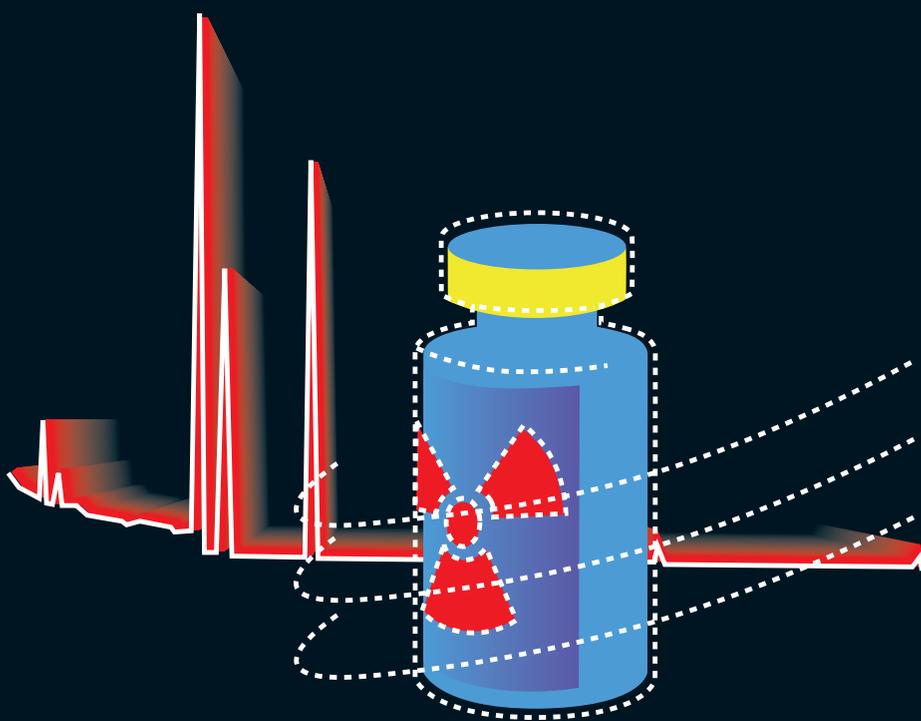


# LES RADIOPHARMACEUTIQUES

Guide pratique du contrôle  
de qualité en Radiopharmacie



Extrait de la publication



# LES RADIOPHARMACEUTIQUES

Guide pratique du contrôle  
de qualité en Radiopharmacie

Coordonnateurs :  
**Yves Barbier**  
**Marie-Laure Biechlin-Chassel,**  
**Gérard Galy,**  
**Solange Lao**



Maquette intérieure et mise en page : idt

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-0354-5

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illícite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2009

*Ont contribué à la rédaction de cet ouvrage :*

Valérie ARDISSON, CRLCC Eugène Marquis, Rennes,  
ardisson\_valerie@msn.com

Yves BARBIER, 69340 Francheville, mybarbier@free.fr

Marie-Laure BIECHLIN-CHASSEL, CH Chambéry,  
mlbiechlin@wanadoo.fr

Claire BOLOT, CHU Lyon, claire.bolot@chu-lyon.fr

Mickaël BOURGEOIS, CHU Nantes, Mickael.Bourgeois@univ-nantes.fr

François BOURREL, CH Avignon, fbourrel@ch-avignon.fr

Atékka CHABANSE, CH Mulhouse, Chabanseatekka@yahoo.fr

Isabelle COURET, CHU Montpellier, i-couret@chu-montpellier.fr

Marie-Dominique DESRUET, CHU Grenoble, MDDesruet@chu-grenoble.fr

Alain FAIVRE-CHAUVET, CRCNA, INSERM U892, Nantes,  
afaivre@nantes.inserm.fr

Marc FRAYSSE, CHU Lyon, ls-marc.fraysse@chu-lyon.fr

Gérard GALY, 69730 Genay, nggaly@orange.fr

Fabienne GIRAUD-D'AMORE, CHU Marseille,  
Fabienne.giraud@laposte.net

Solange LAO, CHU Nice, ebel.s@chu-nice.fr

Sarah LEGER, CH Annemasse-Bonneville,  
sleger@chi-annemasse-bonneville.fr

Philippe MONTARU, CHU Nice, Montaru.p@chu-nice.fr

Monique PELEGRIN, CRLC Val d'Aurelle, Montpellier,  
MPELEGRIN@Valdorel.fnclcc.fr

Richard SAUVAN, Institut Paoli Calmette, Marseille,  
sauvanr@marseille.fnclcc.fr

Fabienne VIAL, CH Valence, fvial@ch-valence.fr

*Ont contribué à la réalisation de cet ouvrage les sociétés :*

ADVANCED ACCELERATOR APPLICATIONS (AAA)  
20, rue Diesel, 01630 SAINT-GENIS-POUILLY

ARIÈS  
44bis, boulevard Félix Faure, CHATILLON

IBA  
B.P. 32, 91192 GIF-SUR-YVETTE Cedex

MALLINCKRODT-COVIDIEN FRANCE S.A.R.L.  
La Clef de St Pierre, 2, rue Denis Diderot, 78990 ELANCOURT

GENERAL ELECTRIC-HEALTHCARE  
11, rue Morane-Saulnier, 78457 VELIZY Cedex

MEDISYSTEM  
B.P. 18, 78280 GUYANCOURT

SEGAMI  
22, avenue de la Sibelle, 75014 PARIS

THÉLÈME  
Angers Technopole, 11, rue Alexandre Fleming, 49066 ANGERS

WAID  
Groupe Softway Medical 445 rue Ampère, CS 30388,  
13799 AIX EN PROVENCE Cedex 3

Nous les en remercions vivement.

# Introduction

Cet ouvrage s'adresse à toutes les personnes qui utilisent les médicaments radiopharmaceutiques, les étudient ou les dispensent. Il s'agit donc d'un livre essentiellement pratique et qui souhaite répondre aux besoins de ses lecteurs.

Comme la précédente édition, il est divisé en trois parties.

La première partie traite des appareillages et des techniques les plus couramment utilisés dans le contrôle de qualité des produits radiopharmaceutiques.

La deuxième partie est une mise à jour des fiches insérées dans la première édition, portant sur le contrôle de qualité des produits actuellement sur le marché en France et sur les techniques utilisées pour chacun d'entre eux. Ces dernières sont celles mises en jeu journallement dans les radiopharmacies par les différents auteurs de cet ouvrage. Trois chapitres distincts sont consacrés l'un aux cellules sanguines marquées, l'autre aux anticorps monoclonaux marqués et le troisième à la conduite à tenir en cas de contrôle de qualité non conforme.

La troisième partie porte surtout sur les nouvelles normes en matière de radioprotection et de gestion des déchets radioactifs, normes en continue évolution et dont ce livre donne les dernières parues. Un chapitre particulier apporte des réponses en matière de décontamination après un incident de contamination et un autre aborde les aspects pratiques de la pharmacovigilance et de la matériovigilance en radiopharmacie.

Les auteurs de cet ouvrage espèrent que les informations délivrées dans ces pages seront utiles aux lecteurs, étudiants ou professionnels, qu'elles leur apporteront une aide efficace dans leur pratique quotidienne et qu'elles les conduiront à une meilleure connaissance de la radiopharmacie.



## Sigles et abréviations

**AcM** : Anticorps monoclonaux

**AFSSAPS** : Agence Française de Sécurité Sanitaire  
des Produits de Santé

**AMM** : Autorisation de Mise sur le Marché

**ANDRA** : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

**BCA** : Bifonctional agent (= synthon)

**Bq** : Becquerel

**CAD** : Couche d'atténuation dixième

**CCM** : Chromatographie sur couche mince

**CDA** : Couche de demi-atténuation

**CLHP** : Chromatographie liquide haute performance  
(ou haute pression)

**CRPV** : Centre régional de pharmacovigilance

**CSP** : Code de la santé publique

**DASRI** : Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux

**DCI** : Dénomination commune internationale

**DM** : Dispositifs médicaux

**dpm** : désintégration par minute

**dps** : désintégration par seconde

**EANM** : European Association of Nuclear Medicine

**eV** : électronvolt

**FM** : Facteur de mérite

**GBq** : Gigabecquerel

**HACA** : Human antichimeric antibody

**HAHA** : Human antihuman antibody

**HAMA** : Human antimouse antibody

**HPTLC** : High Performance Thin Layer Chromatography

**ipm** : impulsion par minute

**ips** : impulsion par seconde

**ITLC** : Instant Thin Layer Chromatography

**kBq** : kilobecquerel

**keV** : kiloélectronvolt

**LA** : Solution aqueuse  
**LH** : Huiles minérales ou organiques  
**LS** : Solvants organiques  
**MBq** : Megabecquerel  
**MDS** : Médicaments dérivés du sang  
**MeV** : Megaélectronvolt  
**MRP** : Médicament radiopharmaceutique  
**NaI(Tl)** : Cristal d'iodure de sodium dopé au thallium  
**PCR** : Personne Compétente en Radioprotection  
**PIN** : Semiconducteur de type PIN  
**PM** : Photomultiplicateur  
**PN** : Semiconducteur de type PN  
**PPI** : Pour préparations injectables  
**PRC** : Pureté radiochimique  
**PUI** : Pharmacie à usage intérieur  
**RCP** : Résumé des caractéristiques du produit  
**Rf** : Rapport frontal ou facteur de retardement (en chromatographie)  
**RIT** : Radioimmunothérapie  
**SI** : Solides incinérables  
**SL** : Scintillation en milieu liquide  
**SNI** : Solides non incinérables  
**SO** : Solides putrescibles  
**TcR ou Tc-R** : Technétium réduit hydrolysé sous forme colloïdale  
**THT** : Très haute tension  
**TLC** : Thin Layer Chromatography (CCM)

# Sommaire

<b>Partie 1. Appareillage et techniques</b> .....	15
<b>Chapitre 1. Mesure de la radioactivité</b> .....	17
<b>1. Problèmes généraux</b> .....	17
<b>1.1. Mouvement propre</b> .....	17
<b>1.2. Temps mort et pertes de comptage</b> .....	18
<b>1.3. Géométrie de comptage</b> .....	20
<b>2. Spectrométrie gamma</b> .....	22
<b>2.1. Détecteur NaI(Tl)</b> .....	22
<b>2.2. Détecteurs à semi-conducteurs</b> .....	26
<b>2.3. Résolution de la chaîne de comptage</b> .....	30
<b>2.4. Phénomènes d'empilement et de sommation</b> .....	31
<b>2.5. Étalonnage en énergie</b> .....	32
<b>2.6. Courbe efficacité-énergie</b> .....	34
<b>2.7. Contrôle de qualité des spectromètres gamma</b> .....	35
<b>3. Spectrométrie bêta</b> .....	36
<b>3.1. Détection par les scintillateurs liquides</b> .....	36
<b>3.2. Efficacité de comptage et quenching</b> .....	41
<b>3.3. Mesures en scintillation en milieu liquide</b> .....	46
<b>3.4. Effet Cerenkov</b> .....	50
<b>3.5. Contrôle de qualité des spectromètres bêta             à scintillation en milieu liquide</b> .....	51
<b>4. Activimètre</b> .....	51
<b>4.1. Principe. Appareillage</b> .....	51
<b>4.2. Domaine d'utilisation</b> .....	53
<b>4.3. Paramètres influençant la mesure</b> .....	53
<b>4.4. Étalonnage</b> .....	54
<b>4.5. Contrôle de qualité interne</b> .....	55
<b>4.6. Contrôle de qualité externe</b> .....	58
<b>4.7. Recommandations et précautions d'emploi</b> .....	59
<b>5. Lecteurs de radiochromatogrammes         et d'électrophorégrammes</b> .....	59
<b>5.1. Radiochromatographes de type scanner</b> .....	59
<b>5.2. Radiochromatographes à ligne retard</b> .....	60

<b>Chapitre 2. Techniques chromatographiques</b> .....	63
1. Chromatographie sur papier .....	63
2. Chromatographie sur couche mince (CCM) .....	64
2.1. CCM standard .....	64
2.2. ITLC .....	66
2.3. HPTLC.....	66
3. Extraction sur phase solide (SPE) .....	67
<b>Chapitre 3. Techniques biologiques</b> .....	69
1. Contrôle de stérilité .....	69
1.1. Matériel .....	70
1.2. Méthode.....	71
1.3. Résultats .....	71
2. Recherche des pyrogènes : test LAL par gélification .....	73
2.1. Principe .....	73
2.2. Matériel .....	74
2.3. Réactifs .....	75
2.4. Mode opératoire .....	75
<b>Partie 2. Contrôle de qualité des médicaments radiopharmaceutiques</b> .....	81
<b>Chapitre 1. Les générateurs et leurs éluats</b> .....	83
1. Le générateur $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$ .....	83
1.1. Description. Présentation .....	83
1.2. Production du $^{99}\text{Mo}$ .....	84
1.3. Filiations radioactives .....	84
1.4. Rendement d'éluat .....	86
1.5. Activité $^{99}\text{Mo}$ du générateur .....	88
1.6. Activité spécifique .....	89
1.7. Identification du radionucléide $^{99}\text{Mo}$ .....	93
1.8. Pureté radionucléidique .....	93
1.9. Utilisation rationnelle d'un générateur $^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ .....	94
2. Pertechnétate [ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ] de sodium .....	101
2.1. Description. Présentation .....	101
2.2. Conditions de conservation et d'utilisation .....	102
2.3. Contrôle de qualité .....	102
3. Le générateur $^{81}\text{Rb}-^{81\text{m}}\text{Kr}$ .....	107
3.1. Description-présentation.....	107
3.2. Production de rubidium 81 .....	107
3.3. Utilisation .....	107
3.4. Contrôles .....	108
3.5. Interactions médicamenteuses .....	109

<b>Chapitre 2. Les solutions radioactives prêtes à l'emploi (à usage diagnostique, thérapeutique et de précurseur)</b> .....	111
1. Albumine humaine iodée [ <sup>125</sup> I] .....	111
2. Chromate [ <sup>51</sup> Cr] de sodium .....	115
3. Chrome [ <sup>51</sup> Cr] édétate .....	118
4. Erbium [ <sup>169</sup> Er] citrate colloïdal .....	121
5. Fludésoxyglucose [ <sup>18</sup> F] .....	125
6. Fluorodopa [ <sup>18</sup> F] .....	129
7. Fluorure [ <sup>18</sup> F] de sodium .....	132
8. Gallium [ <sup>67</sup> Ga] citrate .....	134
9. Indium [ <sup>111</sup> In] chlorure .....	137
10. Indium [ <sup>111</sup> In] oxinate .....	141
11. Iobenguane [ <sup>123</sup> I] .....	144
12. Iobenguane [ <sup>131</sup> I] .....	148
13. 6-Iodométhylnorcholestérol [ <sup>131</sup> I] .....	153
14. Iodure [ <sup>123</sup> I] de sodium .....	156
15. Iodure [ <sup>131</sup> I] de sodium .....	160
16. Ioflupane [ <sup>123</sup> I] .....	166
17. Lipiodol [ <sup>131</sup> I] .....	169
18. Pentétate d'indium [ <sup>111</sup> In] .....	171
19. Rhénium [ <sup>186</sup> Re] sulfure colloïdal .....	173
20. Samarium [ <sup>153</sup> Sm] lexidronam .....	177
21. Strontium [ <sup>89</sup> Sr] chlorure .....	181
22. Thallium [ <sup>201</sup> Tl] chlorure .....	183
23. Xénon [ <sup>133</sup> Xe] .....	187
24. Yttrium [ <sup>90</sup> Y] chlorure .....	190
25. Yttrium [ <sup>90</sup> Y] colloïdal citrate Yttrium [ <sup>90</sup> Y] colloïdal silicate .....	194
<b>Chapitre 3. Les préparations effectuées à partir de trousse</b> .....	199
1. Acide dimercaptosuccinique (succimère) .....	199
2. Aérosol de microparticules de carbone .....	203
3. Albumine humaine .....	206
4. Bétiatide et mertiatide .....	209
5. Bicisate .....	215
6. Étain colloïdal .....	219
7. Examétazime .....	221
8. Macroagrégats d'albumine humaine .....	227
9. Mébrofénine .....	231
10. Médronate .....	234
11. Nanocolloïdes d'albumine humaine .....	237
12. Oxidronate .....	240

13. Pentétate .....	243
14. Pentétréotide .....	247
15. Phytate .....	250
16. Pyrophosphate d'étain .....	253
17. Sestamibi .....	255
18. Sulfure de rhénium colloïdal (nanocolloïdes) .....	259
19. Tetrofosmin .....	262
<b>Chapitre 4. Cellules sanguines marquées .....</b>	<b>265</b>
1. Présentation .....	265
2. Marquage .....	265
2.1. Radiopharmaceutiques .....	265
2.2. Principes généraux du marquage .....	266
3. Contrôle de qualité des cellules marquées .....	267
3.1. Essais à réaliser avant l'administration .....	267
3.2. Essais à résultats différés .....	268
3.3. Essais complémentaires .....	268
3.4. Évaluation in vivo de l'intégrité des cellules marquées .....	270
<b>Chapitre 5. Anticorps monoclonaux marqués .....</b>	<b>273</b>
1. Anticorps monoclonaux radiomarqués .....	273
1.1. Rappel : structure des AcM (IgG) et de leurs molécules dérivées .....	273
1.2. Marquage des anticorps monoclonaux et de leurs dérivés .....	279
1.3. Conditions de préparation, de contrôle et de conservation en milieu hospitalier .....	283
1.4. Recommandations avant administration .....	286
2. Ibritumomab tiuxetan .....	290
2.1. Description. Présentation .....	290
2.2. Conditions de préparation et de conservation .....	290
2.3. Contrôle de qualité du produit marqué .....	290
3. Sulesomab .....	292
3.1. Description. Présentation .....	292
3.2. Conditions de préparation et de conservation .....	292
3.3. Contrôle de qualité du produit marqué .....	292
<b>Chapitre 6. Conduite à tenir en cas de contrôle de qualité non conforme .....</b>	<b>295</b>
1. Fiche de signalement d'un défaut de qualité sur un médicament radiopharmaceutique .....	295

<b>2. Conduite à tenir en cas de contrôle de qualité non conforme</b> .....	296
<b>3. Conduite à tenir en cas de non-conformité avérée et de rejet du MRP</b> .....	297

**Partie 3. Divers** .....299

**Chapitre 1. Gestion des déchets d'activité de soins contaminés par des radionucléides** .....301

<b>1. Plan de gestion individualisé pour les effluents et déchets</b> .....	301
<b>2. Origine des déchets radioactifs</b> .....	302
<b>3. Nature des déchets</b> .....	302
<b>3.1. Sources scellées</b> .....	302
<b>3.2. Sources non scellées</b> .....	303
<b>4. Gestion des déchets provenant des sources non scellées</b> .....	303
<b>4.1. Gestion des déchets solides</b> .....	303
<b>4.2. Gestion des effluents et des déchets liquides</b> .....	308
<b>4.3. Gestion des effluents radioactifs gazeux</b> .....	309
<b>5. Gestion des déchets provenant des sources scellées</b> .....	310
<b>6. Valeurs et contraintes avant élimination</b> .....	310
ANNEXE I .....	312
ANNEXE II .....	313
ANNEXE III .....	316
ANNEXE V .....	319
ANNEXE VI .....	321
ANNEXE VII .....	322
ANNEXES VIII .....	323

**Chapitre 2. Incidents de contamination et décontamination pratique** .....327

<b>1. Décontamination des personnes</b> .....	327
<b>1.1. Décontamination de la peau</b> .....	328
<b>1.2. Décontamination du visage et des cheveux</b> .....	328
<b>1.3. Blessures cutanées</b> .....	328
<b>1.4. Ingestion orale et inhalation</b> .....	329
<b>2. Décontamination des matériels et des locaux</b> .....	329
<b>2.1. Décontamination des vêtements</b> .....	329
<b>2.2. Décontamination des matériels et des locaux</b> .....	329
<b>2.3. Cas particulier de <sup>131</sup>I et <sup>125</sup>I</b> .....	330

<b>Chapitre 3. Pharmacovigilance-matériovigilance</b> .....	337
<b>1. Pharmacovigilance</b> .....	337
<b>1.1.</b> Organisation de la pharmacovigilance en médecine nucléaire et radiopharmacie .....	337
<b>1.2.</b> Textes de référence .....	339
<b>2. Matériovigilance</b> .....	339
<b>2.1.</b> Matériovigilance et radiopharmacie .....	340
<b>2.2.</b> Textes de référence .....	341
<b>Index</b> .....	343

Première partie

# Appareillage et techniques



# Mesure de la radioactivité

## 1. Problèmes généraux

### 1.1. Mouvement propre

En l'absence de tout échantillon radioactif, un dispositif de mesure de la radioactivité donne un signal très faible mais parfaitement détectable : c'est ce que l'on appelle le mouvement propre (MP). La capacité d'un appareil de mesure à détecter de faibles activités se trouve directement liée à l'importance du mouvement propre. Plus il est élevé, plus l'incertitude sur les mesures de faibles activités augmente. D'où l'importance de bien connaître le mouvement propre des appareils de mesure à défaut de bien le maîtriser.

**Le mouvement propre a essentiellement trois origines :**

- il provient tout d'abord de l'appareil lui-même. Malgré la qualité du matériel, et plus particulièrement de son équipement électronique, la chaîne de mesure débite de faibles courants ou délivre des impulsions parasites connues sous le nom de **bruit de fond**. Ce phénomène n'est pas spécifique aux détecteurs de radioactivité. On le rencontre de façon constante dans tous les appareils de mesure et en particulier ceux qui utilisent l'énergie électrique (le terme de bruit de fond est souvent employé à tort à la place de celui de mouvement propre) ;
- en second lieu, il existe une **radioactivité ambiante**, soit naturelle (uranium 235, uranium 238, thorium 232 et leurs descendants, potassium 40, carbone 14...), soit artificielle due aux retombées radioactives lors de l'utilisation civile ou militaire de l'énergie nucléaire et aux sources radioactives présentes dans le laboratoire ;
- enfin, une très faible part du **rayonnement cosmique** arrive à traverser l'atmosphère et apporte sa contribution au mouvement propre.

L'impact de ces divers phénomènes sur le mouvement propre varie selon les détecteurs. L'importance relative pour chaque origine sera discutée lors de l'étude des chaînes de mesures décrites ultérieurement.

Pour limiter le mouvement propre, les constructeurs ont fait porter leurs efforts sur l'électronique dont le bruit de fond a très sensiblement diminué sur les matériels fabriqués ces dernières décennies.

Afin de les protéger des rayonnements pénétrants X ou  $\gamma$ , les détecteurs sont entourés de plomb pouvant atteindre des épaisseurs de 10 à 15 cm. Ce plomb peut lui-même renfermer des radionucléides. On utilise du plomb pauvre en éléments radioactifs, dit « bas bruit de fond », coûteux mais indispensable à la plupart des détecteurs.

Lors de l'utilisation normale des appareils de mesure, les **contaminations accidentelles**, constituent le problème le plus redoutable en matière de mouvement propre. Ce type de contamination intervient lorsque les seringues, les tubes ou les flacons contenant les solutions radioactives sont pollués sur leurs parois externes. Toute contamination rapidement détectée a de grandes chances d'être éliminée. Dans tous ces cas de figure, il est impératif de procéder avec prudence (débrancher la THT) et d'éviter d'endommager le détecteur. On opère, par exemple, avec un morceau de tissu en coton imbibé d'une solution aqueuse d'un détergent classique, non abrasif, ou d'un mélange méthanol/eau. Inversement, toute contamination ancienne ou traitée tardivement entraîne un risque de mouvement propre à caractère plus ou moins permanent selon la période du radionucléide contaminant.

Le mouvement propre, ramené à l'unité de temps (ips, ipm...) est systématiquement soustrait de toute mesure effectuée dans les mêmes conditions. Si cette soustraction s'avère sans influence sur les résultats lorsque les activités mesurées lui sont très supérieures, elle devient primordiale lorsque mesure et mouvement propre sont du même ordre de grandeur. Dans ce cas, on s'attache à calculer l'incertitude sur le résultat. Enfin, lorsque le mouvement propre est nettement supérieur à l'activité mesurée, le calcul d'incertitude indique clairement l'imprécision sur le résultat. Il est alors souhaitable de contourner la difficulté soit en augmentant, si cela est possible, l'activité à mesurer (prise d'échantillon plus importante), soit en changeant de chaîne de mesure – scintillateur NaI(Tl) au lieu d'un activimètre.

De toute façon, on ne peut pas comprimer à l'infini le mouvement propre. Des appareils sophistiqués affichent des mouvements propres très bas. Mais les technologies employées pour obtenir de tels résultats entraînent un coût qui n'est pas justifié dans le cadre de la radiopharmacie.

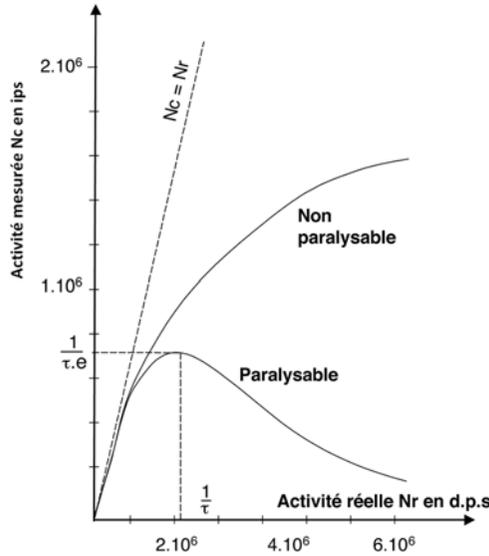
## 1.2. Temps mort et pertes de comptage

Quelles que soient les qualités du détecteur et de l'électronique associée, la chaîne de comptage ne peut intégrer toutes les informations qui lui viennent de la source radioactive. La rapidité de sa réponse a des limites. Le temps qui doit séparer deux événements successifs pour qu'elle les prenne en compte est appelé temps mort. En deçà de cette valeur minimale, la chaîne n'est plus en mesure de distinguer les événements qui se succèdent. Certains événements échappent à la mesure, il y a des pertes de comptage. La probabilité de voir ce phénomène se manifester est liée à la nature même de la décroissance radioactive. Négligeable pour les faibles sources, il va prendre de l'ampleur au fur et à mesure de l'augmentation de l'activité (**fig. 1.1**).

**Pour résoudre ce problème, on envisage trois possibilités :**

1. conserver la source radioactive dans son intégralité mais changer la géométrie de comptage, par exemple éloigner la source du détecteur ;
2. fractionner ou diluer la source de façon à l'amener dans une zone d'activité où les pertes de comptage sont négligeables ;
3. corriger, dans la mesure du possible, la valeur mesurée des pertes de comptages.

Deux modèles permettent de rendre compte du phénomène et de les corriger.



**Figure : 1.1 – Pertes de comptages selon le modèle paralysable et non paralysable.**

- À partir de l'instant où un événement est pris en compte par la chaîne de mesure, rien n'est plus compté avant que ne s'écoule un temps égal à  $\tau$ . Tout se passe comme si un temps de récupération, le temps mort, était nécessaire au système pour prendre en compte un nouvel événement. Ceci correspond au modèle « non paralysable ».

Pour ce modèle, le taux de comptage réel est de la forme :

$$N_r = \frac{N_c}{1 - N_c \cdot \tau} \quad \text{ou} \quad N_c = \frac{N_r}{1 + N_r \cdot \tau}$$

$N_r$  représente le taux de comptage réel ou corrigé,  $N_c$  le taux de comptage mesuré et  $\tau$  le temps mort de l'ensemble de mesure (exemple :  $10^{-7}$  à  $10^{-8}$  seconde).

- Dans le modèle « paralysable », tout événement entraîne un temps de récupération même s'il intervient pendant  $\tau$ .

$$N_c = N_r \cdot e^{-N_r \cdot \tau}$$



# Index

---

## A

Activité spécifique 89  
Affaiblissement lumineux 41  
Agrégation plaquettaire 270  
Annihilation 37  
Anticorps monoclonaux 273

## B

Bruit de fond 17

## C

CCM 64  
Cellule sanguine 265  
Chambre d'ionisation 52  
Chimiotactisme 269  
Chromatographie 49  
Chromatographie de partage 63  
Chromatographie sur papier 63  
Constance 36  
Contamination 18  
Création de paires 23

## D

DASRI 312  
Déchet liquide 303  
Déchet radioactif 302  
Déchet solide 303  
Déchets gazeux 303  
Décontamination 327  
Détecteur NaI (Tl) 22  
Détecteurs à semi-conducteurs 26  
Diffusion Compton 23

## E

Effet Cerenkov 50  
Effet photoélectrique 23  
Efficacité de détection 25  
Effluent 303  
Électrophorèse 49

Éluat 83  
Élution 95  
Élution fractionnée 97  
Élution partielle 97  
Emballage 312  
Empilement 31  
Endotoxine 75  
Érythrocytes 266  
Étalonnage 32  
Étalonnage interne 55  
Extraction sur phase solide 67

## F

Filiation radioactive 84

## G

Générateur 83  
Géométrie de comptage 20  
Gestion des déchets 303  
Groupe de toxicité 323

## H

HPTLC 66

## I

Immunoglobuline 273  
Information 318  
Intégrité des cellules marquées 270  
ITLC 66

## L

LAL 73  
Leucocytes 266

## M

Matérialisation 23  
Matéριοvigilance 339  
Mouvement propre 17