

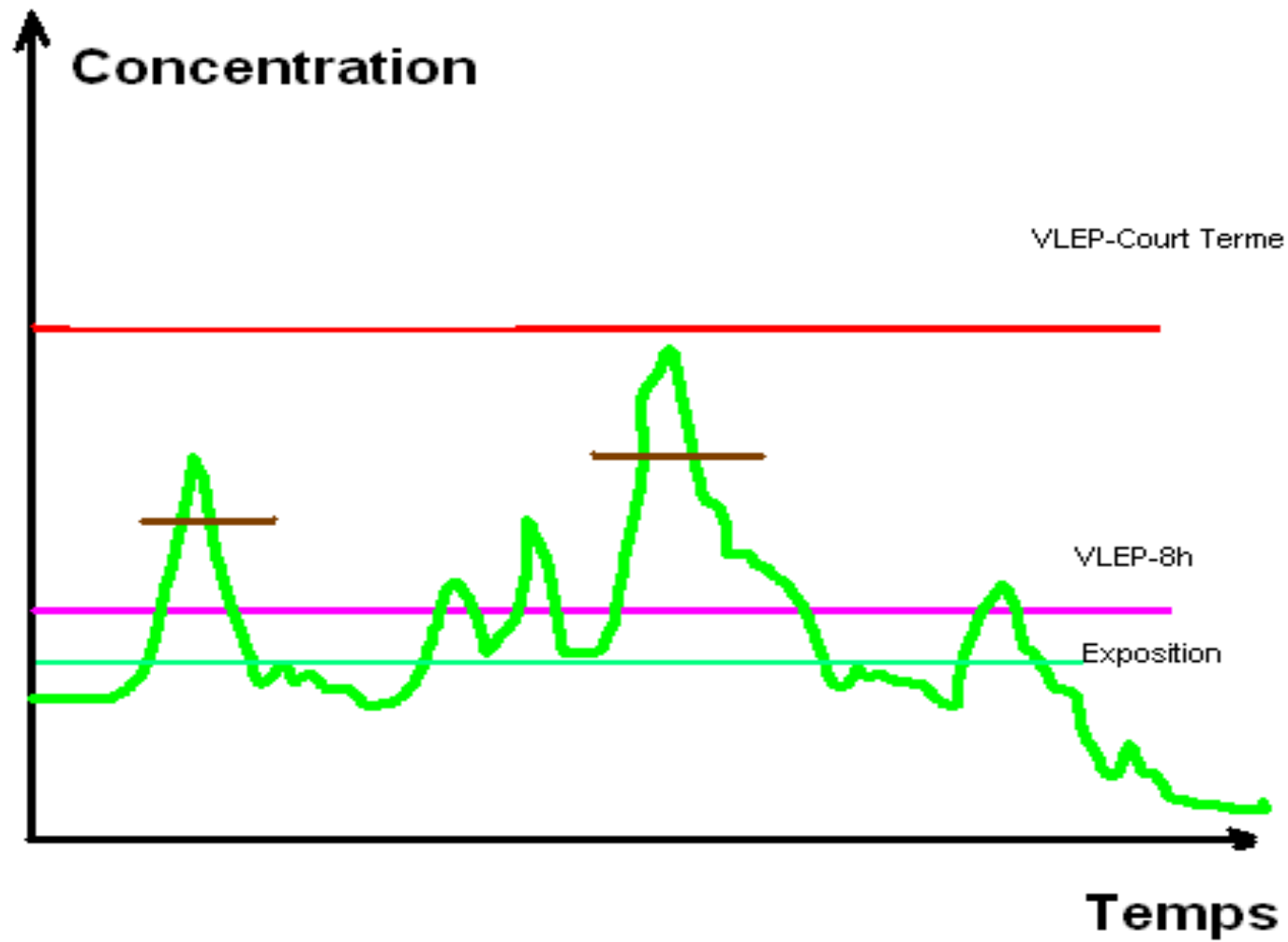


## Stratégie de mesurage de l'exposition aux fins de comparaison aux VLEP

R. Vincent  
INRS, Centre de Lorraine  
Unité Caractérisation du Risque Chimique



Institut national de recherche et de sécurité  
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles





## ■ Difficultés techniques liées au contrôle de VLEP

- ▶ Variabilité importante de l'exposition d'un jour à l'autre, en fonction, des fluctuations du procédé, de l'utilisation ou non de dispositifs de protection, des habitudes de travail de chaque salarié, des saisons...
- ▶ En pratique, il est généralement impossible de procéder à des mesures d'exposition chaque jour et pour chaque salarié
- ▶ Une mesure ponctuelle de l'exposition n'est représentative que du jour du mesurage
- ▶ **Nécessité d'appliquer une stratégie de prélèvement afin de disposer d'un ensemble de mesures représentatives qui permettront d'aboutir à un diagnostic fiable de dépassement ou de non dépassement des VLEP (EN 689 juillet 1995)**



## ■ Les limites du jugement d'experts

- ▶ L'expertise est nécessaire pour constituer des GEH en fonction de l'analyse des facteurs déterminants de l'exposition
- ▶ Cette expertise est inadéquate pour qualifier de manière fiable l'exposition
- ▶ Biais systématique : sous estimation
  - > *Etude du NIOSH, Ramachandran, 2005, Logan 2009...*

---

---

---

---

## ■ Evaluation de l'exposition et Incertitudes

### ▶ **Variance** prélèvement - analyse << **Variance** exposition

- « ...environmental variability is far more important than analytical variability ... A resulting policy implication is that the Occupational Safety and Health Administration inappropriately focuses on analytical variability when determining compliance with its exposure limits »

**Mark NICAS AIHA J 1991**

- « Finally, any compromise between sample size and precision of monitoring should come down heavily on the side of larger numbers of measurements since environmental variability is almost always much greater than error of measurement. »

**S.M. RAPPAPORT 1991**



## ■ La stratégie de prélèvement (Arrêté du 15/12/2009)

- ▶ Contrôle de l'exposition des groupes de travailleurs ayant une exposition homogène ou similaire (GEH ou SEG)
- ▶ Nombre minimal de mesures représentatives par GEH
- ▶ Evaluation initiale
- ▶ Contrôles périodiques
- ▶ Démarche d'interprétation des résultats
  
- ▶ *Il n'existe pas de stratégies de prélèvement et de méthodes de diagnostic idéales, sauf à mesurer chaque jour l'exposition de chaque travailleur.*

## ■ Le groupe d'exposition homogène (GEH)

- ▶ Un GEH est constitué par un ensemble de travailleurs qui ont a priori une exposition homogène ou similaire au regard des :

- > Postes de travail
- > Agents chimiques (utilisés ou émis)
- > Tâches
- > Procédés
- > Dispositifs de protection (collectifs et/ou individuels)

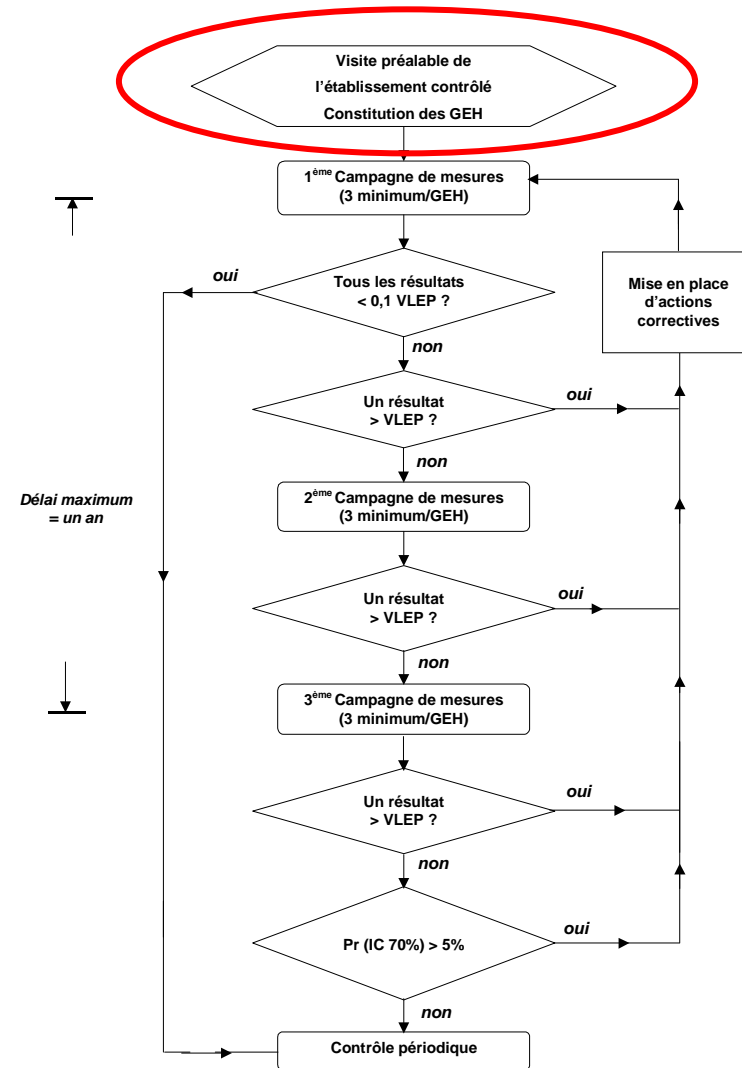
*Roach (1953), Ashford (1958)*

- ▶ « *Le GHE est défini comme un groupe de travailleurs aux tâches semblables, mais non nécessairement simultanées. Ces travailleurs ont, a priori, des conditions d'exposition semblables* » (EN- 689)
- ▶ En pratique le GEH peut ne correspondre qu'à un seul salarié

## ■ La visite préalable

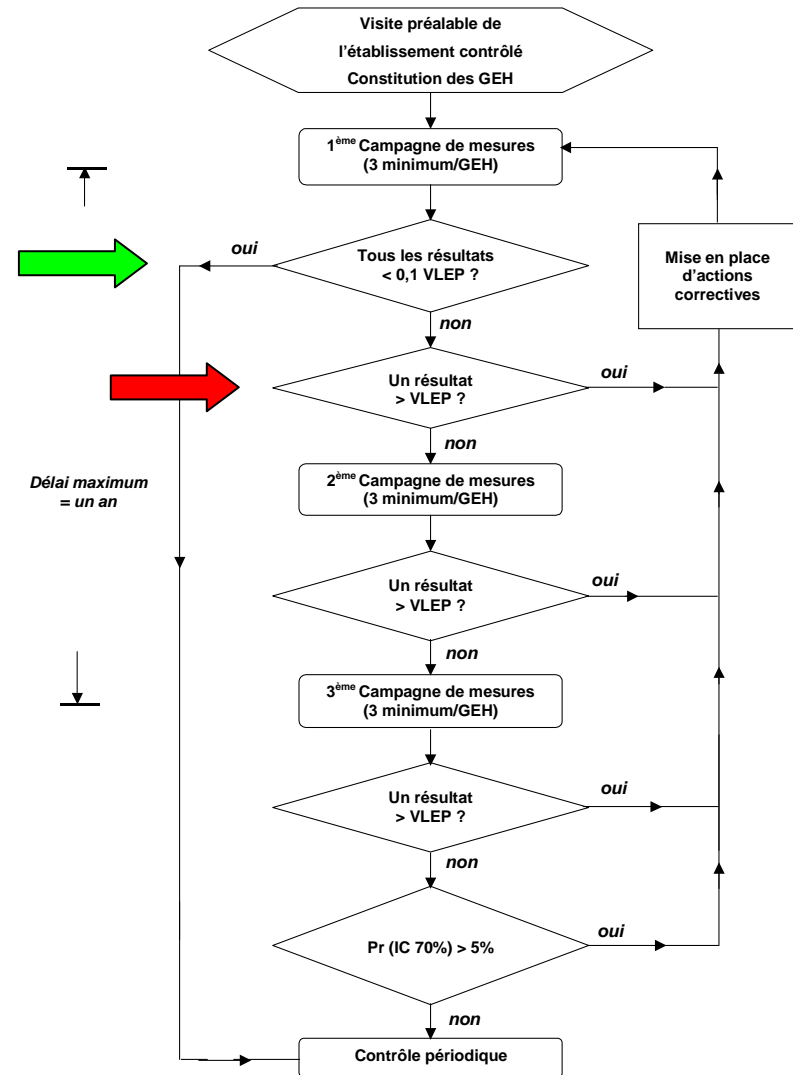
► Les GEHs sont constitués a priori lors de la visite préalable sur la base des informations mises à disposition par l'entreprise :

- > Organisation du travail
- > Liste des salariés
- > Procédés utilisés
- > Moyens de protection
- > Liste des produits (FDS)
- > Résultats de mesures antérieures ...



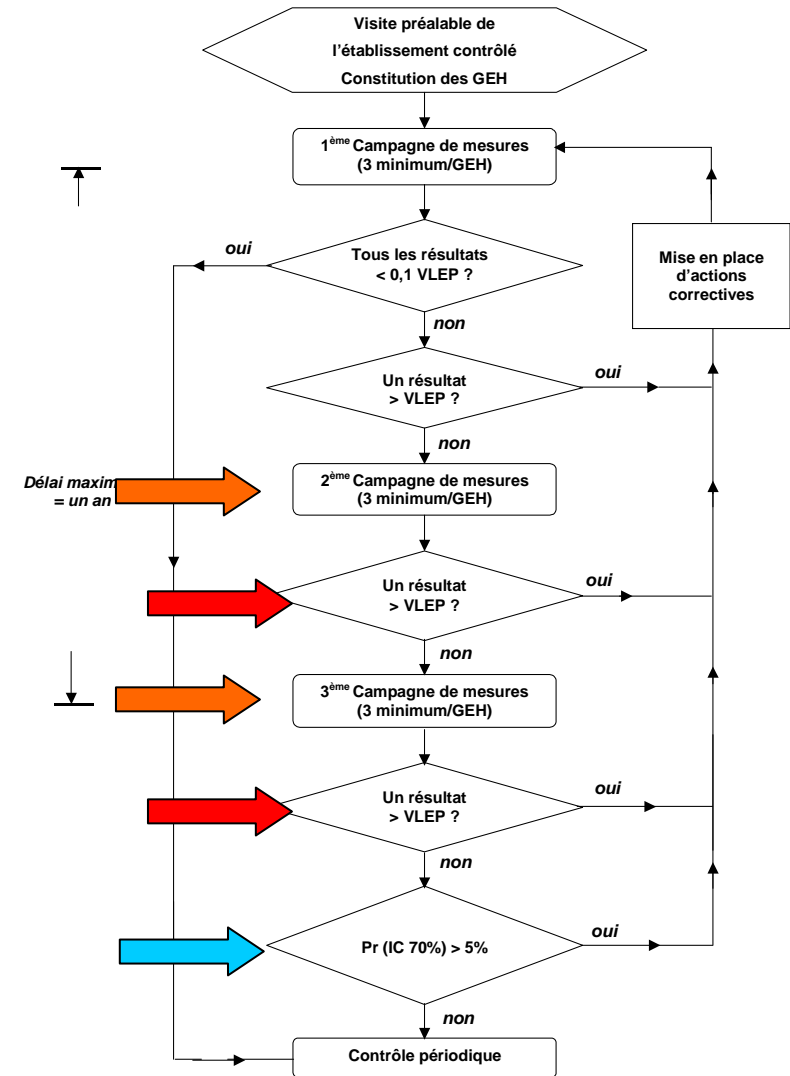
## ■ L'évaluation initiale

- ▶ Elle est réalisée sur une période maximale d'une année
- ▶ 3 campagnes de 3 mesures d'exposition par GEH
- ▶ *un ensemble d'au moins six mesurages est réalisé dans ce groupe, au niveau des zones respiratoires des individus ; le programme d'échantillonnage devrait viser à la représentativité du GHE (EN 689)*
- ▶ L'évaluation initiale est terminée si les trois mesures de la 1ère campagne sont toutes inférieures à 0,1 VLEP
- ▶ Elle est interrompue si l'une des trois mesures est supérieure à la VLEP



## ■ L'évaluation initiale

- ▶ Si à l'issue de la 1<sup>ère</sup> campagne, les résultats sont tous compris dans l'intervalle  $> 0,1 - 1 \text{ VLEP} <$  réalisation de 2 campagnes complémentaires de 3 mesures / GEH
- ▶ Elle est interrompue si au cours des deux campagnes l'une des trois mesures est supérieure à la VLEP
- ▶ A l'issue des trois campagnes de mesures, établissement du diagnostic de dépassement de la VLEP





## ■ Réalisation des prélèvements

- ▶ **Mesure d'exposition par prélèvement individuel** sauf si raisons impératives
- ▶ Les prélèvements sont réalisés en présence de l'organisme de contrôle qui recueille toutes les informations nécessaires et utiles pour :
- ▶ Valider la représentativité de chaque mesure
- ▶ Procéder au calcul des résultats en cas de port d'EPI ou de prélèvement partiel
- ▶ Valider la constitution des GEH
  - *Rappel l'hypothèse de GEH est validé au moins si l'écart type géométrique est inférieur à 3 (AYER H.E.-1988)*

## ■ Calcul de l'exposition

### ▶ Prélèvement partiel

- ▶ Nécessite de disposer d'éléments chiffrés pour calculer l'exposition dans le cas des VLEP-8 heures
  - > Durée de la mesure
  - > Durée de la journée de travail
  - > Durée de la phase non mesurée
  - > Exposition probable durant cette phase (mesure d'ambiance au minimum)
- ▶ En conclusion, dans le cas de VLEP-8h il vaut mieux procéder à une mesure de l'exposition sur une durée aussi proche que possible de la période de référence
- ▶ Si la durée d'exposition est supérieure à 8 h, il faut exprimer le résultat par rapport à 8 heures.(annexe B - EN 689)



## ■ Calcul de l'exposition

### ▶ Port d'un EPI

### ▶ Justification ?? Efficacité ??

### ▶ Proposition

- > Mesure par prélèvement individuel classique
- > Repérage des phases nécessitant le port d'un EPI (mesure de VLCT)
- > Estimation de la durée de port de l'EPI
- > Facteur de protection assignés (annexe C- NF EN 529)

## ■ Calcul de l'exposition

### ▶ Port d'un EPI

### ▶ Exemple - VLEP 8h

- > Durée de la journée de travail = 8 h
- > Port d'un masque type P1 pendant 2 heures
- > Facteur de protection assigné = 4
- > Résultat de la mesure avant correction = 100

### ▶ Exposition après correction

$$E = [(100 \times 6) + ((100 \times 2)/4)] / 8$$
$$= 75$$

## ■ Calcul de l'exposition

### ▶ Port d'un EPI

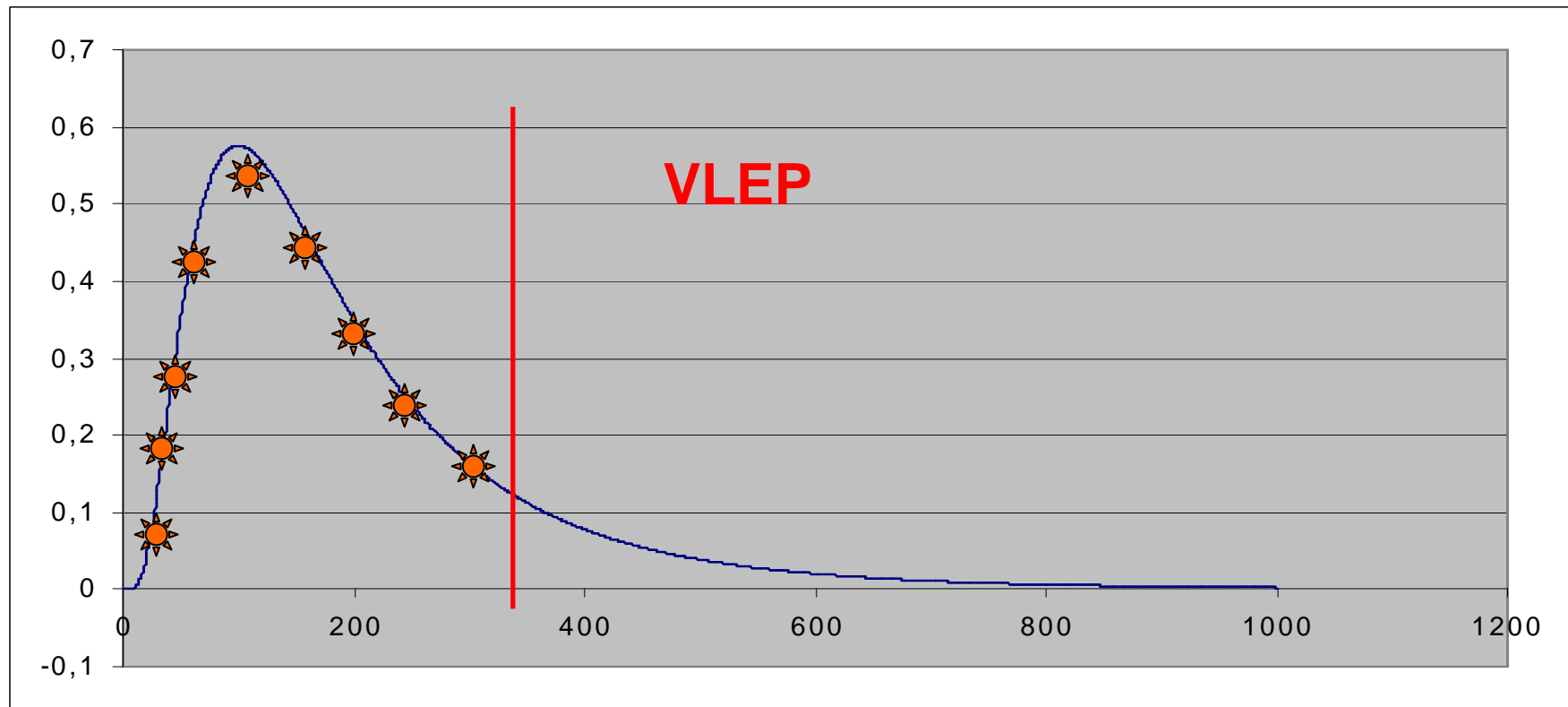
### ▶ Exemple – VLCT (15 minutes)

- > Port d'un masque type FF P2 pendant une phase d'exposition courte (moins de 15')
- > Mesure de concentration sur 15'
- > Facteur de protection assigné = 10
- > Résultat de la mesure avant correction = 1000

### ▶ Exposition après correction

$$\begin{aligned} E &= 1000/10 \\ &= 100 \end{aligned}$$

## ■ Diagnostic dépassement VLEP



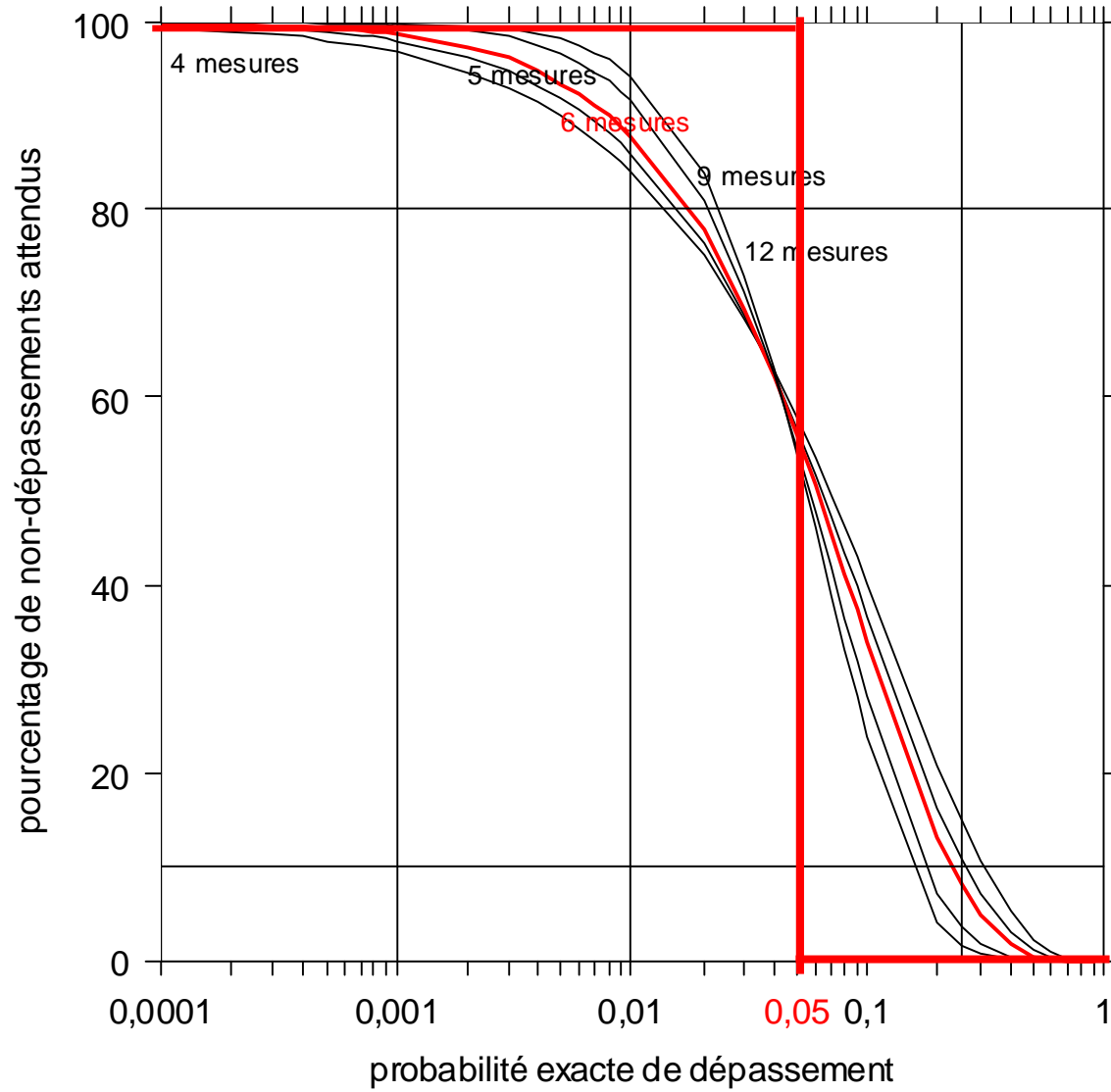
**Borne supérieure IC (70% [P] ≤ 5 % : non dépassement**

Les diagnostic est réalisé en calculant la borne supérieure de l'intervalle de confiance (IC) à 70% de la probabilité de dépassement de la VLEP (5%) en référence à une loi de distribution log-normale

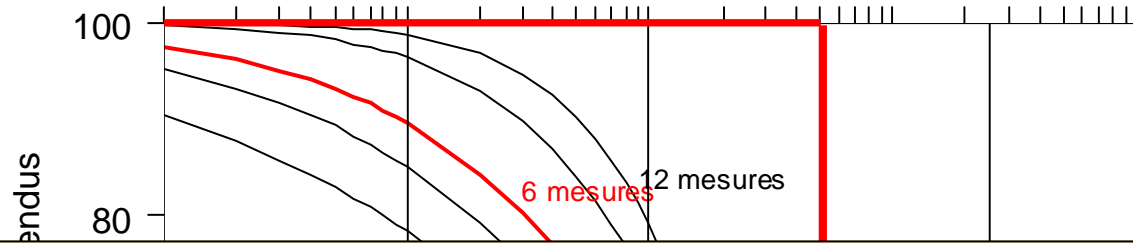
**Borne supérieure IC (70% [P] > 5 % : dépassement**

**VLEP**

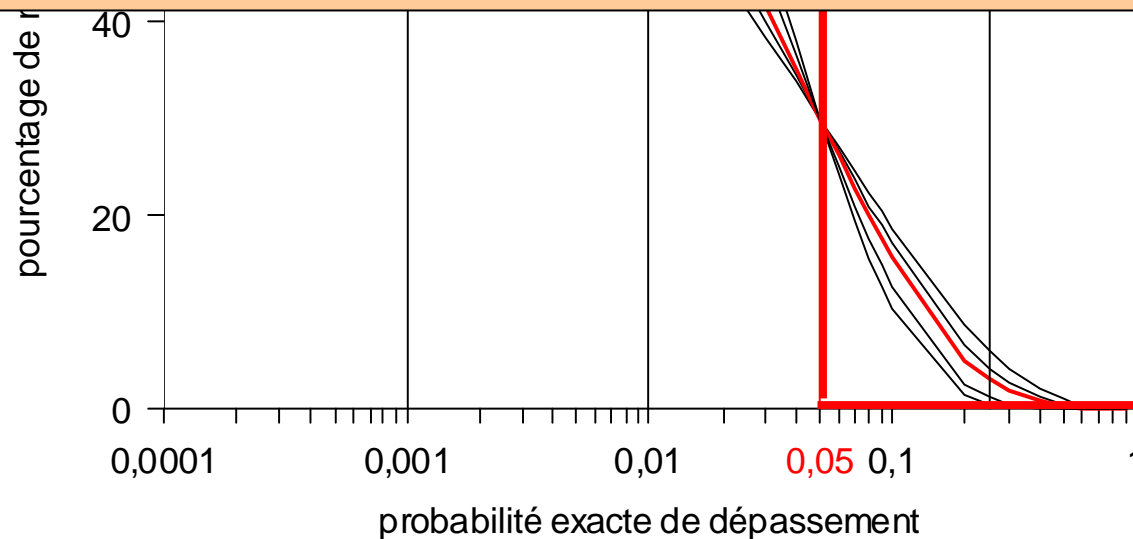
## ■ Approche probabiliste (EN 689)



## ■ Borne supérieure IC 70% Pr>VLEP



En appliquant cette méthode de diagnostic de l'IC à 70%,  
la probabilité de mal classer une situation réelle de surexposition  
en référence à une VLEP est réduit par rapport  
à l'approche probabiliste indiquée dans la EN 689



## ■ Diagnostic de respect de la VLEP/GEH

▶ Référence à la loi de distribution Log-Normale

▶ Calcul des paramètres (9 mesures)

> Moyenne Géométrique

> Ecart Type Géométrique

$$U = \frac{\ln(VLEP) - \ln(M_G)}{\ln(s_G)}$$

▶ Calcul de la variable U

▶ A partir de cette valeur U et du nombre de mesures on détermine si la borne supérieure de l'IC à 70 % de la probabilité de dépassement de la VLEP est :

> supérieure à 5%



> Inférieure à 5%



---

---

---

---

## ■ Exemples d'application

**Substance X – VLEP 8 heures = 10 mg/m<sup>3</sup>**

- ▶ 1ère campagne : 0,5 – 3,5 - 2,9
- ▶ 2ème campagne : 5,3 – 2,5- 1,8
- ▶ 3ème campagne : 0,7 – 4,1- 2,2
- ▶ Calcul de la variable U
- ▶ Diagnostic basé sur la probabilité de dépassement de la VLEP (5%) Borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70%
- ▶ *Ces calculs sont réalisables avec le logiciel ALTREX disponible en téléchargement sur le site de l'INRS*

## ■ Calcul de la variable U

Résultats	Ln (Res)
0,5	-0,693
3,5	1,253
2,9	1,065
5,9	1,775
2,5	0,916
1,8	0,588
0,7	-0,357
4,1	1,411
2,2	0,788
<b>Moyenne</b>	0,750
<b>Ecart type</b>	0,806
<b>EG</b>	2,240

–  $\text{Ln}(10) = 2,302$

– Calcul de U

–  $U = (2,302 - 0,750) / 0,806$

**U = 1,925**

## ■ Diagnostic/VLEP

### ► Annexe 2- Arrêté VLEP

VALEURS SEUIL DE LA VARIABLE U POUR LA DÉTERMINATION DU DIAGNOSTIC DE DÉPASSEMENT DE LA VLEP EN FONCTION DU NOMBRE DE MESURES (Pr 5 % - I.C. 70 %)

NOMBRE DE MESURES	VALEUR SEUIL DE U
7	2,120
8	2,072
9	2,035
10	2,005



La VLEP est dépassée

Actions correctives puis nouvelle évaluation initiale



## ■ Diagnostic de respect de la VLEP/GEH

- ▶ *Si dépassement de la VLEP (8 heures ou court terme)*
  - > *Actions correctives*
  - > *Évaluation initiale*
  
- ▶ *Si non dépassement VLEP*
  - > *Contrôle annuel (3 mesures mini/GEH)*
  - > *Diagnostic VLEP en tenant compte des mesures précédentes sous réserve qu'il n'y ait pas de modifications significatives du process et des conditions d'exposition*



## ■ SCOLA

- ▶ *Archivage des données dans la base SCOLA*
- ▶ *Délai de 3 mois maxi après l'émission du rapport*
- ▶ *Exploitation annuelle des données*
- ▶ *Rapport d'activité adressé à la DGT*

---

---

---

---

## ■ Calendrier d'application

- A compter du 1er juillet 2011, les organismes effectuant des contrôles techniques destinés à vérifier le respect des valeurs limites d'exposition professionnelle sont en outre accrédités sur la base des exigences du titre II du présent arrêté et selon les modalités prévues à l'annexe 3. **(SCOLA)**
- A compter du 1er janvier 2013, les organismes effectuant des contrôles techniques destinés à vérifier le respect des valeurs limites d'exposition professionnelle sont en outre accrédités sur la base des exigences du titre III du présent arrêté. **(Stratégie et diagnostic)**