



Detection, Measurement, Protection... For a Safer World

Nouvelle génération de matériel de détection et d'identification

Marc Guérin

Journées SFRP, La Hague, novembre 2009



MIRION
TECHNOLOGIES

Health Physics Division

Partie 1

Problématique



- **Détection fugitive, de faible niveau**
- **Cas du homeland security**
- **Méthode classique**
- **Alternative proposée**



MIRION
TECHNOLOGIES

Health Physics
Division



Détection fugitive à faible niveau

- **Problématique**

Présence fugitive (< 1s à quelques s)

Faible niveau (dans le bruit de fond)

Détection en temps réel (~1s)

Avec nécessité de discriminer si d'intérêt

- **Exemples**

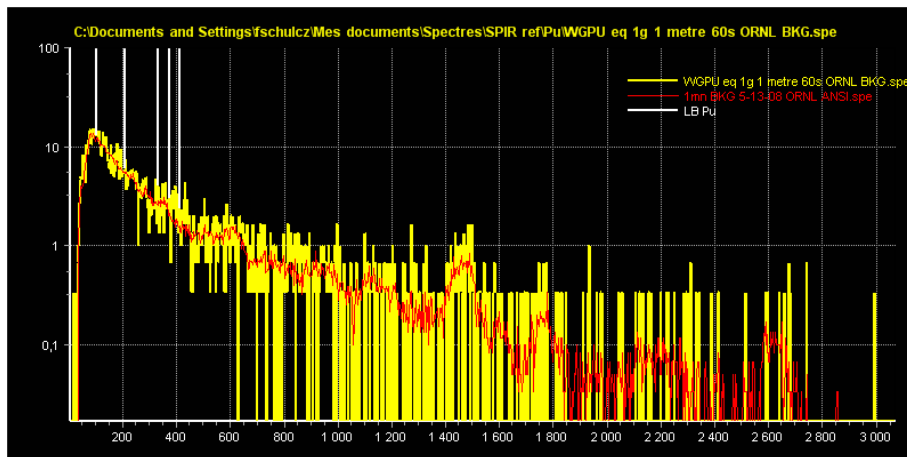
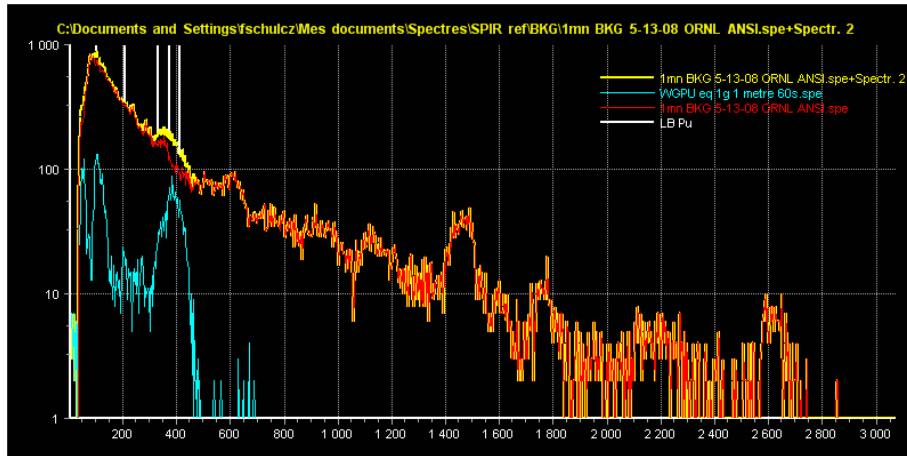
Contrôle non intrusif de piéton ou véhicules

*Recherche de source par des moyens
mobiles*

à pied, embarqué sur véhicule ou aéronef



Illustration de la problématique



- **Détection et identification d'un très faible niveau de Pu dans le bruit de fond naturel**

- BKG: 961 cps
- Pu: 85 cps

Pu non visible dans un spectre 3s mais identifié par SIA/Identpro



Cas particulier du homeland security



- **Circonstances variées d'utilisation opérationnelle**
 - Niveau de bruit de fond variable en niveau et nature
En mobile, nature du sol, géométrie et composition environnement
En fixe, ouverture de porte (radon),
- **Tentatives délibérées de dissimulation**
 - Présence possible d'écran
Blindage intentionnel, Chargement d'un véhicule
Diffusion par le porteur (in vivo)
 - Masquages par sources licites
Chargement de NORM
Présence licite d'isotope médicaux



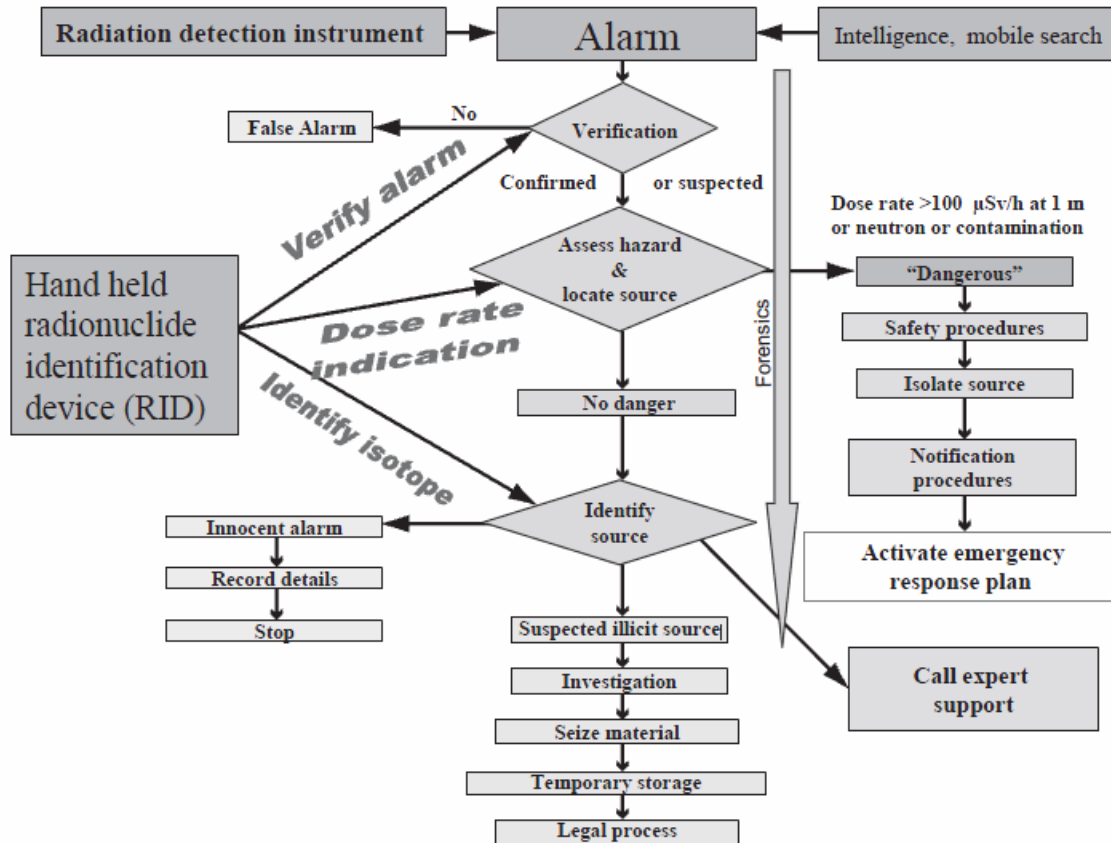
Exemples de scénarios de masquage



- **Energies proches avec intensités déséquilibrées**
 - ^{99m}Tc (médical) et HEU (SNM)
 - ^{131}I (médical) et Pu (SNM)
 - ^{67}Ga (médical) et HEU (SNM)
 - ^{226}Ra (NORM) et HEU (SNM)
- **Masquages dans backscattering ou front Compton**
 - HEU dans pic de backscattering ^{137}Cs
 - Pu dans front Compton ^{137}Cs
- **Juxtaposition d'isotopes simulant un autre isotope**
 - HEU + ^{237}Np très proche de ^{67}Ga



Méthode classique



- **Détection**
 - Présence d'une élévation de niveau / BdF
- **Confirmation**
 - Détection durable
- **Localisation**
 - recherche max niveau
- **Mesure intensité**
 - À une distance donnée
- **Identification**
 - Mesure longue 1 à 10 minutes

>> Séparation des étapes

Extrait document TECDOC IAEA publication 1240 (NSS1)



Nouvelle méthode



- La méthode classique n'est pas applicable en exposition transitoire et/ou si bruit de fond soudainement variable (utilisation mobile)
 - La nouvelle méthode consiste à, idéalement, être capable d'identifier au vol avec une sensibilité suffisante pour à minima classer si risque ou non
 - Attention les méthodes de catégorisation « grossières » (allure générale du spectre) ne permettent pas la catégorisation fiable Médicaux/SNM et ne résistent pas aux cas de masquage
- >> Seule une identification complète du ou des isotopes présents permet une catégorisation au vol fiable du risque
- C'est le challenge technique auquel répond la famille SPIR-Ident***



Partie 2 Technologie

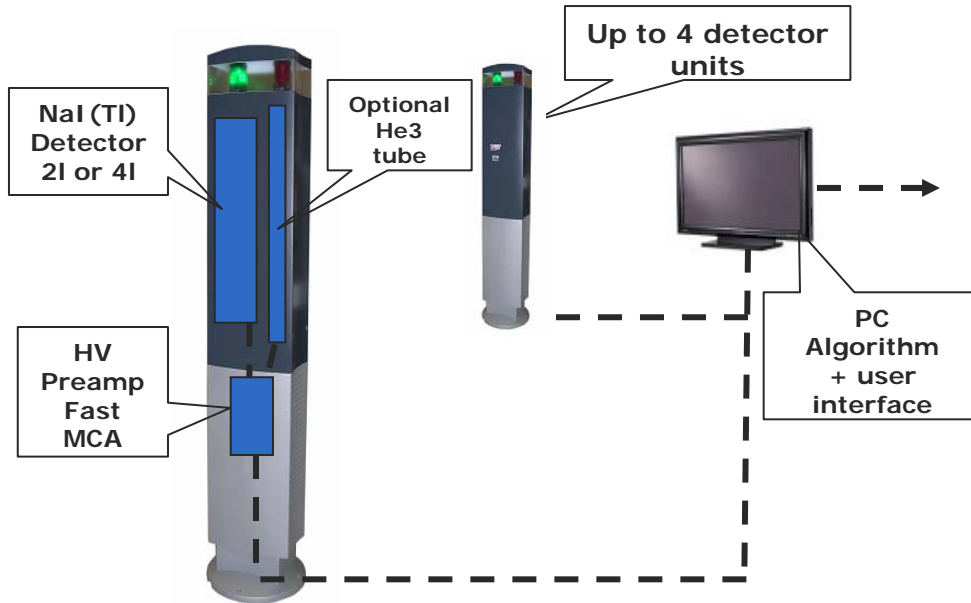
- Technologie SPIR-Ident
- L'algorithme SIA/ Identpro



MIRION
TECHNOLOGIES

Health Physics
Division

Technologie SPIR-IDENT général



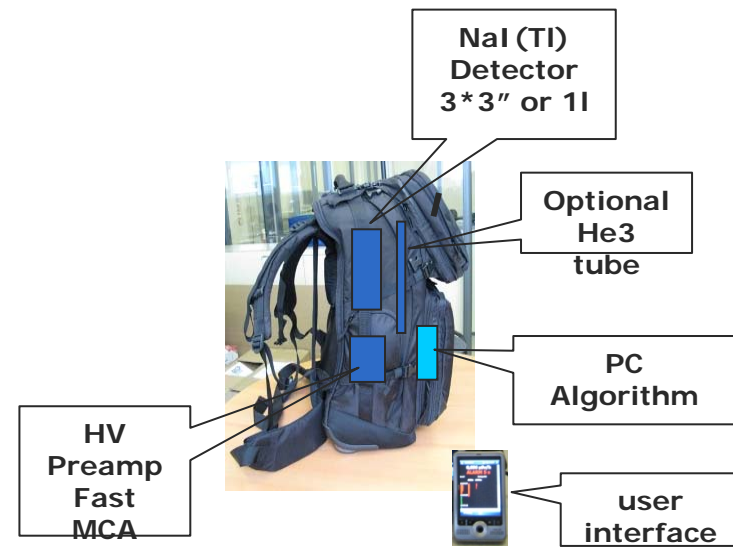
Objectif

- Détection de menaces radiologiques
- avec identification temps réel
 - Avec discrimination d'alarmes innocentes
 - Pour une caractérisation immédiate de la menace

concept de "Détection par l'identification"

Moyens:

- Spectrométrie avec grand NaI(Tl)
- Un ou plusieurs détecteurs (0,3 à 4*4 litres)
- Analyseur(s) rapide(s) numérique(s)
- Analyse en continu (0,5s)
- Autostabilisation, linéarisation, normalisation
- Algorithme adapté SIA/Identpro

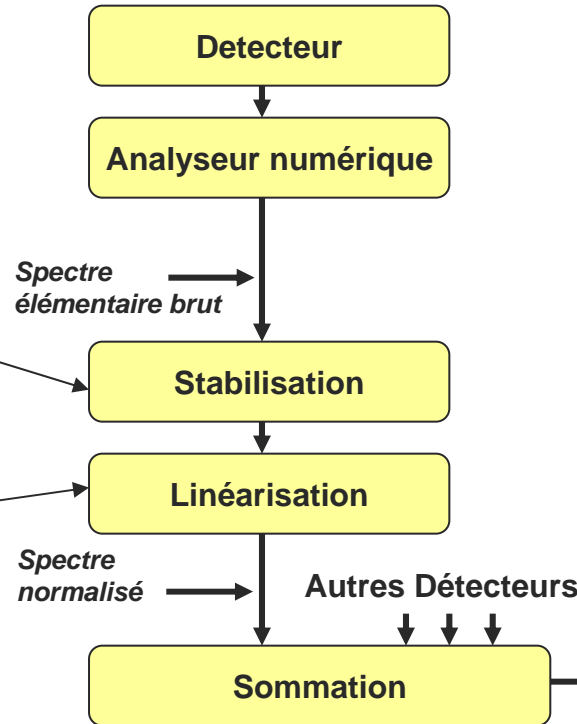


Technologie SPIR-IDENT

principe du traitement



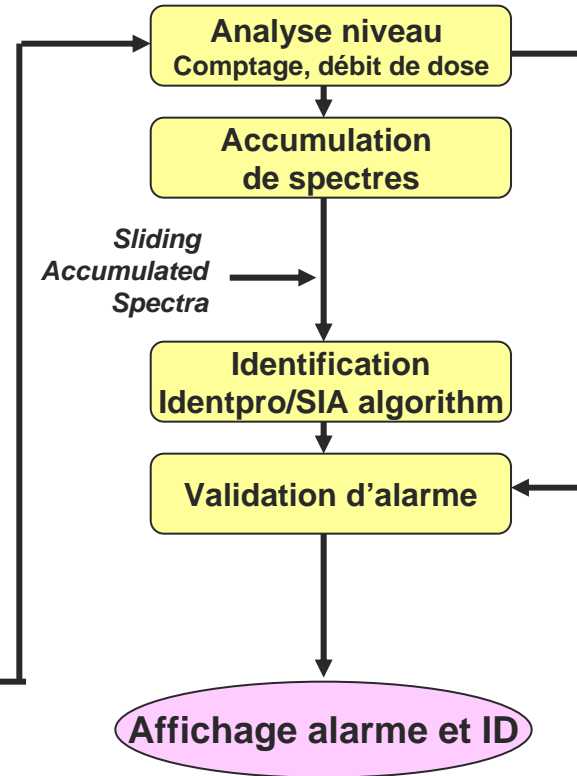
Par détecteur



- a "background" spectra is continuously updated based on elementary spectra that give no alarm and made of authorized isotope mix (K,Ra,Th)
- The gain is adjusted according the actual position of the K40 peak

- Channel to energy function deviates from linear function due to detector characteristics
- The algorithm redistributes the channel contents keeping the statistical distribution
- Linear normalized spectra allow multi detector spectra addition without resolution loss

Par voie de mesure



- Repeated every time slot: 0.5 or 1 second
- For up to 4 detectors and 7 channels (4 +left/right/total)

Algorithme Identpro/SIA



- Adresse les exigences HLS / Illicit trafficking, en particulier les matières nucléaires et les scénarios de masquage
 - Normes **ANSI N42-34(RID), N42-38(ASP), N42-43(mobile); IEC 62327(RID) ,62484 (ASP) ; IAEA NSS1**
- Pour les détecteurs de résolution moyenne: **Nal(Tl), CsI(Tl), CZT, LaBr3**

Main isotopes of interest listed by category

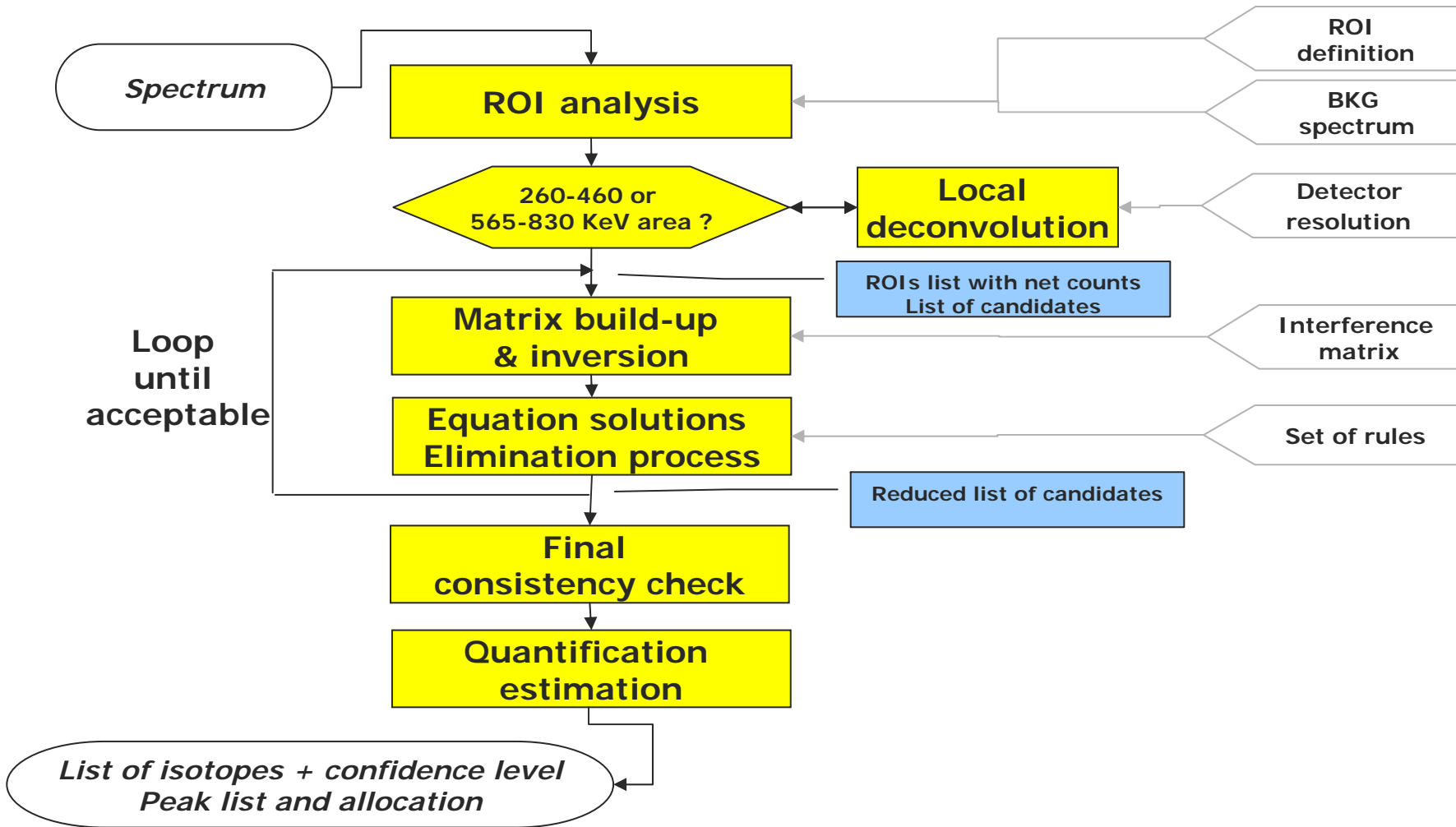
Medical	Industrial	Naturally Occurring	Special Nuclear
⁶⁷ Ga	²² Na	⁴⁰ K	²³³ U
^{99m} Tc	⁵⁷ Co	²²⁶ Ra	²³⁵ U
¹⁰³ Pd	⁶⁰ Co	²³² Th	²³⁸ U
¹¹¹ In	¹³⁷ Cs		²³⁹ Pu
¹²³ I	¹⁵² Eu		²³⁷ Np
¹²⁵ I	¹³³ Ba		
¹³¹ I	¹⁹² Ir		
¹³³ Xe	²⁰⁷ Pb		
²⁰¹ Tl	⁷⁵ Se		
⁵¹ Cr	²⁴¹ Am		
511 keV	Bremss		

+ ¹⁵³Sm, ⁹⁹Mo, H(n,gamma)
 + U enrichment, Pu burn up

- Analyse multi isotopes: résultats non ambigus, pas une liste de choix
- Adapté aux spectres pauvres
- Identification fiable, faible taux de faux négatifs et faux positifs
- Tolérant à la géométrie et aux écrans
- Pas besoin de données relatives à la source
- Optimisé pour les masquages
- Pas de calibration du détecteur sauf énergie
- Estimation du taux d'enrichissement (U) et du burnup (Pu)



SIA/ Identpro: Méthode générale



Partie 3

Les produits



- **Matériel portable**
- **Portique spectrométrique**
- **Recherche de source embarquée**



MIRION
TECHNOLOGIES

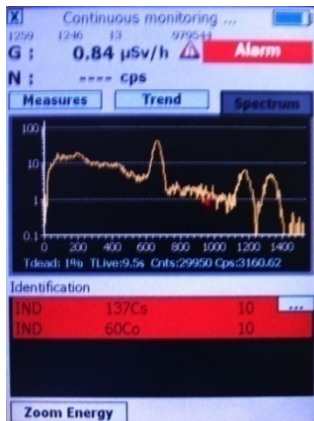
Health Physics
Division

Applications portables



SPIR-ID spectromètre de terrain
avec NaI(Tl) 0,1 à 0,3litre ou LaBr3
et voie neutron

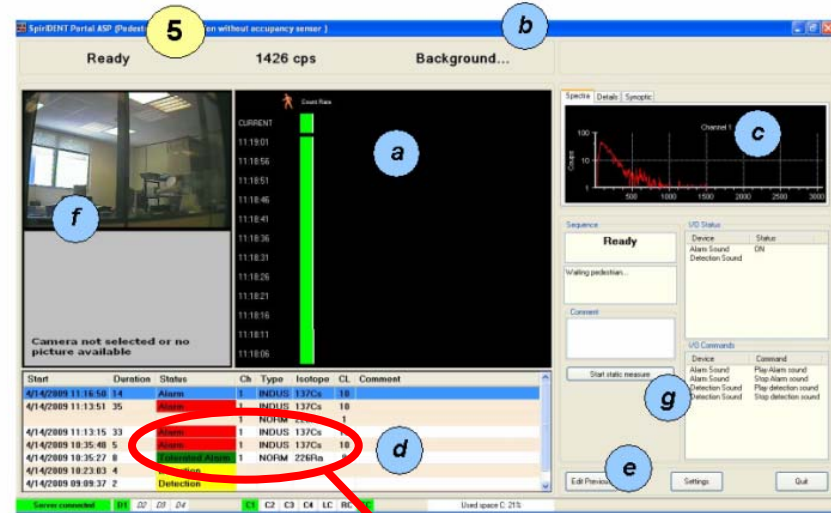
SPIR backpack sac à dos
avec NaI(Tl) 0,3 ou 1litre
Et détection neutron



MIRION
TECHNOLOGIES

Health Physics
Division

SPiR-Ident Pedestrian et Véhicule



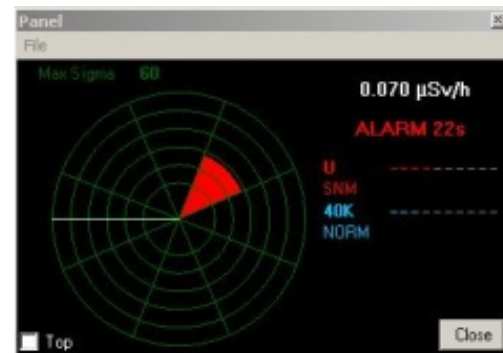
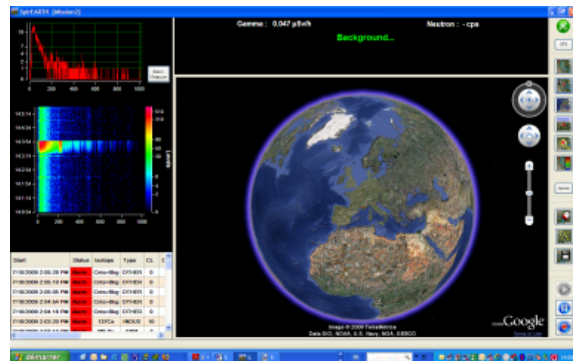
- a. Real time waterfall with level and identifications
- b. Count rate or dose rate and status of alarm
- c. Real time spectrum display window.
- d. List of last events
- e. Controls for editing previous event
- f. Real time images
- g. Static measurement start

7/3/2009 6:35:46 AM	3	Alarm	7	INDUS	137Cs	3
7/3/2009 6:34:00 AM	2	Alarm	7	INDUS	60Co	4
7/3/2009 6:33:59 AM	0.5	Detection				

1 à 4 colonnes, simple ou double hauteur,
2 à 4*4 litre NaI(Tl), option neutron



SPiR-Ident mobile



En valise de transport, modulaire , 2 à 4*4 litre NaI(Tl), option neutron
En coffre de toit, avec indication de la direction.

Partie 4

Performances



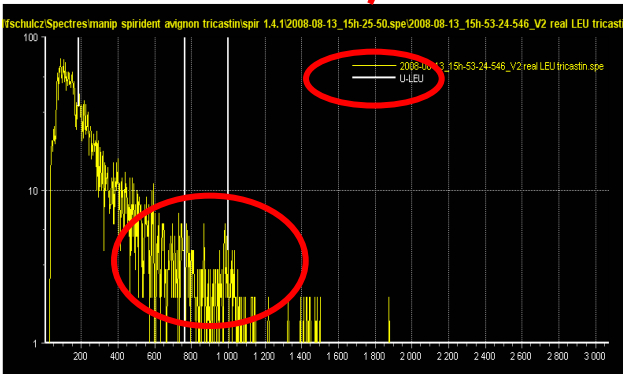
- **Détection et identification mobile**
- **Identification de mélanges**
- **Détection des tentatives de masquage**
- **Evaluations internationales**



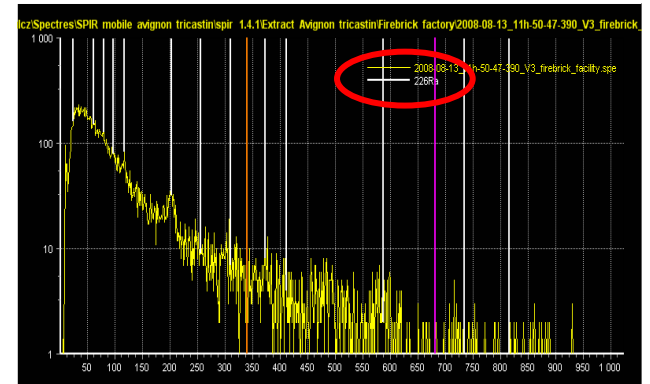
MIRION
TECHNOLOGIES

Health Physics
Division

Exemples en recherche mobile



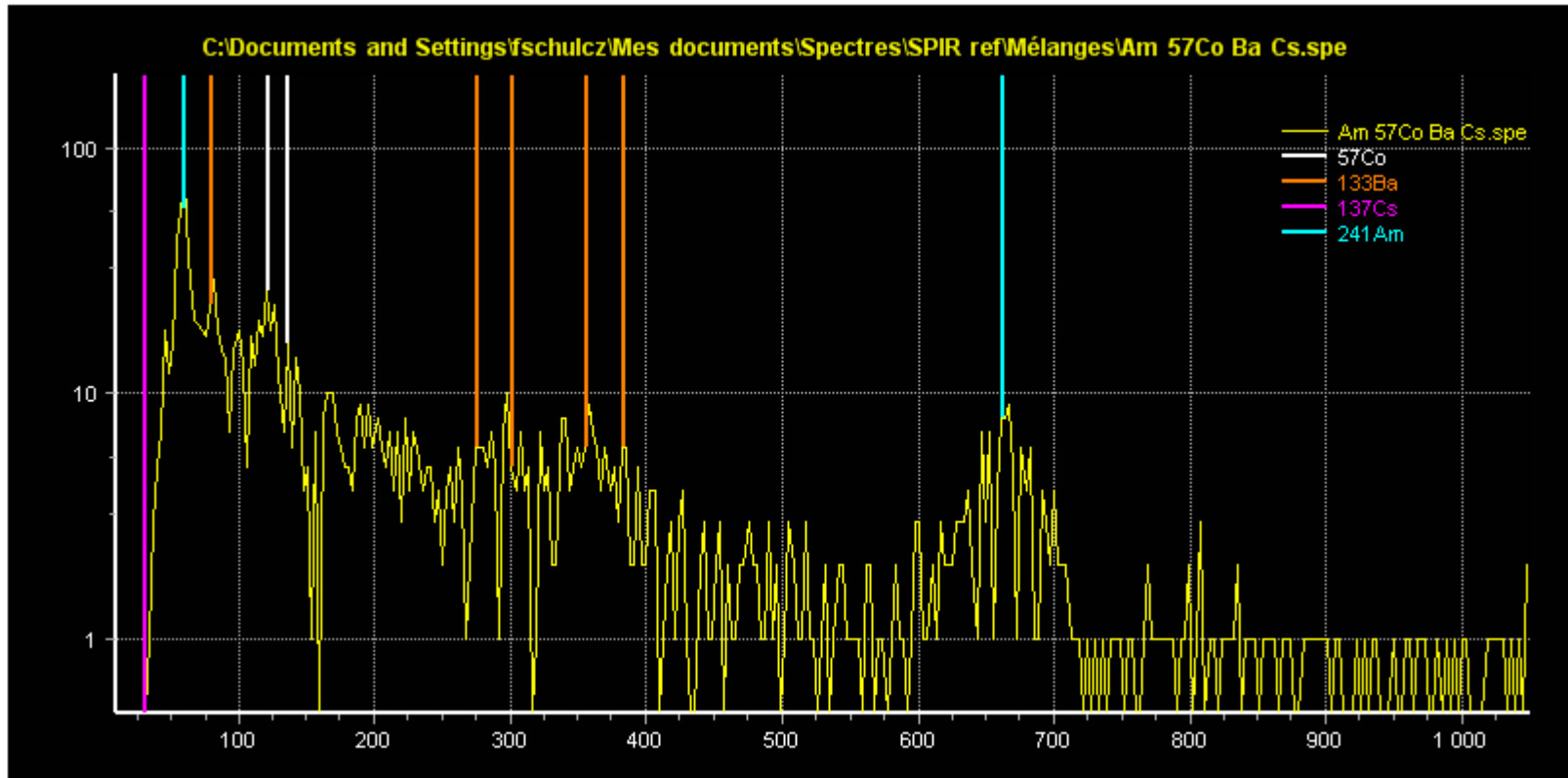
Weak LEU identified in 2 seconds from road passing by an enrichment facility



226Ra identified from road passing by a firebrick factory



Exemple d'identification de mélange



Exemple de spectre pauvre de mélange (57Co, 133Ba, 137Cs, 241Am)



MIRION
TECHNOLOGIES

Health Physics
Division

Illustration de cas de masquage



Spectre et décision en 2s

• WGPu + 131I

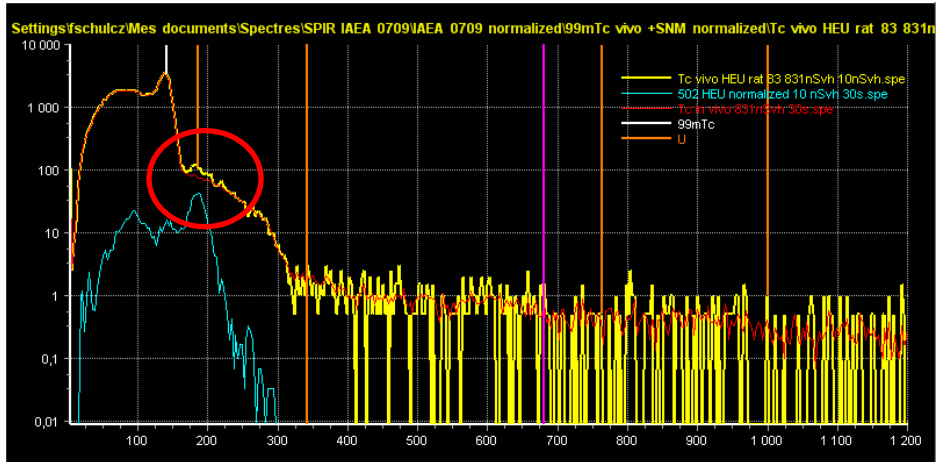
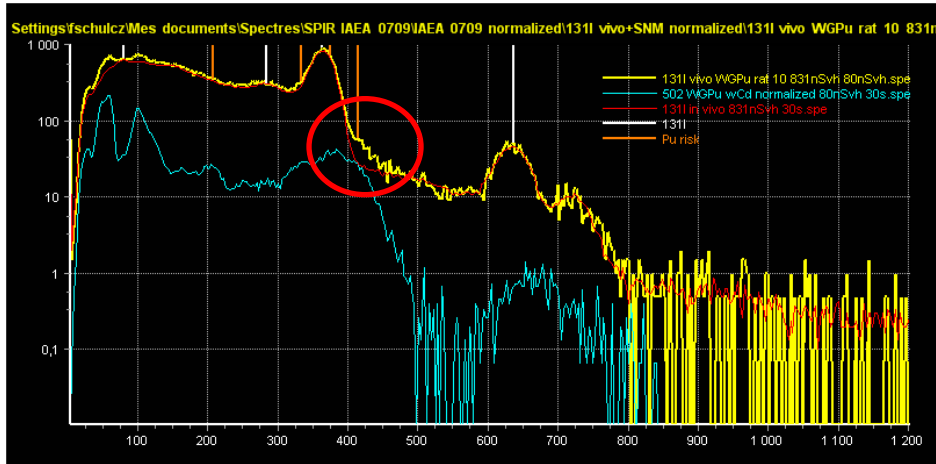
- 131I 60000cps
- Pu 5700cps
- Ratio 1:10

pas de pic additionnel dû au Pu

• HEU + 99mTc

- 99mTc 75000 cps
- HEU 850 cps
- Ratio 1:80

HEU noyé dans le pile-up résiduel du 99mTC



Test systématique de masquages



Version 210809	Ratio	HEU			LEU			Pu61 0507			WGPu		
		Med	SNM	autre	Med	SNM	autre	Med	SNM	autre	Med	SNM	autre
99mTc in vivo	20 / 23	100	100		100	85 7 unid		100	99	Am, 4 Unid	100	100	
	10 / 12	100	100		100	100		100	100		100	100	
99mTc	20 / 23	100	100		100	84		100	65		100	100	
	10 / 12	100	100		100	100		100	99	3cs	100	100	
131I in vivo	20 / 23	100	100	8 unid	100	73 1 unid		100	6		100	37 12 unid	
	10 / 12	100	100	8 unid	100	100		100	100	16 unid	100	100	
	7 / 8	100	100	17 unid	100	100		100	100		100	100	
131I	20 / 23	100	100		100	42		100	0		100	12	
	10 / 12	100	100		100	100		100	100	6 unid	100	98	
	7 / 8				100	100		100	100	20 unid	100	100	
67Ga in vivo	20 / 23	100	77		100	31		100	40		100	100	
	10 / 12	100	100		100	97		100	100	3 CsCs	100	100	
67Ga	20 / 23	100	2		100	35		100	97	3 Cs	100	95	
	10 / 12	100	96		100	96		100	100		100	100	
201TI in vivo	20 / 23	100	73		100	56		100	100	4 Cs	100	100	
	10 / 12	100	90		100	95		100	100	6 Cs	100	100	
201TI	20 / 23	100	60		100	70		100	100		100	100	
	10 / 12	100	75		100	100		100	100	3 Cs	100	100	

- Exemple d'étude par injection après une amélioration d'algorithme
- Med (99mTc,131I, 67Ga, 201TI), in vivo ou non combiné avec HEU, LEU, RGPu, WGPu
- ratio de 1 à 20 (ie 50 nSv/h SNM à 1000 nSv/h Médical)
- 100 spectres de 2s pour chaque cas.
- Très bon résultats jusqu'à 1/10. Selon scénario au delà
- Noter les très bons résultats pour Ga + HEU, Ga + Pu, TI +HEU



Evaluations internationales



*Seibersdorf (Austria)
lab test*



ORNL lab test

- **Evaluation IAEA (2007 et 2008, Seibersdorf) : sensibilité et détection de masquages portique piéton**
- **Conformité ANSI N42-38 par ORNL (2008, Oak Ridge USA)**
- **Evaluation par PNNL (2009, USA) dans le cadre du programme Guardian**
- **Benchmarking par le DNDO (2009, centre d'essai du Nevada) dans le cadre du programme PaxBag (contrôle des passagers et bagages)**
- **Benchmarking par le DNDO (centre d'essai du Nevada) dans le cadre du programme MPRDS (moyen mobile de détection radiologique)**



Partie 5 Evaluation à Aéroport de Vienne



- **Objectif**

- évaluation **présence, nature, fréquence et intensité** des sources dans un contexte réaliste
- Évaluation de la **capacité d'identifier au vol** pour une discrimination instantanée

- **Méthode**

- SPIR-Ident Piéton 2 litre
- Enregistrement permanent spectres et décisions
- Comptage des passagers
- Vérification manuelle des décisions par inspection des spectres



Synthèse des résultats (160j)



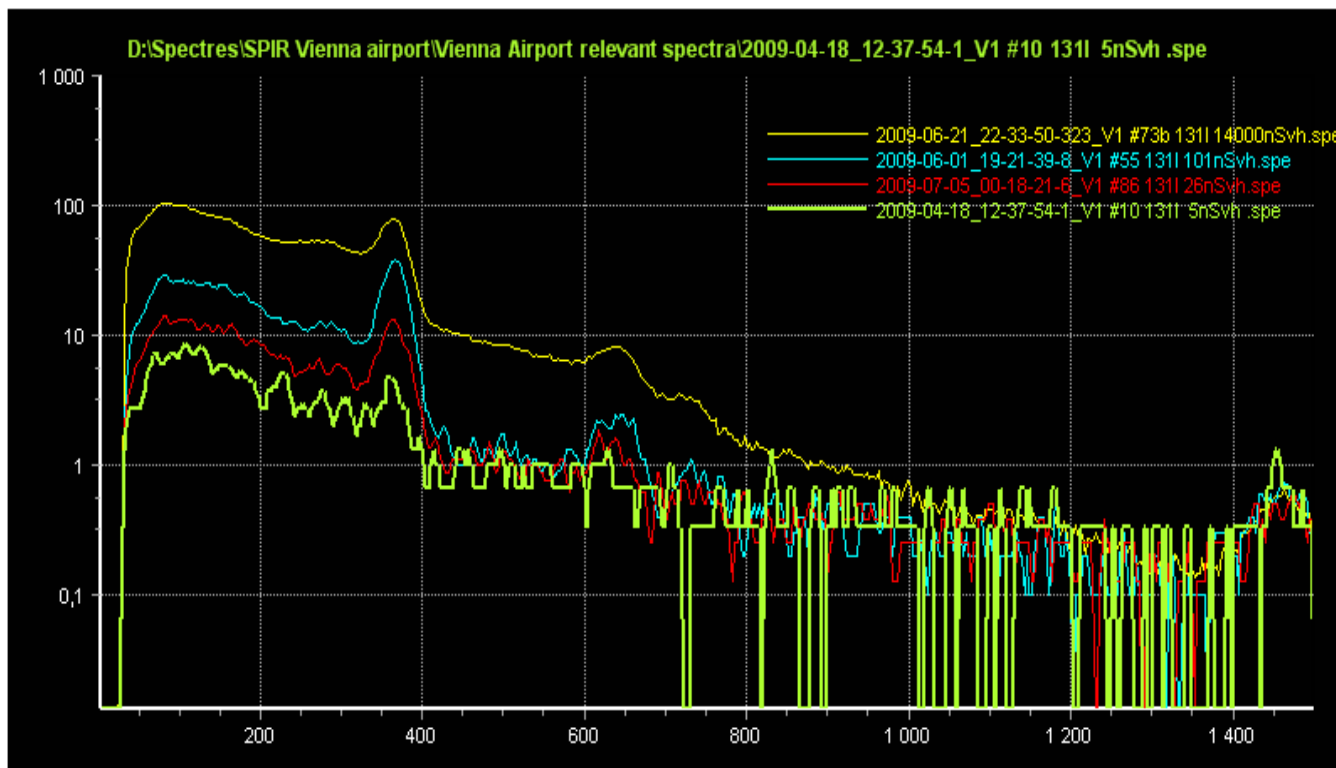
all events	all levels	all levels	max>15	max>15	max>25	max>25
	detected	identified	nSv/h detected	nSv/h identified	nSv/h detected	nSv/h identified
201Tl	92	54	53	50	45	45
99mTc	35	30	15	15	12	12
131I	25	22	18	18	16	16
226Ra	7	3	4	2	0	0
125I?	5	0	0	0	0	0
111In	1	1	1	1	1	1
67Ga	1	1	1	1	1	1
unknown	1	1	0	0	0	0
possible Th	1	0	1	0	0	0
123I	1	1	0	0	0	0
131I + Pu risk	1	1	0	0	0	0
Total	170	114	93	87	75	75
% identified		67%		94%		100%

Tous les évènements avec un pic de débit de dose > 25 nSv/h ont été dynamiquement identifiés.





Exemple de spectres réalistes



¹³¹I in-vivo spectres typiques selon débit de dose max vu: niveau très faible (<15nSv/h), faible (~25nSv/h), moyen(~100nSv/h) et très fort (14µSv/h)





Retour d'expérience Aéroport de vienne

- **Nombre et type d'évènements**

- 170 évènements en 160 jours, un pour environ 7000 passagers
- 201Tl 55% des cas, puis 99mTc 20% et 131I 15%
- Les autres cas sont marginaux, noter plusieurs cas de Radium
- Le taux d'alarmes statistiques est très bas (2 cas par mois)

- **Intensité des évènements**

- Très grande sensibilité du SPIR-Ident, LD quelques nSv/h
- Environ 55% <25nSv/h max, 45% >, dont env 5% > 1µSv/h

- **Capacité d'identification dynamique**

- 94% des évènements >15nSv/h max et 100% si >25 nSv/h max sont identifiés au vol. Pas de confusion d'isotope observé,
- Pas de faux positifs malgré des cas de comptage saturant

Le portique spectrométrique est extrêmement sensible et se révèle capable de traiter >94% des évènements au vol

