



# Dosimétrie In Vivo (DIV) en Radiothérapie

Alain Noel, HDR  
Centre Alexis Vautrin  
CRAN UMR 7030 Nancy Université-CNRS  
54500 Vandoeuvre-les-Nancy  
[a.noel@nancy.fnclcc.fr](mailto:a.noel@nancy.fnclcc.fr)



Nancy-Université  
Université  
Henri Poincaré



[www.alexisvautrin.fr](http://www.alexisvautrin.fr)



# La dosimétrie in vivo (DIV)

Les mesures in vivo consistent à réaliser des mesures de doses ?sur/avec? le patient pendant l'irradiation, à l'aide de détecteurs placés en des sites facilement accessibles tels que la peau ou des cavités naturelles du corps.



# Prevention of Accidental Exposures to Patients Undergoing Radiation Therapy

- Information abstracted from ICRP Publication 86

**Available at**  
[www.icrp.org](http://www.icrp.org)

- Task Group: P. Ortiz, P. Andreo, J-M. Cosset, A. Dutreix, T. Landberg, L.V. Pinillos, W. Yin, P.J. Biggs**



Traduction française  
IRSN – gratuit pour  
les professionnels de  
santé

- Specific items for external beam therapy
- Calibration
  - Provisions for initial beam calibration and follow-up calibrations
  - Independent verification of the calibration
  - Following an accepted protocol
  - Participation in dose quality audits
- Treatment planning
  - Include TPS in the programme of acceptance testing commissioning and quality assurance
  - Cross-checks and manual verification

*Adequate in-vivo dosimetry would prevent most accidental exposures*

# La Dosimétrie In Vivo (DIV)

---

- **Unique solution pour vérifier la dose réellement délivrée au patient :**
  - **Recommandée pour l'amélioration de la qualité des traitements**
  - **Prouvé qu'elle est utile**
  - **Permet la détection de plusieurs types d'erreurs**
  - **Diodes sont les détecteurs de choix**

# Autres techniques disponibles ou en développement

---

- **Détecteur 1D à lecture directe :**
  - Diodes semi-conductrices
  - Les détecteurs Mosfet (transistors à effet de champ)
  
- **Détecteur 1D à lecture différée**
  - La thermoluminescence
  - L'OSL (luminescence optiquement stimulée)
  
- **Détecteur 2D/3D : géométrique & dosimétrique**
  - La dosimétrie de transit par imagerie portale (EPID)

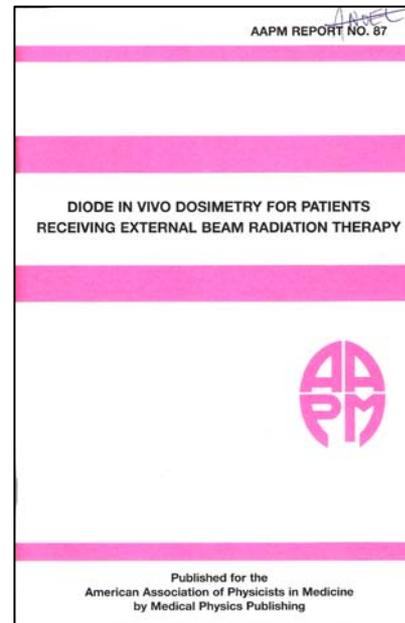
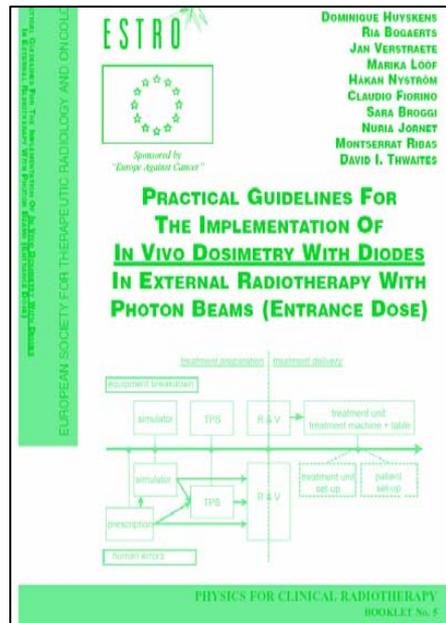
# Des recommandations professionnelles nationales et internationales

Dès les années 80

- SFPM, SFRO, ESTRO, AAPM
- AIEA, CIPR

ont publié des **recommandations** sur la nécessité de la dosimétrie in vivo dans le cadre des programmes d'assurance de qualité en radiothérapie

- ▶ en particulier guide pratique de l'ESTRO



Guide pour la pratique quotidienne  
de la Dosimétrie in Vivo  
en radiothérapie externe

Rédigé sous l'égide de l'Institut National du Cancer (INCa)  
avec la collaboration  
de la Société Française de Physique Médicale (SFPM)  
et de l'Autorité de Sécurité Nucléaire (ASN)

Octobre 2008



# Cadre réglementaire

- **2008 : l'obligation de dosimétrie in vivo s'intègre au nouveau dispositif réglementaire des autorisations de soins en radiothérapie (2011)**
- **Elle est un des critères d'agrément INCa que les centres devront respecter pour être autorisés (autorisations délivrées par les ARH pour une durée de 5ans)**
  - C.3 : Je vous rappelle que les critères INCa imposeront à tout établissement titulaire de l'autorisation de traitement du cancer d'effectuer un double calcul des UM pour chacun des faisceaux mis en traitement (point n°12). Je vous invite donc à me tenir au courant des échéances de cette mise en place.
- **« une dosimétrie in vivo est effectuée pour chaque faisceau techniquement mesurable, lors de la première ou de la deuxième séance d'irradiation, ainsi qu'à chacune des modifications du traitement »**

# Pourquoi des mesures in-vivo ?

## ■ L'erreur est humaine

- Impossible de tout vérifier : Risque d'erreurs humaines (1 à 3%)
- DIV permet d'apporter une attention particulière à la réalisation du traitement, "Hawthorne effect"

## ■ 2 objectifs principaux en radiothérapie :

- Détection et correction des sources d'erreurs et d'incertitudes
- Evaluation de la qualité globale d'une technique particulière de traitement ou d'un service.

# A. Noel et al. / Radiotherapy and Oncology 34 (1995) 144-151

Table 6

Mean values and standard deviations of the distribution of the ratio of the measured and expected entrance doses ( $DE_{M,C}$ ) and target absorbed doses ( $DT_{M,E}$ ) as a function of the various anatomical locations

Anatomical location	$DE_{M,C}$	$DT_{M,E}$
Global	1.009 ± 0.070	1.007 ± 0.032
Abdomen	1.014 ± 0.068	0.987 ± 0.036
Brain	1.001 ± 0.070	0.991 ± 0.028
Breast		
Overall results	0.982 ± 0.051	1.006 ± 0.034
Wedge: no	0.971 ± 0.044	1.002 ± 0.033
yes	1.006 ± 0.059	1.014 ± 0.034
Head and neck		
Overall results	0.977 ± 0.046	1.015 ± 0.040
Immobilization device:		
Without	0.976 ± 0.044	1.011 ± 0.031
Moldable plastic	0.972 ± 0.058	1.009 ± 0.027
Plastic mask	0.983 ± 0.033	1.006 ± 0.030
Limbs	1.007 ± 0.043	1.003 ± 0.037
Mediastinum	1.022 ± 0.083	1.006 ± 0.030
Pelvis	1.066 ± 0.068	1.014 ± 0.028
Vertebrae	1.039 ± 0.049	1.007 ± 0.032

# Les différentes philosophies de la dosimétrie in vivo

## 1. Contrôle de qualité de l'irradiation pour chaque patient : détection d'erreur

**Erreurs systématiques** entre l'étape de préparation du traitement et la première (ou deuxième) séance de traitement :

- Première ou deuxième séance pour chaque faisceau techniquement réalisable et à chaque changement d'un des paramètres du traitement,
- Impératif avec un système de contrôle des paramètres (R&V)  
Les R&V ne suppriment pas toutes les sources d'erreurs possibles et peuvent générer d'autres défaillances (*J Clin Oncol* **16**, 551-556

(1998)

# Les différentes philosophies de la dosimétrie in vivo

## Sources d'incertitudes principales :

- Acquisition des données du patient (contours, hétérogénéités),
- Dosimétrie des faisceaux d'irradiation,
- Calcul de la répartition de dose,
- Transfert des données,
- Mise en place du patient.

**But :** Détecter et éviter les erreurs provenant des étapes de préparation

# Les différentes philosophies de la dosimétrie in vivo

## Erreurs aléatoires au cours des séances (reproductibilité)

- Des centaines de paramètres géométriques et dosimétriques à mettre en place sur un poste de travail par jour,
- Mesure à chaque séance
- Irréaliste à l'heure actuelle

**But :** Détecter et éviter les erreurs de mise en place

# Les différentes philosophies de la dosimétrie in vivo

## 2. Evaluation de la qualité globale d'une technique de traitement

### Mesures répétées selon un protocole

- sur un nombre limité de patients (éventuellement tous les jours)
- sur un plus grand nombre de patients sur une plus grande période

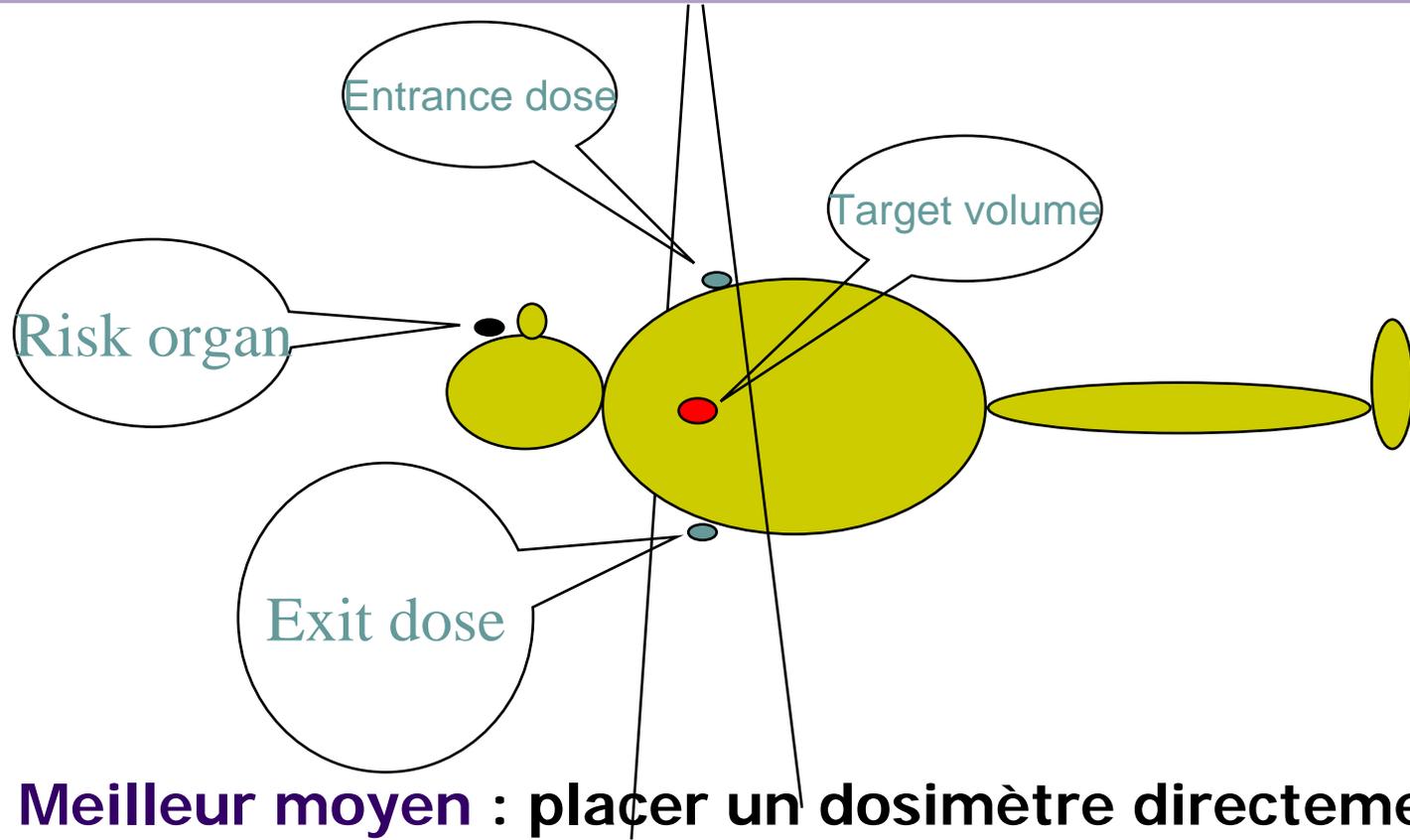
**But** : détection d'erreurs systématiques liées à la technique (nouvelle ou non)

# Les différentes philosophies de la dosimétrie in vivo

---

- Mesures de dose dans des situations où le calcul est imprécis ou les conditions de traitement différentes du calcul prévisionnel,
- Mesures de doses en des points d'intérêt,
- Evaluation de la qualité de la dose délivrée dans un département

# Quelle mesure pour quel contrôle ?



**Meilleur moyen : placer un dosimètre directement au point de spécification de la dose (volume cible)**

RAREMENT POSSIBLE

# Quelle mesure pour quel contrôle ?

---

- Mesure de la **dose à l'entrée,**
- Mesure de la **dose à la sortie,**
- Mesures de doses internes, par mesure intracavitaires dans quelques cas particuliers ou généralement par calcul à partir des doses mesurées à l'entrée et la sortie

# Mesure de la dose à l'entrée

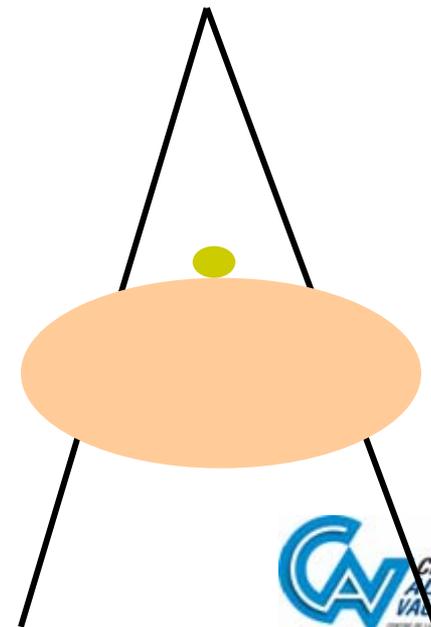
## Détecteur placé sur ou en dehors de l'axe du faisceau

### Fonction :

- des caractéristiques du faisceau émis par la machine
- du positionnement du patient
- de la présence des accessoires interposés dans le faisceau

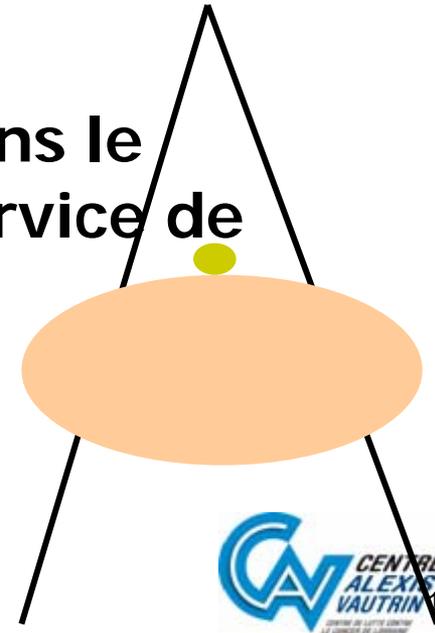
### Contrôle :

- Temps d'irradiation / nombre d'UM
- Filtre
- Caches
- Valeur UM
- Mise en place patient (DSP)
- Dimensions du champ



# Mesure de la dose à l'entrée

- La mesure de la dose à l'entrée sur l'axe du faisceau est comparée à la dose à l'entrée calculée par :
  - L'application de calcul des UM du TPS,
  - L'application de double calcul des UM du service (maison, commerciale, autre....).
- Un niveau d'intervention est défini dans le programme d'assurance qualité du service de radiothérapie



# Mesure de la dose à la sortie

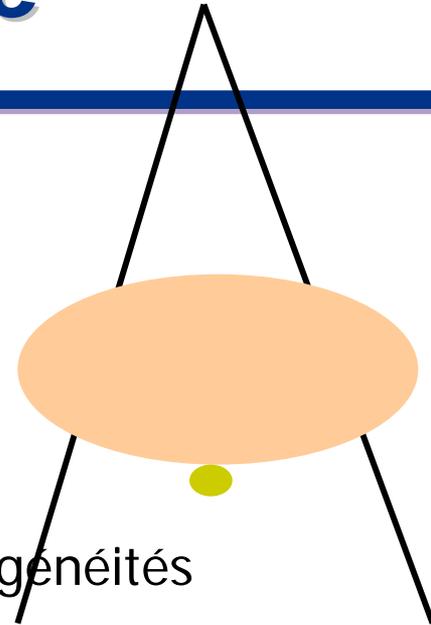
**Détecteur placé derrière le patient sur ou en dehors de l'axe du faisceau**

**Fonction :**

- Paramètres agissant sur l'entrée
- Anatomie du patient : épaisseur, hétérogénéités des tissus traversés

**Contrôle :**

- Épaisseur
- Prise en compte des hétérogénéités
- **Couplée à la dose d'entrée permet le calcul de la dose au volume cible**



# Stratégie de la DIV

---

## Définition de la stratégie et des modalités de mise en œuvre

- Quels types de mesures in vivo (systématiques, particulières) ?
  - ✓ Détection d'erreur : lecture immédiate (patient en place)
  - ✓ Mesures particulières, évaluation d'une technique : lecture différée
- Quel type de mesure : Dose à l'entrée, dose à la sortie,...
- Quel niveau d'intervention définir ?

# Questions à se poser :

---

- Qui fait les mesures, comment, quand ?
- Qui lit et interprète les résultats ?
- Que faire des résultats (type d'action) ?
  - Les résultats seront ils considérés comme une "preuve" médico-légale ?
- Quels moyens ? Quels dosimètres ? Quelle procédure ?

# Conclusion

- **DIV est une méthode « robuste »**
  - Aucune hypothèse préalable nécessaire
  - Prend en compte les conditions et les paramètres du traitement réellement réalisé
- **Dosimétrie In Vivo est une « ligne de défense » indispensable. Elle permet de:**
  - Garantir la dose délivrée au Patient
  - Détecter la plupart des erreurs systématiques et ainsi d'améliorer la qualité du traitement
- **RT : Sûreté de fonctionnement des systèmes complexes**
  - Barrière de défense/défense en profondeur : coût ? résulte souvent d'un manque d'étude avec le risque de ne pas être capable d'évaluer le niveau de risque résiduel