de l'analyseur (ppb ou ppm) ;
 VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;
 c_t est la concentration du gaz d'essai (70 % à 80% de l'étendue de mesure) (ppb ou ppm) ;
 b_{tension} est le coefficient de sensibilité à la tension électrique (ppb/V ou ppm/V) ;
 Δ_{tension} est la plage de variation de la tension électrique prise égale à 60V (V).

3.6. Influence de l'humidité

L'influence de la vapeur d'eau est établie avec une concentration en vapeur d'eau $C_{\text{H}_2\text{O}}$ d'environ 18550 ppm (correspondant à une humidité relative de 80% à 293 K et 101,3 kPa). L'incertitude associée doit être établie en supposant une variation de la concentration en vapeur d'eau sur une plage de 6960 ppm à 20870 ppm (correspondant à une humidité relative de 30% à 90% à 293 K et 101,3 kPa). L'incertitude-type due à **l'interférence provoquée par la présence de vapeur d'eau au niveau de la valeur limite de référence**, $u_{\text{H}_2\text{O}}$, est calculée comme suit :

$$u_{H_2O} = \left| X_{H_2O,VL} / c_{H_2O} \right| \times \sqrt{(c_{H_2O,max}^2 + c_{H_2O,max} \times c_{H_2O,min} + c_{H_2O,min}^2) / 3} \quad (6)$$

avec

$$X_{H_2O,VL} = ((X_{H_2O,c_t} - X_{H_2O,z}) / c_t) \times VL + X_{H_2O,z}$$

où

- u_{H_2O} est l'incertitude-type due à l'interférence de la vapeur d'eau (ppb ou ppm) ;
- $X_{H_2O,VL}$ est l'influence d'une concentration en vapeur d'eau au niveau de la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;
- $c_{H_2O,max}$ est la concentration maximale en vapeur d'eau (ppm) (= 20870 ppm) ;
- $c_{H_2O,min}$ est la concentration minimale en vapeur d'eau (ppm) (= 6960 ppm) ;
- c_{H_2O} est la concentration en vapeur d'eau générée pendant le test (en ppm) ;
- $X_{H_2O,z}$ est l'influence d'une concentration C_{H_2O} en vapeur d'eau (exprimée en ppm) à la concentration zéro du mesurande (ppb ou ppm) ;
- X_{H_2O,c_t} est l'influence d'une concentration C_{H_2O} en vapeur d'eau (exprimée en ppm) à la concentration d'essai c_t du mesurande (ppb ou ppm) ;
- c_t est la concentration en mesurande du gaz d'essai (valeur limite de référence) (ppb ou ppm) ;
- VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm).

3.7. Influence des interférents autres que la vapeur d'eau

L'incertitude-type due aux **interférents** (autres que la vapeur d'eau) **au niveau de la valeur limite de référence** u_{int} , est calculée comme suit.

L'incertitude associée à chaque interférent i est donnée par les équations suivantes :

$$X_{int,i,VL} = ((X_{int,i,c_t} - X_{int,i,z}) / c_t) \times VL + X_{int,i,z}$$

$$u_{int,i} = \left| X_{int,i,VL} / c_{int,i} \right| \times \sqrt{((c_{int,i,max} - c_{int,i,cal})^2 + (c_{int,i,max} - c_{int,i,cal}) \times (c_{int,i,min} - c_{int,i,cal}) + (c_{int,i,min} - c_{int,i,cal})^2) / 3}$$

où

- $u_{int,i}$ est l'incertitude-type due à l'interférent i (ppb ou ppm) ;
- $X_{int,i,VL}$ est l'influence d'une concentration $c_{int,i}$ en interférent i au niveau de la valeur limite de référence en mesurande (ppb ou ppm) ;
- $X_{int,i,z}$ est l'influence d'une concentration $c_{int,i}$ en interférent i à la concentration zéro en mesurande (ppb ou ppm) ;
- X_{int,i,c_t} est l'influence d'une concentration $c_{int,i}$ en interférent i à la concentration d'essai c_t du mesurande (ppb ou ppm) ;
- c_t est la concentration en mesurande du gaz d'essai (ppb ou ppm) ;
- $c_{int,i}$ est la concentration en interférent i générée pendant le test ;
- VL est la valeur limite de référence en mesurande (ppb ou ppm) ;
- $c_{int,i,max}$ est la concentration maximale de la plage de variation sur site de l'interférent i ;
- $c_{int,i,min}$ est la concentration minimale de la plage de variation sur site de l'interférent i ;

$C_{int,i,cal}$ est la concentration de l'interfèrent i dans le gaz utilisé pour l'ajustage de l'analyseur.

Conformément à la norme NF EN ISO 14956, l'incertitude-type liée aux interférents est estimée en calculant la somme des incertitudes dues aux interférents ayant un impact positif et la somme des incertitudes dues aux interférents ayant un impact négatif, l'incertitude associée à chaque interfèrent étant calculée comme indiqué ci-dessus.

$$S_{int,p} = \sum_{k=1}^m u(C_{int,k,p})$$

$$S_{int,n} = \sum_{j=1}^t u(C_{int,j,n})$$

avec :

$S_{int,p}$ la somme des incertitudes-types associées aux interférents ayant un impact positif ;

$u(C_{int,k,p})$ l'incertitude-type due au $k^{\text{ème}}$ interfèrent ayant un impact positif ;

$S_{int,n}$ la somme des incertitudes-types associées aux interférents ayant un impact négatif ;

$u(C_{int,j,n})$ l'incertitude-type due au $j^{\text{ème}}$ interfèrent ayant un impact négatif.

La somme la plus élevée est prise comme valeur d'incertitude liée aux interférents :

$$u_{int} = \max [S_{int,p}; S_{int,n}] \quad (7)$$

Note : Dans le cas de la mesure de benzène, 2 interférents ou « famille » d'interférents sont testés, l'ozone et un mélange de composés organiques. Chaque résultat est pris en compte dans le calcul de l'incertitude composée quel que soit l'effet, positif ou négatif.

3.8. Erreur de moyennage

L'incertitude-type due à l'**erreur de moyennage** u_{moy} , est calculée comme suit :

$$u_{moy} = ((X_{moy} / 100) \times VL) / \sqrt{3} \quad (8)$$

où

u_{moy} est l'incertitude-type due à l'erreur de moyennage (ppb ou ppm) ;

X_{moy} est l'erreur de moyennage (% de la valeur mesurée) ;

VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm).

3.9. Différence entre port de prélèvement et port de calibrage

L'incertitude-type due à la **différence entre le port de prélèvement et le port de calibrage** u_{ports} est calculée comme suit :

$$u_{ports} = ((X_{ports} / 100) \times VL) / \sqrt{3} \quad (9)$$

où

u_{ports} est l'incertitude-type due à la différence entre le port de prélèvement et le port de calibrage (ppb ou ppm) ;

X_{ports} est la différence entre le port de prélèvement et le port de calibrage (%) ;

VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm).

3.10. Répétabilité à zéro

L'incertitude-type due à la **répétabilité à zéro**, $u_{r,z}$, est calculée comme suit :

$$u_{r,z} = s_{r,z} / \sqrt{m} \quad (10)$$

avec : $m = t / (T_r + T_f) / 2$

où

$u_{r,z}$ est l'incertitude-type due à la répétabilité au niveau zéro (ppb ou ppm) ;

$s_{r,z}$ est l'écart-type de répétabilité au niveau zéro (ppb ou ppm) ;

t est égal à 3 600 s ;

T_r est le temps de réponse à la montée (s) ;

T_f est le temps de réponse à la descente (s) ;

m est le nombre de mesurages élémentaires effectués en 3600 s.

3.11. Répétabilité au niveau de la valeur limite de référence

L'incertitude-type due à la **répétabilité au niveau de la valeur limite de référence**, $u_{r,vL}$, est calculée comme suit :

- Pour CO, NOx, O₃, SO₂ :

$$u_{r,vL} = s_{r,vL} / \sqrt{m} \quad (11)$$

avec : $m = t / (T_r + T_f) / 2$

$$s_{r,vL} = (VL / c_t) \times s_{r,ct}$$

- Pour C₆H₆ :

$$u_{r,vL} = s_{r,vL} \quad (11')$$

où

$u_{r,vL}$ est l'incertitude-type due à la répétabilité au niveau de la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;

$s_{r,vL}$ est l'écart-type de répétabilité au niveau de la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;

t est égal à 3 600 s ;

T_r est le temps de réponse à la montée (s) ;

T_f est le temps de réponse à la descente (s) ;

VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;

c_t est la concentration du gaz d'essai (au niveau de la valeur limite de référence) (ppb ou ppm) ;

$s_{r,ct}$ est l'écart-type de répétabilité à la concentration du gaz d'essai (ppb ou ppm) ;

m est le nombre de mesurages effectués.

3.12. Reproductibilité au niveau de la valeur limite de référence

L'incertitude-type due à la **reproductibilité sur site au niveau de la valeur limite de référence**, u_{Rsite} , est calculée comme suit :

$$u_{R_{site}} = \frac{S_{R_{site}}}{100} \times VL \quad (12)$$

où

$u_{R_{site}}$ est l'incertitude-type due à la reproductibilité sur site au niveau de la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;

$S_{R_{site}}$ est l'écart-type de reproductibilité sur site (% de la concentration) ;

VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm).

3.13. Dérive à long terme au niveau du zéro

L'incertitude-type due à la **dérive à long terme au niveau zéro**, $u_{D_{lt,z}}$, est calculée comme suit :

$$u_{D_{lt,z}} = D_z / \sqrt{3} \quad (13)$$

où

$u_{D_{lt,z}}$ est l'incertitude due à la dérive à long terme au zéro (ppb ou ppm) ;

D_z est la dérive à long terme au zéro (ppb ou ppm).

3.14. Dérive à long terme au niveau de la valeur limite de référence

L'incertitude-type due à la **dérive à long terme au niveau de la valeur limite de référence**, $u_{D_{lt,VL}}$, est calculée comme suit :

$$u_{D_{lt,VL}} = (D_{lt,ct} / 100) \times VL / \sqrt{3} \quad (14)$$

où

$u_{D_{lt,VL}}$ est l'incertitude due à la dérive à long terme au niveau de la valeur limite de référence (ppb ou ppm) ;

$D_{lt,ct}$ est la dérive à long terme en concentration (%) ;

VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm).

Note : Dans le cas des analyseurs de CO, NOx, O₃ et SO₂, la période de dérive est de 3 mois. Dans le cas des analyseurs de C₆H₆, la période de dérive est de 15 jours.

3.15. Gaz de calibrage

L'incertitude-type due au **gaz de calibrage**, u_{cal} , est calculée comme suit :

$$u_{cal} = ((X_{cal} / 100) \times VL) / 2 \quad (15)$$

où

u_{cal} est l'incertitude-type due au gaz de calibrage (ppb ou ppm) ;

X_{cal} est l'incertitude (élargie) du gaz de calibrage (%) ; cette incertitude élargie est prise, par défaut, égale à 6% pour les calculs.

VL est la valeur limite de référence (ppb ou ppm).

3.16. Rendement du convertisseur des analyseurs d'oxydes d'azote

L'incertitude-type due au **rendement de conversion**, u_{EC} , est calculée comme suit :

$$u_{EC} = (100 - E_c) / 100 \times VL / \sqrt{3} \quad (16)$$

où

u_{EC} est l'incertitude-type due au rendement de conversion (ppb) ;

E_c est le rendement de conversion (%) ;

VL est la valeur limite de référence (ppb).

3.17. Efficacité de prélèvement pour les analyseurs de benzène

L'incertitude-type liée à l'efficacité de prélèvement du collecteur pour les analyseurs de C₆H₆, u_{EP} , est calculée comme suit :

$$u_{EP} = (100 - E_p)/100 \times VL/\sqrt{3} \quad (17)$$

où

u_{EP} est l'incertitude-type liée à l'efficacité de prélèvement (ppm) ;

E_p est l'efficacité de prélèvement du collecteur (%) ;

VL est la valeur limite de référence (ppm).