



Spectrométrie Gamma

ALLINEI Pierre-Guy
DEN DTN/SMTM/LMN

PLAN



- Principales applications
- Présentation du matériel
 - Les détecteurs
 - Les électroniques
 - Les logiciels
- Interprétation des mesures
 - Expression d'activité par modélisation
 - Evaluation des Incertitudes

Principales applications de la spectrométrie gamma



	Exemples	Maitrise des conditions de mesure	Incertitudes
Mesures de Laboratoire	<ul style="list-style-type: none"> • échantillons • radio chimie • ... 		
Suivi de procédé	<ul style="list-style-type: none"> • ex CNP La Hague • Caractérisation K • ... 		
Mesures de conteneurs déchets	<ul style="list-style-type: none"> • fûts métalliques • coques • conteneurs 		
Mesures in-situ	<ul style="list-style-type: none"> • démantèlement • contamination REP • ... 		
Autres applications	<ul style="list-style-type: none"> • manips de physique • ... 	?	?

Tableau comparatif des principaux détecteurs utilisés en spectrométrie gamma



Semi
conducteurs

Scintillateurs

	Résolution	Efficacité	Maniabilité (Taille)	Gamme de mesure	Etendue de la gamme	Prix
Ge[HP]						
CdZnTe						
Nal						
BGO						
LaBr3						

Les électroniques d'acquisition

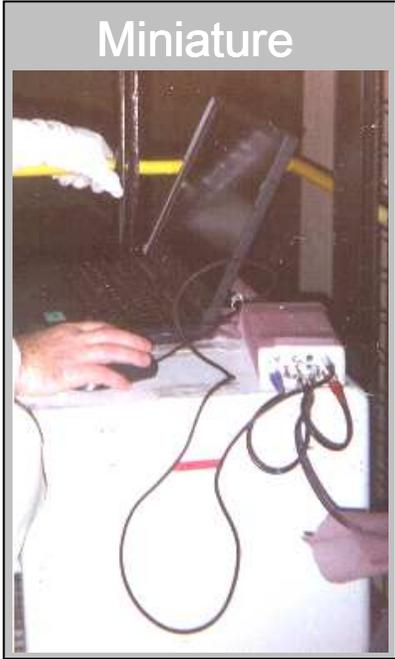
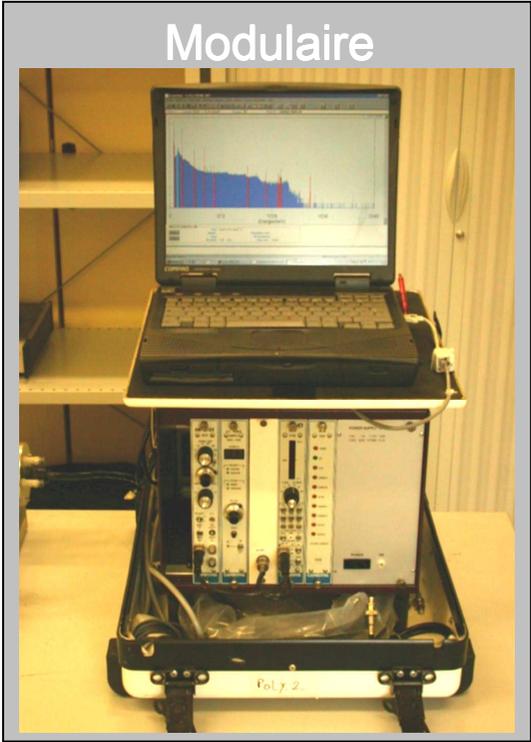


Choix du type en fonction de l'utilisation

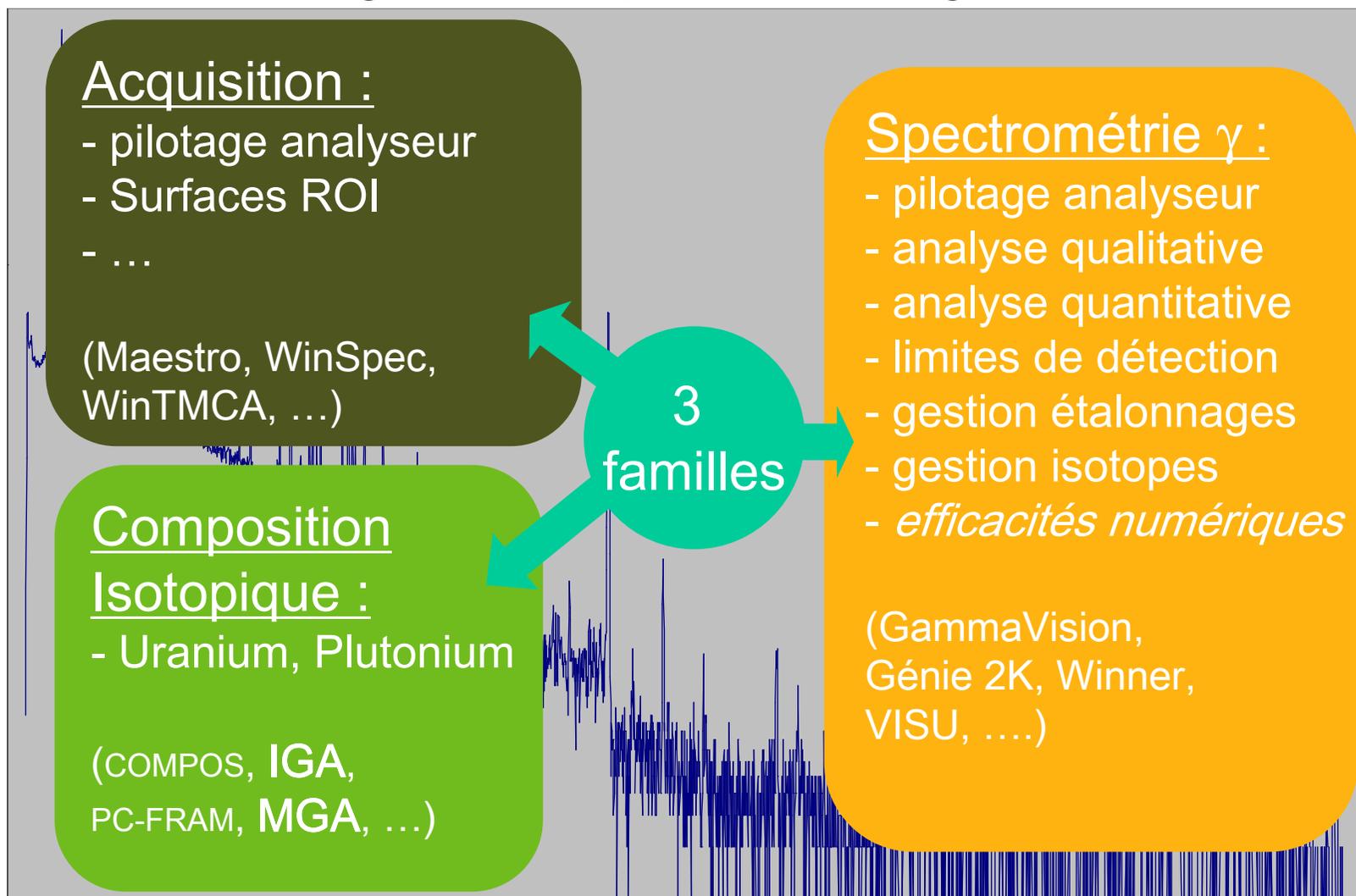
Capacité de traitement

Type de mesure

Détecteur



Les logiciels de spectrométrie gamma



Interprétation des mesures de spectrométrie gamma



	Exemples	Etalonnage	Incertitudes
Mesures de Laboratoire	<ul style="list-style-type: none"> • échantillons • radio chimie • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • étalons 	<ul style="list-style-type: none"> • expérimentales
Suivi de procédé	<ul style="list-style-type: none"> • ex CNP La Hague • Caractérisation K • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • étalons • références • modélisation 	<ul style="list-style-type: none"> • expérimentales • numérique
Mesures de conteneurs déchets	<ul style="list-style-type: none"> • fûts métalliques • coques • conteneurs 	<ul style="list-style-type: none"> • étalons • modélisation 	<ul style="list-style-type: none"> • expérimentales • numérique
Mesures in-situ	<ul style="list-style-type: none"> • démantèlement • contamination REP • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • modélisation 	<ul style="list-style-type: none"> • numérique
Autres applications	<ul style="list-style-type: none"> • manips de physique • ... 	?	?

Expression d'activité par modélisation



Déchets/Mesure in-situ : Compte tenu de la taille et de la forme des objets à mesurer l'emploi d'un étalon est souvent impossible

Modélisation
Numérique

Deux types de CODE

Atténuation en ligne droite
(mercure, microshield)



- convergence
- simplicité



- phys. simplifiée
- détecteur point

Monte Carlo
(mcnp, tripoli)



- physique
- mod. détecteur



- convergence
- complexité

CHOIX : en fonction du problème à traiter

Modélisation : choix du code de calcul



- **Conditions** qui **imposent** le choix d'un code de **Monte-Carlo** :
 - **Collimation** (*surface d'entrée du détecteur partiellement masquée*)
 - **Diffusion cohérente** (*milieux denses et énergies < 200 keV*)
 - **Modélisation des diffusés** (*rare en interprétation des mesures*)
 - **Détecteur immergé dans la source** (*Marinelli, Piscines, Terre, ...*)



Recalage expérimental

- **Conditions** qui **favorisent** le choix d'un code d'**atténuation en ligne droite**

- **Calcul multi-groupe** (*plusieurs énergies*)
- **Atténuations élevées** (*Pb de réduction de variance pour code MC*)
- **Intégration dans une application** (*simplicité de fonctionnement*)
- **Rapidité** (*résultats en 1mn maximum*)



Étalonnage expérimental

Modélisation : choix du code de calcul



- **Solution MIXTE** qui utilise les deux types de codes :

Ex : mesure derrière un mur des photons émis par ^{16}N (6,1 MeV)

- **Etalonnage du détecteur réalisé par un calcul Monte-Carlo**

(les sources étalons ne couvrent pas la gamme d'énergie)

- *modélisation d'après la fiche constructeur*
- *radiographies*
- *recalage expérimental*

- **Modélisation de la scène mesurée par un code calcul d'atténuation en ligne droite**

- *géométrie complexe avec de fortes atténuations*



Traitement de problèmes complexes

Modélisation : choix du code de calcul



- **OUTILS INTEGRES « CLEF en MAIN » :**
 - **Proposés en compléments de logiciels de spectrométrie gamma**
 - *CANBERRA : ISOCS, LABSOCS, PASCALYS*
 - *ITECH : Winner Geometry Composer*
 - *A&M : MATRICE*
 - *ORTEC...*
 - **Avantages :**
 - *Intégration au logiciel, plus de sources étalons, interface « simple »*
 - **Inconvénients**
 - *« Boite noire », incertitudes, simplifications, caractérisation du détecteur*

Evaluation des Incertitudes



MODELISATION :

- La réalité est mal connue
- La réalité est trop complexe pour être modélisée

SIMPLIFICATIONS

HOMOGENEISATIONS

Principale
source
d'erreurAdéquation
du modèle avec
la réalité
(dimensions, paramètres
physico-chimiques, ...)

Les incertitudes liées à la modélisation (*de type « B »*)

3 méthodes d'évaluation

Expérimentale :

- Sources étalons
- Analyses destructives

un biais

Numérique : • Majorant/Minorant

Bornes
min/max

Numérique : • Simulation d'une population

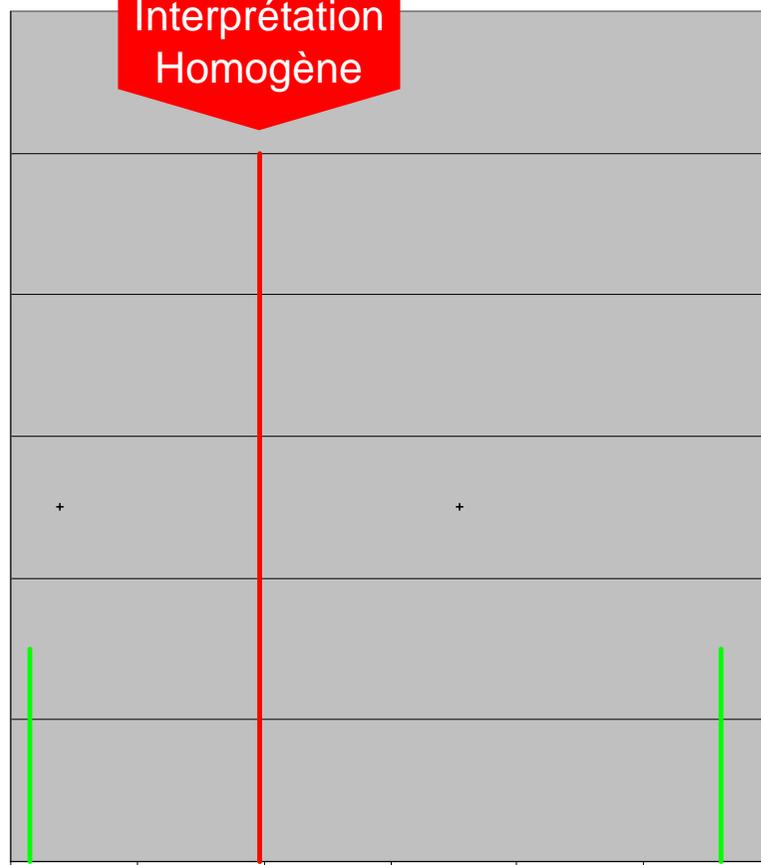
Distri-
bution

Evaluation numérique de l'incertitude de mesure

(méthode majorant / minorant)

cea

Interprétation
Homogène

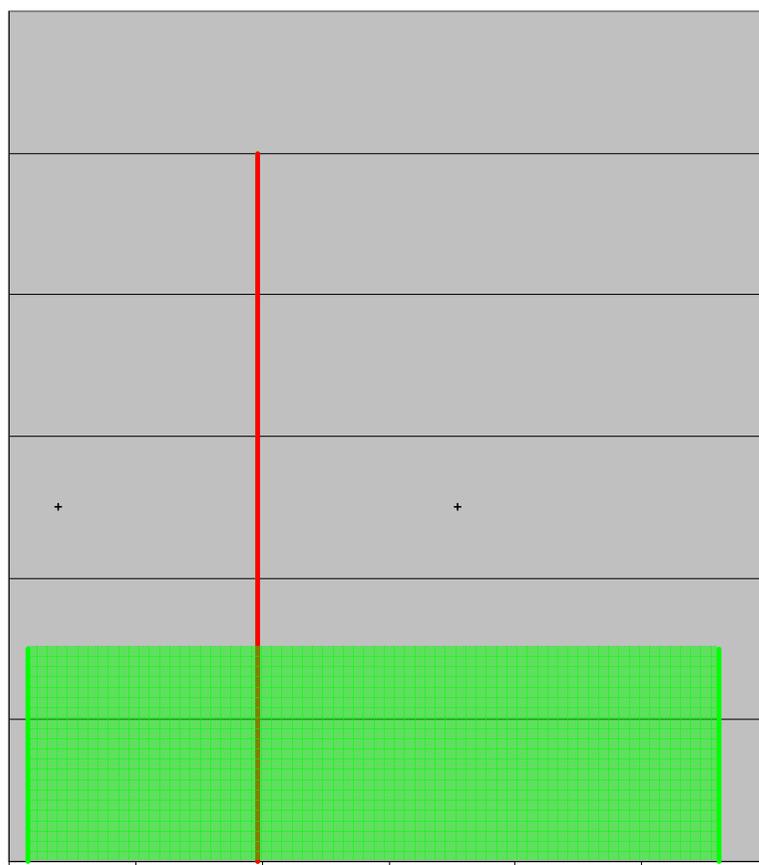


Min }
Max }

« fourchette » qui
encadre l'activité

Evaluation numérique de l'incertitude de mesure (méthode majorant / minorant)

cea

Min }
Max }

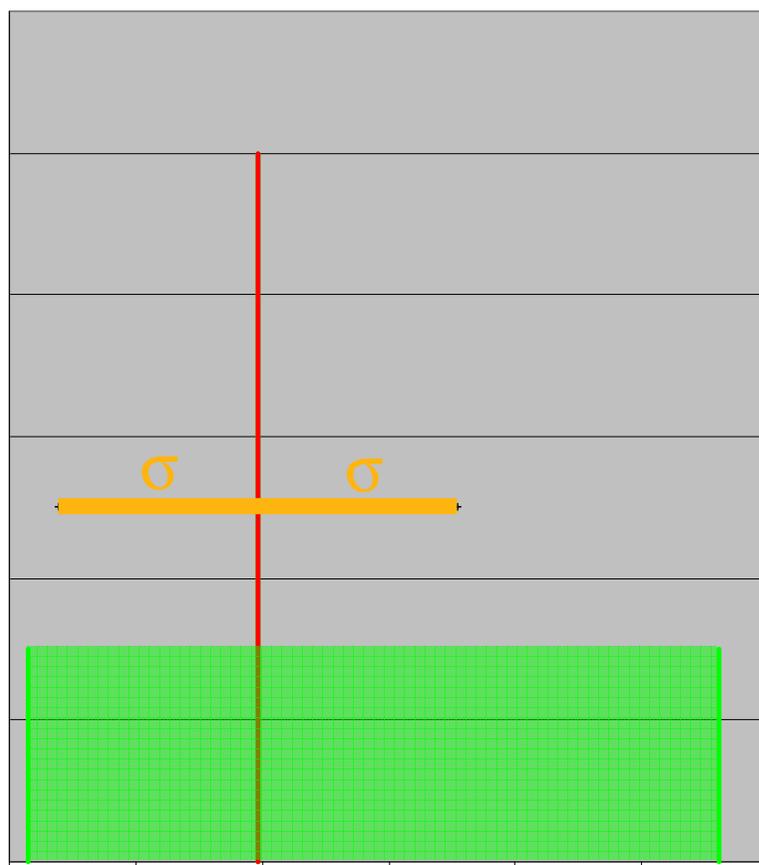
« fourchette » qui encadre l'activité

H

La répartition d'activité entre les bornes min/max suit une loi équiprobable

Evaluation numérique de l'incertitude de mesure (méthode majorant / minorant)

cea

Min }
Max }

« fourchette » qui encadre l'activité

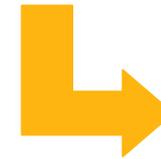
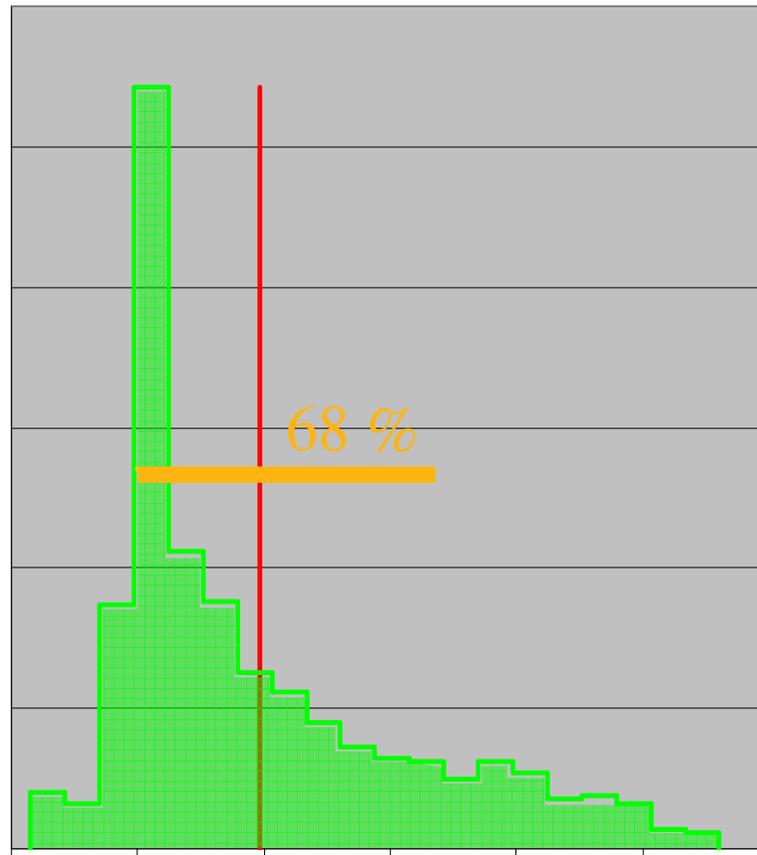
H

La répartition d'activité entre les bornes min/max suit une loi équiprobable

$$\sigma = \frac{\max - \min}{\sqrt{12}}$$

! : distribution asymétrique

Evaluation numérique de l'incertitude de mesure (méthode statistique)



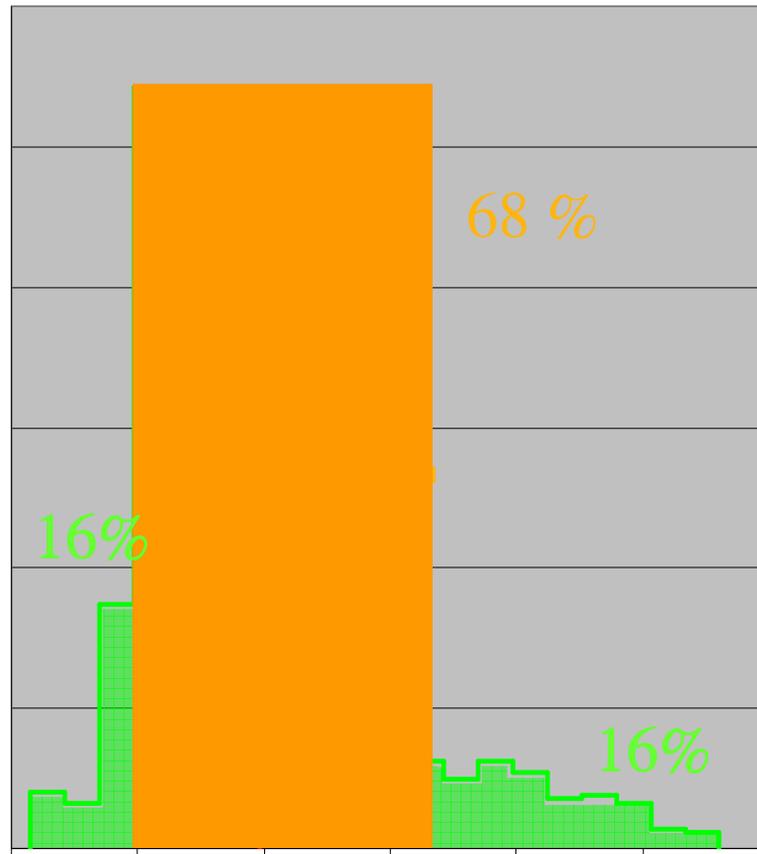
68% des individus
sont dans un intervalle:

68% { -a %
+b %

! : distribution asymétrique

Prise en compte dans le
calcul d'incertitude global ?

Evaluation numérique de l'incertitude de mesure (méthode statistique)



probabilité 68%
d'avoir une activité
comprise dans

l'intervalle: $\left\{ \begin{array}{l} X \\ Y \end{array} \right.$



disparition de
l'interprétation
homogène