

# Le point de vue d'une PCR dans un service de médecine nucléaire

J.M. VRIGNEAUD



# L'exposition en médecine nucléaire

## Rappels

---

### Tâches

- ▶ Décolisage produits radioactifs
- ▶ Préparation des produits radiopharmaceutiques
- ▶ Mesure des activités
- ▶ Transport interne des sources
- ▶ Stockage des sources (scellées / non scellées)
- ▶ Injection patient
- ▶ Prise en charge / examen du patient radioactif
- ▶ Gestion des déchets radioactifs
- ▶ CQ – maintenance des équipements

### Risque rayonnement ionisant

- ▶ Exposition externe
  - ▶ Corps entier
  - ▶ Extrémités
    - Non uniformité de la distribution de dose
    - Exposition locale maximale liée à des effets déterministes potentiels
- ▶ Exposition interne
  - ▶ Inhalation
  - ▶ Plaie cutanée

# Les outils d'évaluation

## en médecine nucléaire

Par le calcul

Par la mesure

Référence	Wasserman	Delacroix	Tschurlovits	AAPM task group 108	Mesure débitmètre normalisée (1h post injection)
Grandeur physique $\mu\text{Gyh}^{-1}\text{m}^2\text{GBq}^{-1}$	Débit d'équivalent de kerma dans l'air $\Gamma_{\text{air}}$	Débit de dose en profondeur (modélisation)	Débit d'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$	Débit d'équivalent de dose patient	Débit d'équivalent de dose patient
<b>18-F</b>	135	162	165	92	60 -100

▶ Par le calcul (phase de conception)

- ▶ Les données physiques
- ▶ Approximations
  - ▶ L'atténuation, la diffusion
  - ▶ l'inverse carré des distances
  - ▶ Les paramètres biologiques (patient)

▶ Par la mesure (phase de validation)

- ▶ Adéquation des instruments de mesure
  - ▶ Mesure des doses
    - ▶ Dosimètres passifs (TLD, OSL, RPL)
    - ▶ Dosimètres actifs
  - ▶ Mesure des débits de dose
- ▶ Variabilité
  - ▶ Techniques, opérateurs, patient (poids, temps post-injection, activité administrée)

# Les examens TEP

En progression...

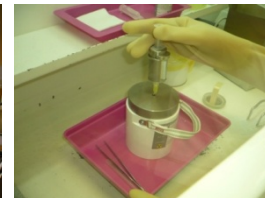
Année	2007	2008	2009	2010
Nombre d'examens TEP/TDM	1563	1922	2051	2500
Nombre de MERM	8	9	10	10
Dosimétrie collective active [Hp(10), mSv]	4,8	5,7	6,5	?
Dosimétrie collective passive* Main dominante [Hp(0,07), mSv]	359	418	434	?

\* Toutes procédures MN confondues

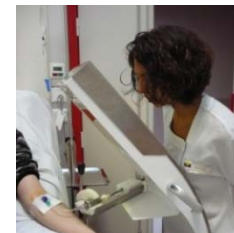
Isotopes	Energie (keV)	$\Gamma_{\text{air}}$ ( $\mu\text{Gyh}^{-1}\text{m}^2\text{GBq}^{-1}$ )
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	140	23,4
$^{18}\text{F}$	511	162

Données Delacroix et al.

► Préparation manuelle + transport



► Injection



# Les examens TEP

## Les études de poste de travail

### ► Méthode « manuelle »

Référence	Activité administrée (MBq)	Estimation dose efficace (corps-entier) en $\mu\text{Sv}/\text{examen}$	Estimation dose équivalente (extrémités) en $\mu\text{Sv}/\text{examen}$ (max)
Laffont, 2001 (Rennes)	300	$12 \pm 3,7 / 15,7 \pm 3,9$	740 (base index G)
Balny, 2003 (Tenon)	140	1,4(TEP 3D) / 5,6 (TEDC)	
Visseaux, 2004 (Grenoble)	~435	$6,66 \pm 2,25$ (injection) $5,61 \pm 2,49$ (préparation)	87 (majeur G - injection) 400 (index - préparation)
Lacoeuille, 2005 (Angers)	4 - 5 MBq/kg	2,6 - 3,3	600 (injection)
Montaru, 2007 (Nice)	370	4,2	138 (base index)
Lucas, 2008 (Strasbourg)	350		114 - 535 (préparation - ongle)
Lefevre, 2010 (IGR)	375		316 (extrémité index G)
<b>CGFL, Dijon</b>	<b><math>351.3 \pm 79.1</math></b>		<b>305 (extrémité index G)</b>

### ► Expérience CGFL, Dijon

- Préparation manuelle (n = 1477)
- Injection - pousse-seringue Medisystem (n = 96)



# La radioprotection en TEP

## Les évolutions - protection collective



### ► Les enceintes « tout automatique »



### ► Les systèmes d'injection

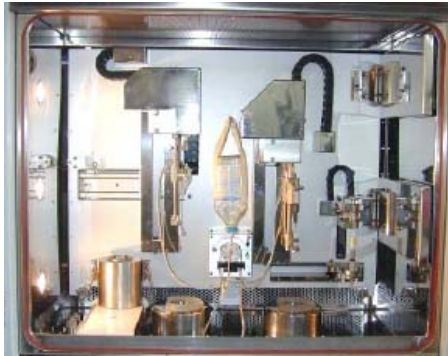


### ► Les injecteurs automatiques



# Un exemple d'étude de poste TEP

## Système de dispensation automatique



Dose équivalente extrémités ( $\mu\text{Sv/examen}$ )	Avant optimisation (n = 22)	Après optimisation (n=21)
Transfert du flacon	3,3	1,4
Dilution flacon mère Dépose seringue purge	14,0	5,7
Transport seringue injection	29,5	9,9
Prise en charge patient	4,5	5,0
<b>Total</b>	<b>51,3</b>	<b>22,0</b>

Données Bichat, 2009, activité moyenne administrée : 350 MBq

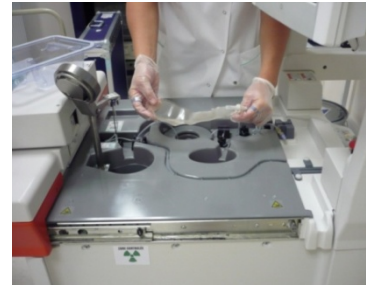
Référence	Activité administrée (MBq)	Dose équivalente extrémités en $\mu\text{Sv/examen}$
Darsin-Bettinger, 2008 (Orléans)	-	27,4
Provot, 2007 (St-Etienne)	376	33 (max Index D)



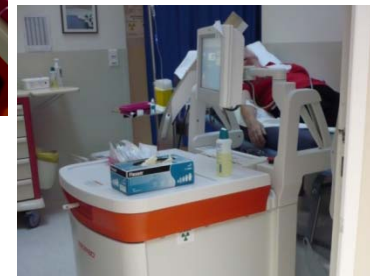
# Un exemple d'étude de poste TEP

## Système d'injection automatique

CGFL, Dijon	Dose équivalente extrémités (μSv/examen)
Installation des tubulures	-
Installation du flacon FDG dans blindage (n=7)	2,0
Dispensation et injection automatique (n = 54)	2,7
Dépose tubulures (n=7)	0,2
<b>Total</b>	<b>4,9</b>



A = 336,3 ± 74,4 MBq



Données CGFL, 2010. Prevot et al., Eur J Nucl Med Mol Imaging, 37 (supp. 2), 273, Congrès EANM, Vienne.



# Les nouvelles thérapies

## Y-90 : ce que l'on sait

- ▶  $^{90}\text{Y}$  ( $T=2,7$  jours)
  - ▶ Emetteur  $\beta$  pur ( $E_{\text{max}} = 2284$  keV)
    - ▶ Parcours  $\beta$  maximal dans l'eau/tissus : 11 mm
    - ▶ Parcours  $\beta$  maximal dans PMMA : 9,2 mm
  - ▶ RIT :  $A > 1$  GBq

Exposition peau ( $\text{mSv h}^{-1}$ ) Contamination superficielle	Dépôt uniforme $1 \text{ MBq cm}^{-2}$	Goutte de 0,05 mL 1 MBq
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	250	28
$^{18}\text{F}$	1900	790
$^{90}\text{Y}$	2000	1400

### Optimisation de la radioprotection

#### La préparation

- ▶ 10 mm PMMA < 5 mm W < 3,5 mm PMMA + 5 mm W  
(Donadille et al., IRPA, Paris, 2006)

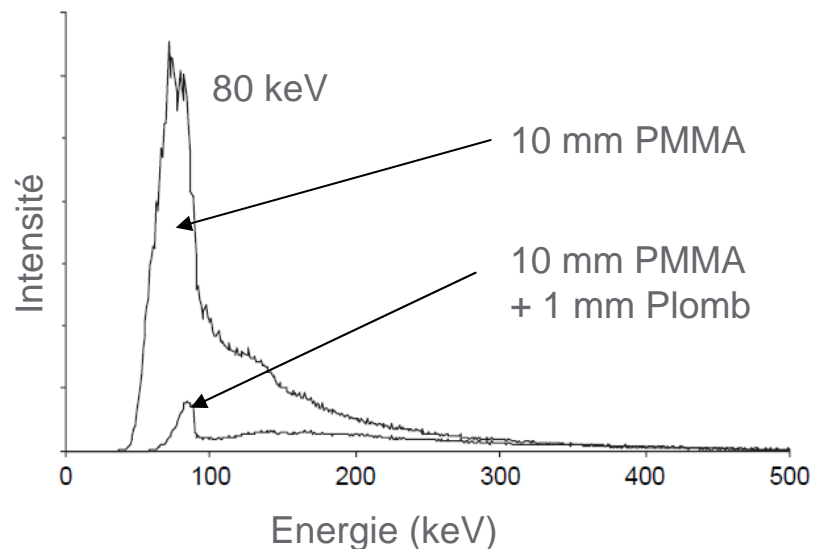
#### L'injection

- ▶ Pousse-seringue – écrans PMMA
- ▶ Protection tubulure : poche de gel réfrigérant

#### Le patient

- ▶ Attention aux appareils de mesure
- ▶ Dans certains cas, consignes de vie appropriées

- ▶ Impact d'1 mm de Pb sur le RX de freinage  
(Jodal, *Acta Oncologica* 2009; 48: 308-313)

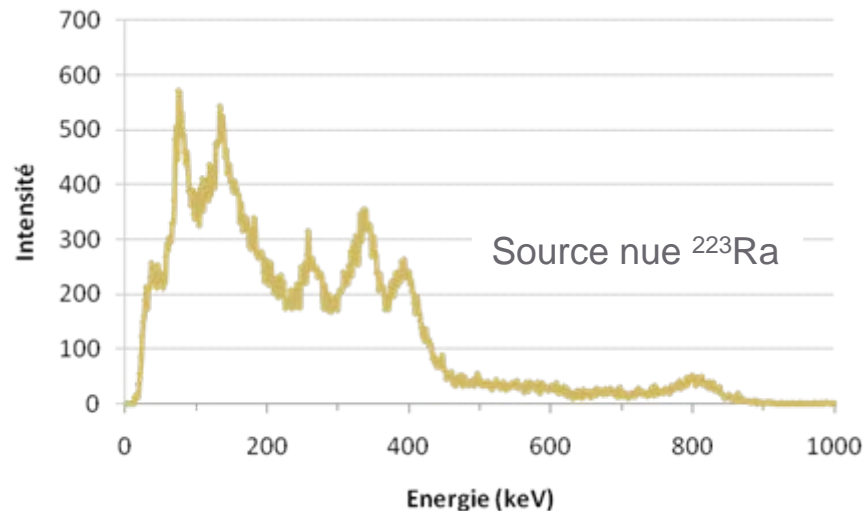


# Les nouvelles thérapies

## Les émetteurs $\alpha$ : $^{223}\text{Ra}$

- ▶  $^{223}\text{Ra}$  (T = 11,4 jours)
  - ▶ RIT : A ~ 3,5 MBq (70 kg)
  - ▶ Forme un équilibre séculaire avec ses descendants
    - ▶ Jusqu'au  $^{207}\text{Pb}$  stable
    - ▶  $^{222}\text{Rn}$  (T = 4 s)
  - ▶ Energie émise sous forme de :
    - ▶  $\alpha$  (93,5 %)
    - ▶  $\beta$  (3,2 %)
    - ▶  $\gamma$  (< 2 %)

Exposition peau ( $\text{mSv h}^{-1}$ ) Contamination superficielle	Dépôt uniforme $1 \text{ MBq cm}^{-2}$	Goutte de 0,05 mL 1 MBq
$^{90}\text{Y}$	2000	1400
$^{223}\text{Ra}$ et descendants	3400	2600



### Dispositions particulières :

- ▶ Instrument de mesure adaptée aux  $\alpha$  (contamination)
- ▶ Préparation sous hotte ventilée
- ▶ Protections gamma habituelles
- ▶ Débit de dose patient négligeable

Pour 1 flacon (A = 6 MBq)	Débit de dose mesuré ( $\mu\text{Gy/h}$ )
Contact colis	5
Contact couvercle	8
Flacon nu (@ 20 cm)	11,5

# L'exposition interne

## par inhalation

- ▶ Contrôles de ventilation
- ▶ Contrôles techniques de contamination atmosphérique
  - ▶ Secteur thérapie ( $^{131}\text{I}$ )
    - ▶ Chambre :  $40 \text{ Bq m}^{-3}$  (dose efficace engagée - 400 h :  $384 \mu\text{Sv}$ )
    - ▶ Couloir :  $2,6 \text{ Bq m}^{-3}$  (dose efficace engagée - 400 h :  $25 \mu\text{Sv}$ )

### Contrôles de ventilation ☺

### Contrôles de ventilation ☹

salle	Radioélémen t	Activité volumique ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	Dose efficace engagée (sur 2000 h) en $\mu\text{Sv}$	Radioélémen t	Activité volumique ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	Dose efficace engagée (sur 2000 h) en $\mu\text{Sv}$
Laboratoire chaud	$^{123}\text{I}$	0,13	0,07	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	10	0,7
Salle d'injection	-	-	-	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	75	5,2
Salle de ventilation pulmonaire	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	-	-	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1220	84,9
Local de déchets radioactifs	$^{131}\text{I}$	1,1	52,8	$^{131}\text{I} (^{99\text{m}}\text{Tc})$	2,4 (70)	115,2 (4,9)
Local cuves tampons	$^{131}\text{I}$	0,09	4,3	$^{131}\text{I} (^{99\text{m}}\text{Tc})$	0,02 (440)	1,0 (30,6)



# Conclusions

---

- ▶ **La réalisation systématique des EDP**

*conduit à*

- ▶ **une meilleure estimation des expositions réelles ;**

*au prix de :*

- ▶ **un investissement humain plus lourd !**

- ▶ En médecine nucléaire, l'introduction de nouveaux marqueurs radioactifs nécessite une surveillance accrue :
  - ▶ des techniques opératoires (formation des opérateurs) ;
  - ▶ des protections utilisées (optimisation du poste de travail) ;
  - ▶ de la dose reçue au point le plus pertinent (en plus de la dosimétrie de routine).

# Références

---

- ▶ **Wasserman et al.**, *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 14 (11), 569-571, 1988.
- ▶ **Delacroix et al.**, Guide pratique Radioprotection et radionucléides, EDP sciences, 2006.
- ▶ **Tschurlovits et al.**, *Radiat Prot Dosim*, 42 (2), 77-82, 1992.
- ▶ **AAPM Task group 108**, *Med phys*, 33(1), 4-15, 2006
- ▶ **Laffont et al.**, *Médecine Nucléaire-Imagerie fonctionnelle et métabolique*, 25 (7), 395-399, 2001.
- ▶ **Balny et al.**, *Médecine Nucléaire-Imagerie fonctionnelle et métabolique*, 27 (7), 347-352, 2003.
- ▶ **Visseaux et al.**, *Médecine Nucléaire-Imagerie fonctionnelle et métabolique*, 28 (5), 205-217, 2004.
- ▶ **Lacoeuille et al.**, *Journées Nationales d'Information des Pharmaciens Hospitaliers*, Septembre 2005.
- ▶ **Montaru et al.**, *Communication AFPPE, Nice*, 2007.
- ▶ **Lucas et al.**, *Communication, Congrès SNPHPU*, 2008.
- ▶ **Lefèvre et al.**, *Communication, Congrès SFMN, Nice*, 2010.
- ▶ **Darsin-bettinger et al.**, *Communication Congrès SNPHPU*, 2008.
- ▶ **Provot et al.**, *Communication, 5ème rencontres des PCRPs, Paris*, 2007.
- ▶ **Guillet et al.**, *J Nucl Med Technol*, 33, 175-179, 2005.
- ▶ **Castagnet**, *Mémoire DES médecine du travail, MNVDG-SPRA*, 2002.
- ▶ **André et al.**, *Journées d'études et de formation de AFTMN*, Marseille, 2005.
- ▶ **Lahmi et al.**, *Communication, Journées Françaises de Radiologie, Paris*, 2006.