

# Congrès Sochaux SFRP 2010

Seuil de décision et limite de détection en mesure  
de débit de dose  
vs sensibilité du détecteur

Alain VIVIER  
INSTN / CEA / Saclay

- L'objectif de cet exposé est de décliner, à l'aide d'outils de simulation réalistes, le concept de seuil de décision et de limite de détection, couramment utilisé dans des domaines de mesures telles que la spectrométrie gamma ou alpha par exemple, dans le domaine de la mesure de débit de dose, avec ses système de mesure spécifiques tel que les radiamètres.

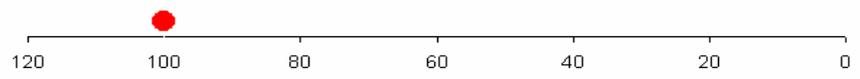
## 1) Exposé du problème . De la nécessité d'un seuil de décision

- Nous partons d'un schéma expérimental constitué d'un compteur classique constitué par un cristal de Germanium de petite dimension de volume  $0,50 \text{ cm}^3$ .
- On souhaite mesurer un objet susceptible d'être radioactif, et donc de générer un débit de dose à une distance donnée, ici  $100 \text{ cm}$ , durant un temps d'intégration donné de  $10 \text{ s}$  et une distance de  $100 \text{ cm}$ .
- Dans ces conditions une première mesure de cet objet donne un résultat de 27 coups. Bien évidemment, ce résultat, pour devenir significatif de l'objet mesuré, doit être corrigé du comptage de bruit de fond. Or une mesure de bruit de fond dans ces conditions est susceptible de donner par exemple un comptage de 18 coups.
- Ainsi, sans même calculer le comptage net et son incertitude associée on ne peut affirmer qu'il y a « quelque chose » dans cet objet, le problème étant que l'on ne peut pour autant pas affirmer à l'inverse qu'il n'y a rien. Nous nous retrouvons ainsi dans un état d'indécision désagréable. C'est ici qu'apparaît le concept de seuil de décision, que l'on peut définir de façon pragmatique de la façon suivante :

Distance source-détecteur 100 cm

VOLUME détecteur 0,50 cm<sup>3</sup>

Compteur vers radiamètre



- Objet radioactif ?
- Bruit de fond

**COMPTEUR**

Temps d'intégration 10 s

N	DED H' (10)
27	

Lancer cycle comptages (300)

SD

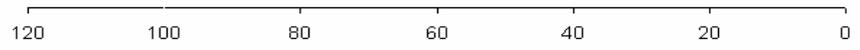
Mesure objet avec un comptage brut égal à 27

retour

Distance source-détecteur 100 cm

VOLUME détecteur 0,50 cm<sup>3</sup>

Compteur vers radiamètre



- Objet radioactif ?
- Bruit de fond

**COMPTEUR**

SD

Temps d'intégration 10 s

N	DED H' (10)
18	

Lancer cycle comptages (300)

retour

Mesure bruit de fond avec un comptage égal à 18

- . C'est ici qu'apparaît la nécessité de construire un seuil de décision de la façon suivante :
- Le seuil de décision est une valeur sur l'axe des résultats expérimentaux telle qu'à partir de cette valeur et au delà on peut conclure avec une **quasi-certitude** que le résultat de mesure est significatif d'une radioactivité avérée dans l'objet mesurée. On parlera alors « d'effet détecté ».

- Auparavant nous allons transformer ce compteur en radiamètre en utilisant un coefficient d'étalonnage  $N$  défini par

$$N_{[\mu\text{Sv/h}]/[\text{cp/s}]} = \frac{\textit{Débit de dose}}{\textit{Valeur de comptage}}$$

Distance source-détecteur

100 cm

VOLUME détecteur 0,50 cm<sup>3</sup>

Compteur vers radianmètre

Cs 137 étalon 100 MBq :  
 9,21 µSv à 100 cm



- Objet radioactif ?
- Bruit de fond

**COMPTEUR**

Temps d'intégration: 10 s

N	DED H <sup>+</sup> (10)
1442	9,38 µSV/h

Lancer cycle comptages (300)

Etalonnage automatique

Coefficient d'étalonnage Cs 137	
DED γ 100 cm étalon	9,21 µSv/h
BdF	28
Brut	1444
Net	1416
Temps d'intégration	10 s
Taux compt. Net	142 cp/s
Coef.étal. N (Cs 137) [DED]/[cp/s]	0,07 [µSv/h]/ [cp/s]
Sensibilité volumique instantanée (cps/ded/vol)	31 cp/s/ DED/cm <sup>3</sup>
Sensibilité totale (coup/ded)	154 coup/ DED

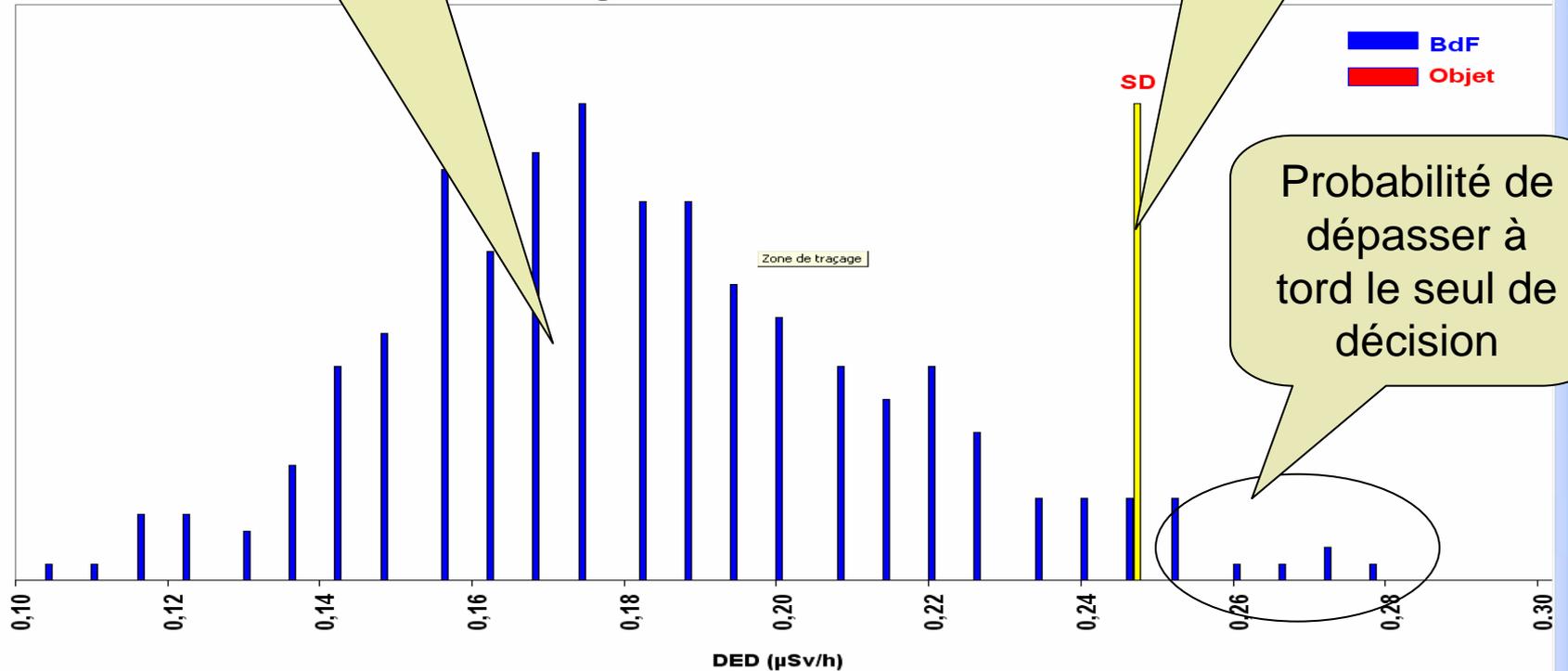
retour

- Dans ces conditions on peut obtenir l'histogramme des mesures de bruit de fond en terme de débit de dose :

Distribution des mesures de débit de dose du bruit de fond

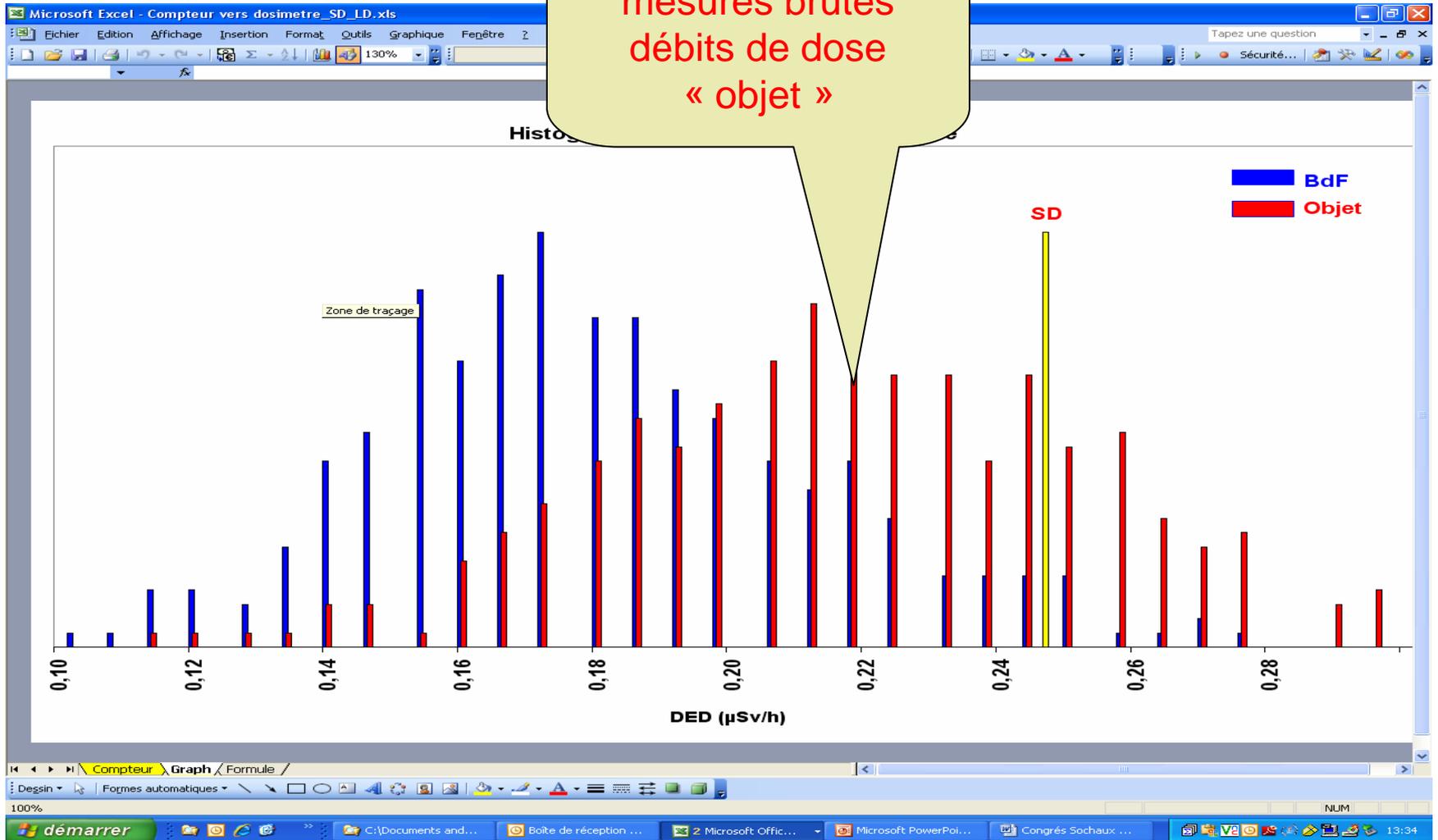
Détermination du seuil de décision

Histogramme mesures de débit de dose



- Dans ces conditions là on constate en répétant la mesure avec un objet, réellement radioactif, que celui-ci est déclaré la plupart du temps « non détecté » :

Histogramme des  
mesures brutes  
débits de dose  
« objet »



Si l'on souhaite augmenter la capacité de détection il faut augmenter la sensibilité du détecteur définie par :

$$S = \frac{\textit{Nombre de coup}}{\textit{Débit de dose}}$$

Ici  $S = 154 \text{ coup}/(\mu\text{Sv/h})$

On peut augmenter la sensibilité en augmentant le volume du détecteur :

Distance source-détecteur 100 cm

Volume détecteur 2,00 cm<sup>3</sup>



Compteur vers radianmètre

Cs 137 étalon 100 MBq :  
9,21 μSv à 100 cm

- Objet radioactif ?
- Bruit de fond

**COMPTEUR**

Temps d'intégration 10 s

10,0 s

N 133

DED H\* (10) 0,22 μSv/h

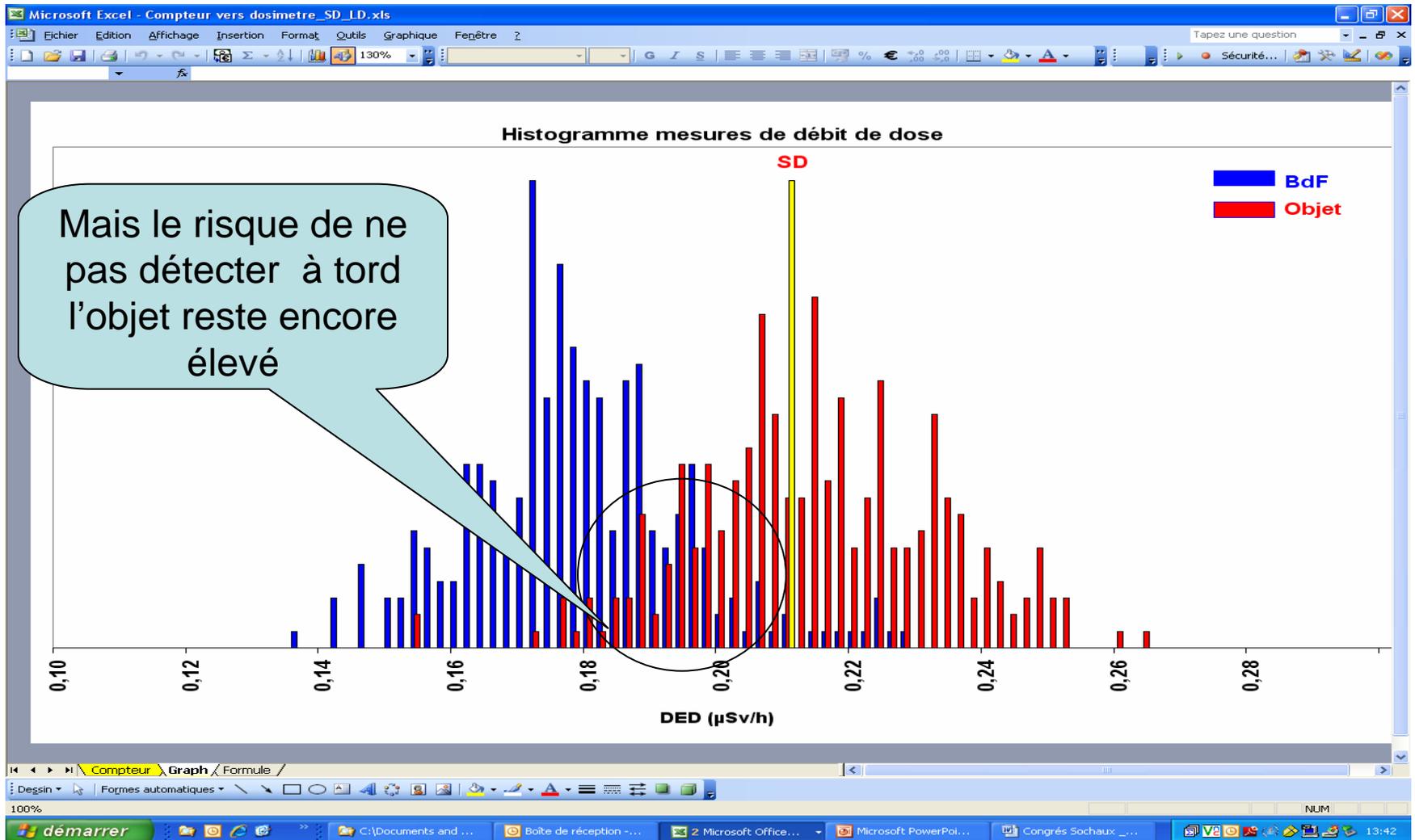
Lancer cycle comptages (300)

SD

Etalonnage automatique	
Coefficient d'étalonnage Cs 137	
DED γ 100 cm étalon	9,21 μSv/h
BdF	110
Brut	5772
Net	5662
Temps d'intégration	10 s
Taux compt. Net	566 cp/s
Coef.étal. N (Cs 137) [DED]/[cp/s]	0,02 [μSv/h]/ [cp/s]
Sensibilité volumique instantanée (cps/ded/vol)	31 cp/s/ DED/cm <sup>3</sup>
Sensibilité totale (coup/ded)	615 coup/ DED

retour

Dans ces conditions on constate que l'on peut résoudre plus aisément la mesure objet :



- On peut augmenter la sensibilité totale en augmentant le temps d'intégration;, en passant par exemple de 10 s à 40 s :

Distance source-détecteur 100 cm

Volume détecteur 2,00 cm<sup>3</sup>

120 100 80 60 40 20 0

Compteur vers radianmètre

Cs 137 étalon 100 MBq :  
9,21 μSv à 100 cm

- Objet radioactif ?
- Bruit de fond

**COMPTEUR**

Temps d'intégration 40,0 s 40 s

N	DED H' (10)
545	0,22 μSv/h

Lancer cycle comptages (300)

Etalonnage automatique	
Coefficient d'étalonnage Cs 137	
DED γ 100 cm étalon	9,21 μSv/h
BdF	438
Brut	22751
Net	22313
Temps d'intégration	40 s
Taux compt. Net	558 cp/s
Coef.étal. N (Cs 137) [DED]/[cp/s]	0,02 [μSv/h]/ [cp/s]
Sensibilité volumique instantanée (cps/ded/vol)	30 cp/s/ DED/cm <sup>3</sup>
Sensibilité totale (coup/ded)	2423 coup/ DED

retour

L'objet est maintenant en limite de détection : sa probabilité de détection est de l'ordre de 97,5 %, et à l'inverse sa probabilité de non détection (risque bêta) est fixé à environ 2,5% :

