



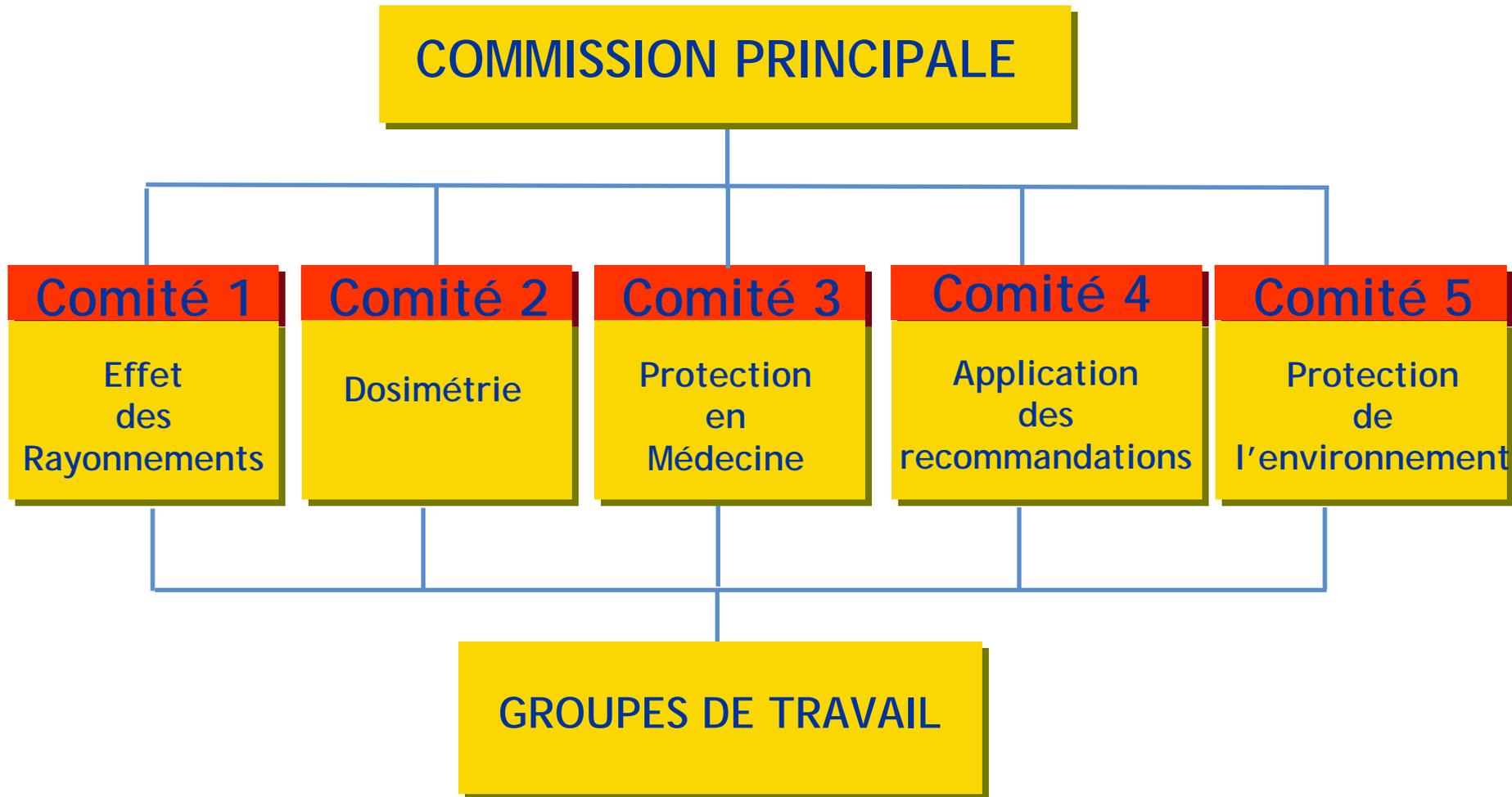
# Les Travaux du Comité 2 de la CIPR

2005-2009

2009-2013

F. Paquet

# L'organisation de la CIPR



# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## *Missions*

**Fournir les outils nécessaires à l'évaluation  
des doses reçues après exposition  
aux rayonnements**

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## *Missions*

- Définit des grandeurs de radioprotection
- Développe des modèles biocinétiques et dosimétriques de référence
- Produit des données de référence pour les travailleurs et les membres du public
- Produit des coefficients de dose pour l'évaluation des expositions internes et externes

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*S'appuie sur des groupes de travail*

GT sur dosimétrie interne (INDOS)

GT sur calcul de dose (DOCAL)

GT sur modèle alimentaire humain (HAT)

GT sur radiopharmaceutiques

GT sur exposition des spacionautes

GT sur exposition équipages avions

*Pilotés par des  
membres du C2*

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*Participe à d'autres GT*

GT sur utilisation de la dose efficace (C4,C3)

GT sur cellules cibles pour l'induction des effets stochastiques (C1)

GT sur épidémiologie après exposition aux émetteurs alpha (C1)

GT sur dosimétrie pour les espèces non-humaines (C5)

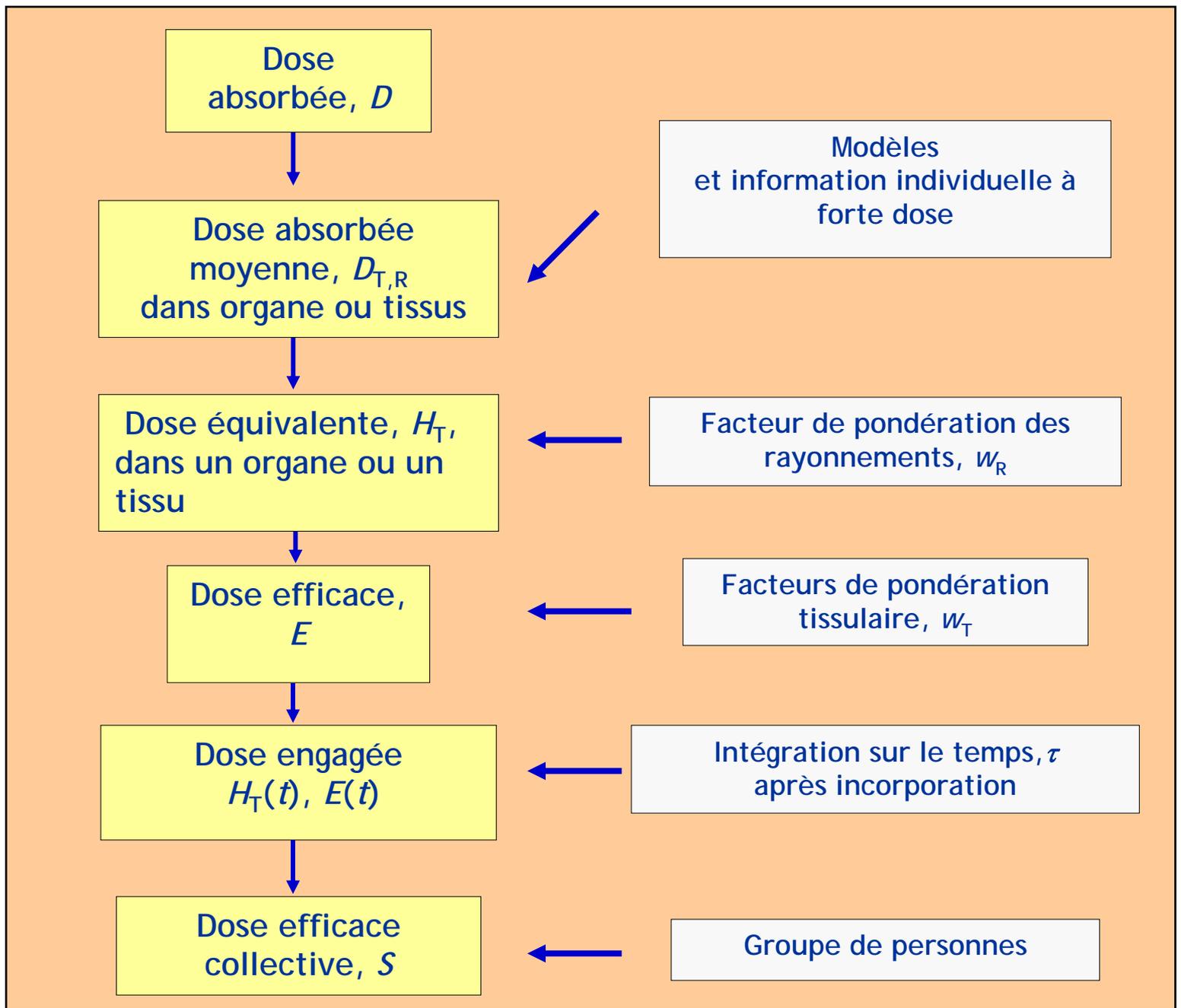
# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*Les dernières recommandations (ICRP, 2007)*

**1. Utilisation de la dose efficace**

**3 Points clés**



# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*Les dernières recommandations (ICRP, 2007)*

## 1. Utilisation de la dose efficace

3 Points clés

- Utilisation abusive pour estimation du risque individuel
- Calcul basé sur valeurs de référence (travailleur adulte ou public à différents ages) et non sur valeurs individuelles (sexe, masse, physiologie, sensibilité individuelle).  
Donne dose pour une personne de référence
- Doit servir à des fins de management des expositions et démonstration de conformité lorsque les doses sont largement en dessous des limites préconisées

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*Les dernières recommandations (ICRP, 2007)*

## 1. Utilisation de la dose efficace (suite)

3 Points clés

- Ne doit pas être utilisée en cas d'accident (utiliser valeurs individuelles)
- Ne doit pas être utilisée lorsque les doses reçues risquent de provoquer des réactions tissulaires
- Ne doit pas être utilisée pour l'évaluation des doses en épidémiologie

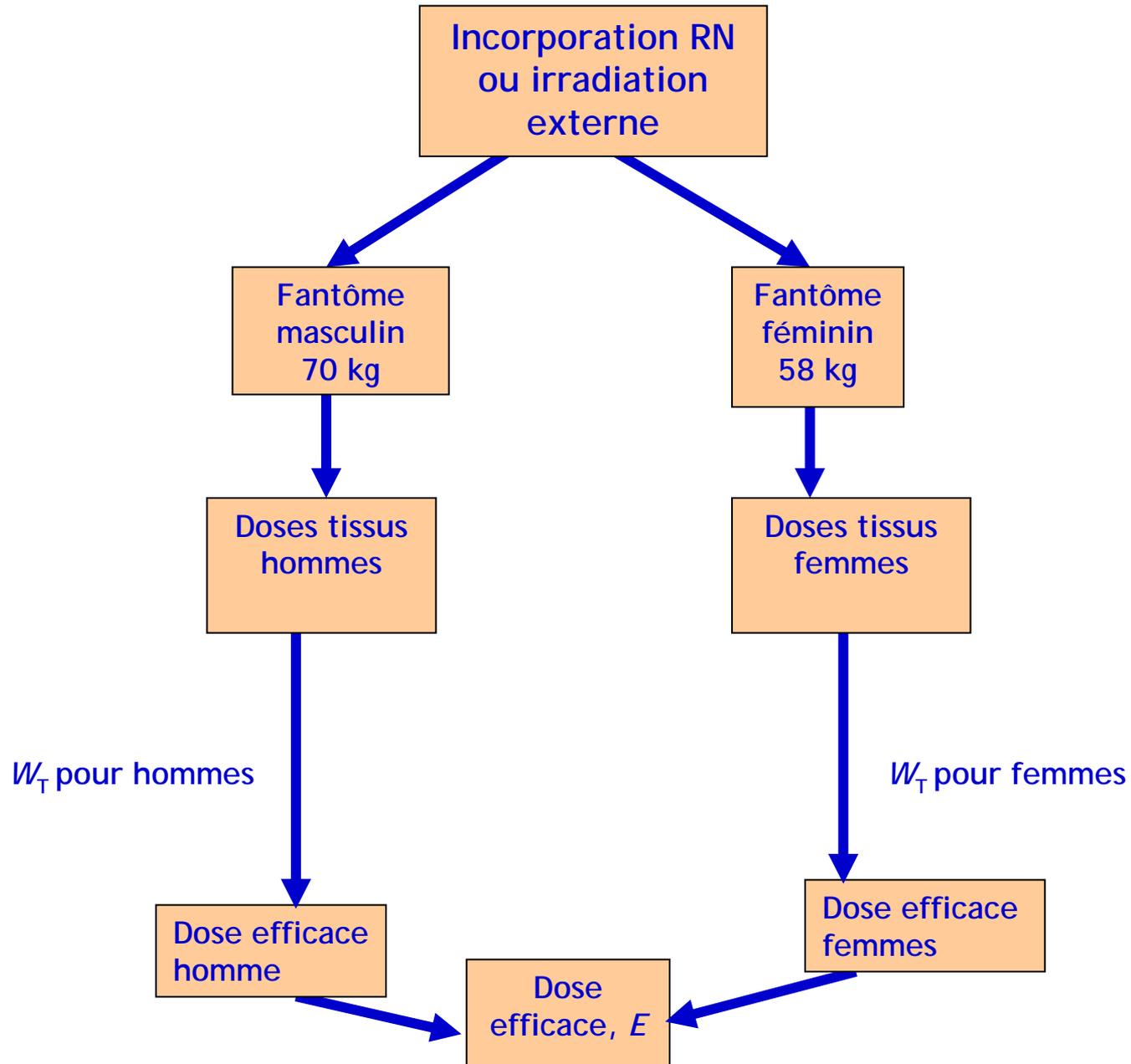
Dans ces derniers cas utiliser la dose absorbée aux organes avec les EBR adéquats.

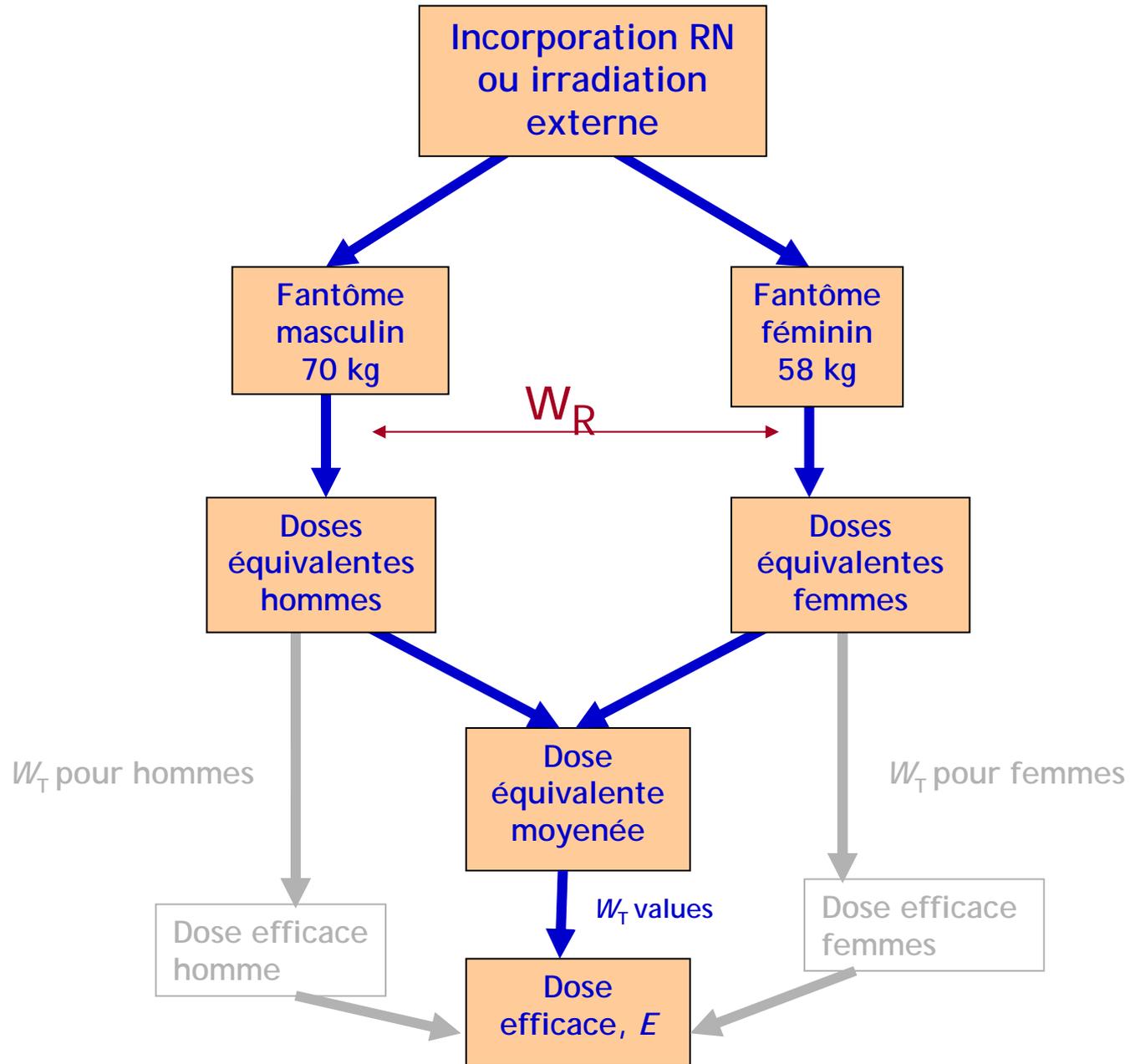
# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*Les dernières recommandations (ICRP, 2007)*

2. Distinction des doses Hommes/Femmes **3 Points clés**





# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*Les dernières recommandations (ICRP, 2007)*

## 3. Les incertitudes

## 3 Points clés

Clarifie la notion d'incertitude. La distingue de la variabilité.

Définition des sources d'incertitudes

- Hétérogénéité du dépôt d'énergie à faibles doses
- Hétérogénéité de distribution des RN
- Localisation des cellules cibles pour cancer
- Validité des modèles biocinétiques (données animales)
- Incorporation des RN à partir de la chaîne alimentaire
- EBR sur animaux et études *in vitro*
- ...

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*Les dernières recommandations (ICRP, 2007)*

## 3. Les incertitudes

3 Points clés

Les valeurs de référence ne sont, par définition, pas sujettes aux incertitudes.



- pas d'incertitude pour calcul E
- incertitudes pour évaluation du risque

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## *Travaux au sein des GT*

GT sur dosimétrie interne (INDOS)

GT sur calcul de dose (DOCAL)

GT sur modèle alimentaire humain (HAT)

GT sur radiopharmaceutiques

GT sur exposition des spacionautes

GT sur exposition équipages avion

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## *Travaux au sein des GT*

GT sur dosimétrie interne (INDOS)

GT sur calcul de dose (DOCAL)



### *Elaboration de*

- *Modèles biocinétiques (modélisation des transferts)*
- *Modèles dosimétriques (calculs des doses)*

*Etroite collaboration entre ces deux TG*

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## *Travaux au sein des GT*

GT sur dosimétrie interne (INDOS)

GT sur calcul de dose (DOCAL)

GT sur modèle alimentaire humain (HAT)

GT sur exposition des spacionautes

GT sur exposition équipages avion

GT sur radiopharmaceutiques

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

*GT sur dosimétrie interne (INDOS)*

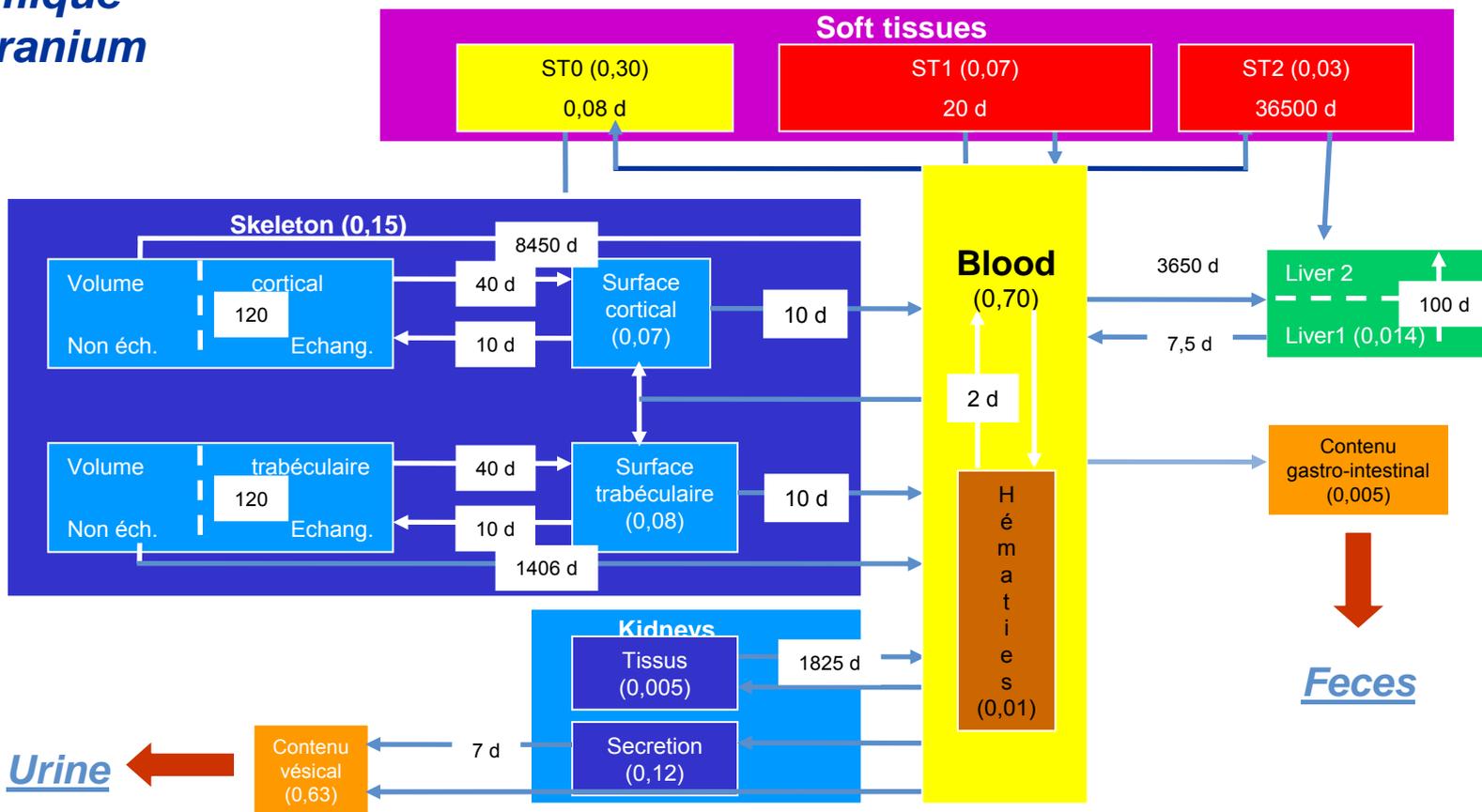
*Objectifs généraux*

Développement de modèles biocinétiques pour les RN entrant dans le corps par inhalation, ingestion ou blessure

# Le Comité 2

*"Doses from Radiation Exposure"*

**Modèle  
systémique  
de l'Uranium**



SANG + STO = 1 avec une période sanguine de 28 minutes  
Organe (0.xx) = fraction transférée du sang à l'organe

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## *GT sur dosimétrie interne (INDOS)*

### *Objectifs spécifiques*

1. Réviser les modèles des publications 30, 54, 68, 78 (1982-1997), sur l'exposition des travailleurs

**Données biocinétiques, coefficients de dose et fonctions d'excrétion pour 40 éléments**

# Le Comité 2

*"Doses from Radiation Exposure"*

## *GT sur dosimétrie interne (INDOS)*

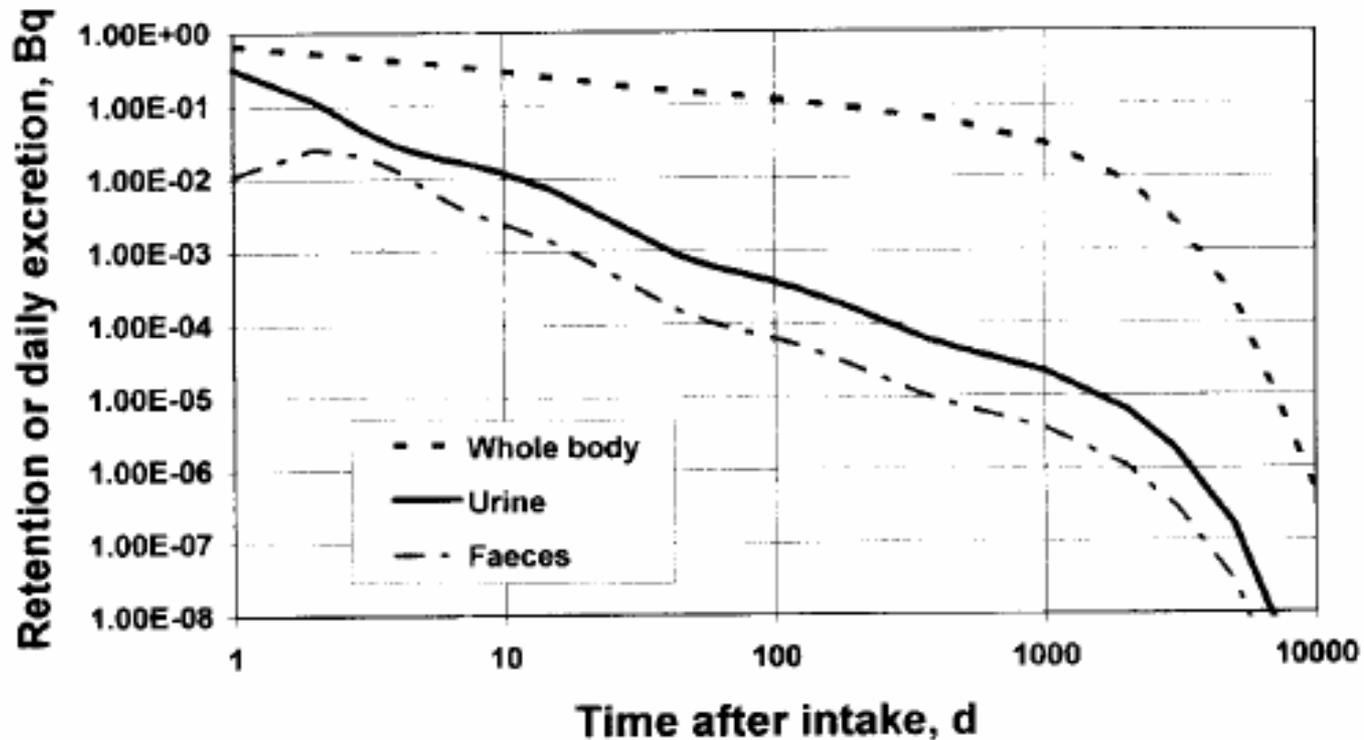


Fig. A.3.15.  $^{60}\text{Co}$  Injection: predicted values (Bq per Bq intake) following acute intake.

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## *GT sur dosimétrie interne (INDOS)*

1. Réviser les modèles et publications 30, 54, 68, 78 (1982-1997), sur l'exposition des travailleurs

Données biocinétiques, coefficients de dose et fonctions d'excrétion pour 40 éléments

(H, C, Na, Mg, P, S, K, Ca, Fe, Co, Ni, Zn, Zr, Se, Nb, Mo, Tc, Ag, Ru, Sb, Sr, Ir, Y, Cs, I, Te, Ba, Ce, Pb, Bi, Po, Ra, U, Th, Np, Pu, Am, Cm, Cf + Rn)

OIR Part 1. ICRP Publication 2011

Les autres éléments dans parties 2 et 3, à paraître en 2012 et +

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur dosimétrie interne (INDOS)

1. Réviser les modèles et publications 30 (1982), 54 (1988), 68 (1995), 78 (1997) sur l'exposition des travailleurs
2. Réviser les modèles et publications 56, 67, 69, 71, 72 (1989-1996) sur l'exposition des membres du public

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur dosimétrie interne (INDOS)

1. Réviser les modèles et publications 30 (1982), 54 (1988), 68 (1995), 78 (1997) sur l'exposition des travailleurs
2. Réviser les modèles et publications 56, 67, 69, 71, 72 (1989-1996) sur l'exposition des membres du public

Modèles et coefficients de dose, en fonction de l'âge pour  
≈ 40 éléments

Prévu pour 2013 et +

# Le Comité 2

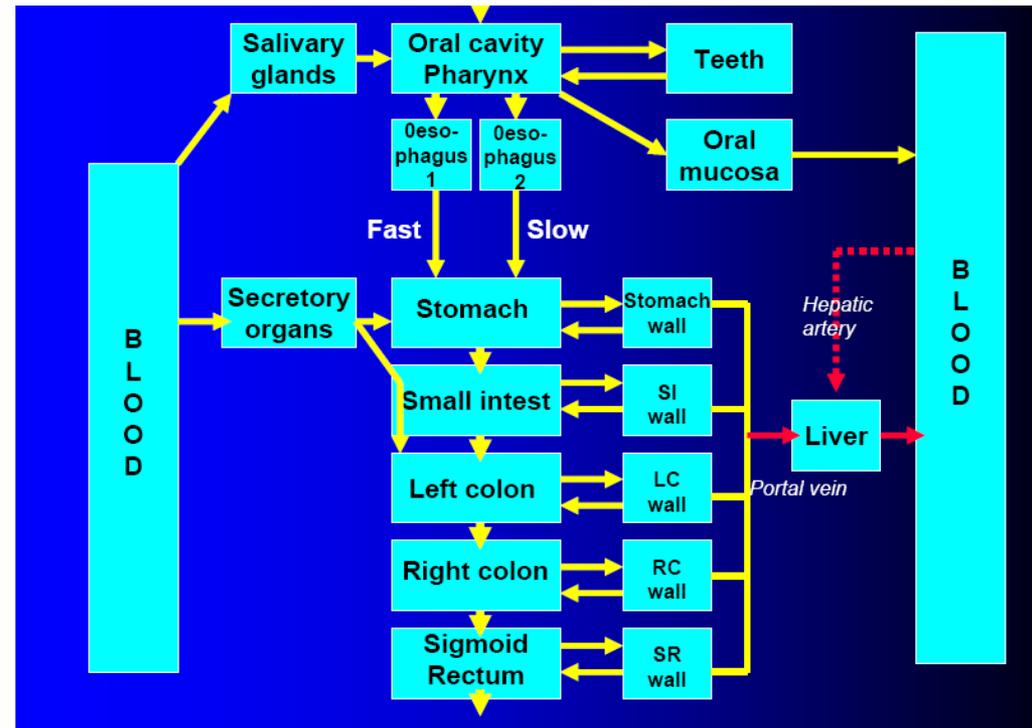
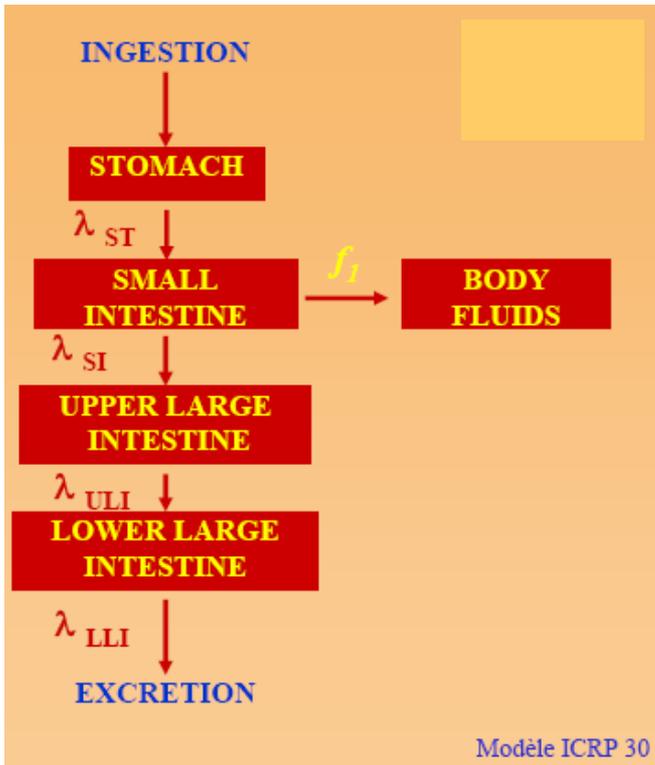
*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur dosimétrie interne (INDOS)

1. Réviser les modèles et publications 30 (1982), 54 (1988), 68 (1995), 78 (1997) sur l'exposition des travailleurs
2. Réviser les modèles et publications 56, 67, 69, 71, 72 (1989-1996) sur l'exposition des membres du public
3. Intégrer les nouvelles données du modèle alimentaire

# Le Comité 2

*"Doses from Radiation Exposure"*



Nouveaux  $f_A$   
Nouveaux sites absorption et rétention

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

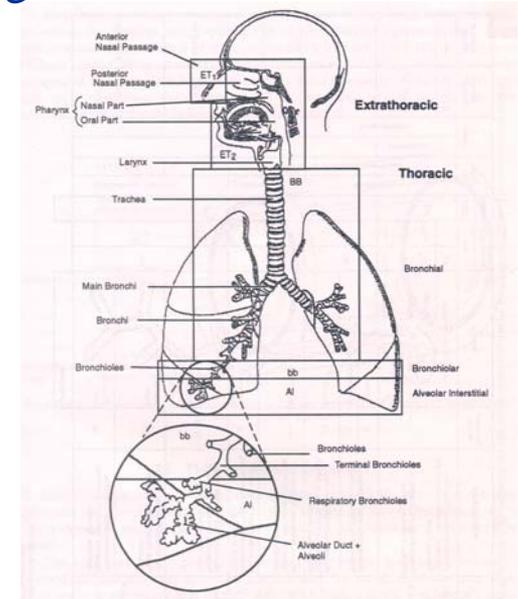
## GT sur dosimétrie interne (INDOS)

1. Réviser les modèles et publications 30 (1982), 54 (1988), 68 (1995), 78 (1997) sur l'exposition des travailleurs
2. Réviser les modèles et publications XX sur l'exposition des membres du public
3. Intégrer les nouvelles données du modèle alimentaire
4. Modifier quelques paramètres du modèle respiratoire

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur dosimétrie interne (INDOS)



Mise à jour de données sur transferts après inhalation

Quelques changements dans certains paramètres

Introduction de “paramètres spécifiques d’un matériel” à la place des paramètres par défaut, lorsque des données fiables de transfert *in vivo* sont disponibles

# Le Comité 2

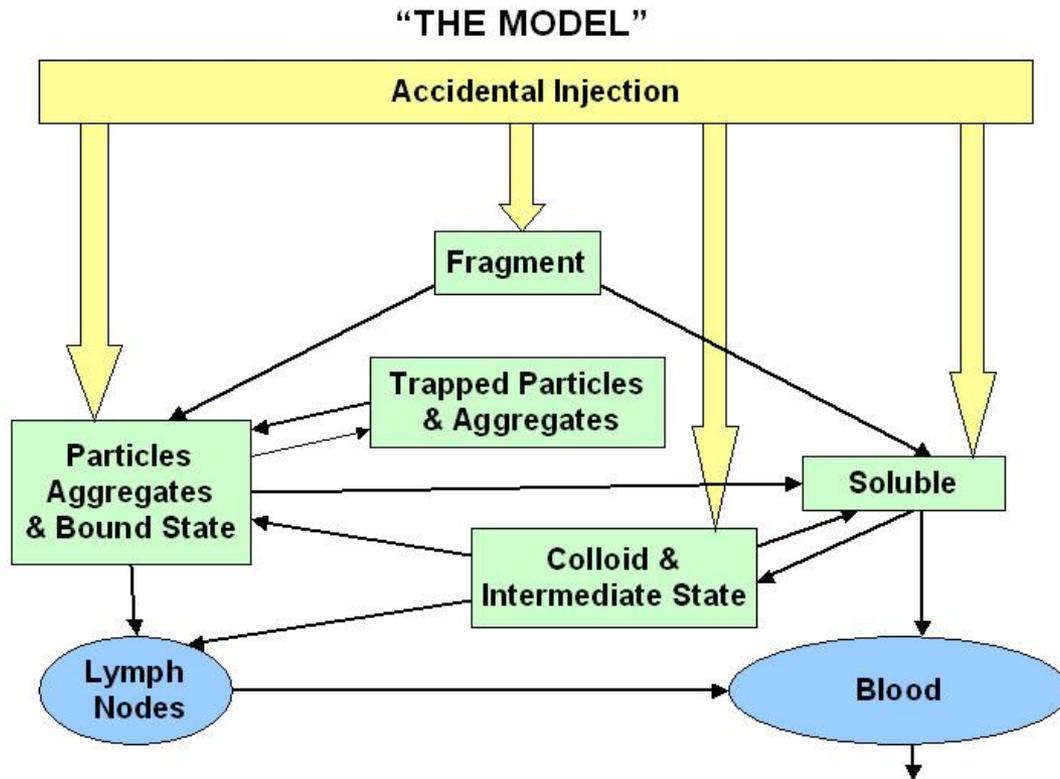
*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur dosimétrie interne (INDOS)

1. Réviser les modèles et publications 30 (1982), 54 (1988), 68 (1995), 78 (1997) sur l'exposition des travailleurs
2. Réviser les modèles et publications XX sur l'exposition des membres du public
3. Intégrer les nouvelles données du modèle alimentaire
4. Modifier quelques paramètres du modèle respiratoire
5. Définir un modèle blessure

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*



Nouvelles données après blessure (issues du travail NCRP)

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## *Travaux au sein des GT*

GT sur dosimétrie interne (INDOS)

GT sur calcul de dose (DOCAL)

GT sur modèle alimentaire humain (HAT)

GT sur exposition des spacionautes

GT sur exposition équipages avion

GT sur radiopharmaceutiques

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

*Développement de méthodes pour le calcul de doses à partir de sources externes et internes de radiations*

$$\bar{D}(r_T, T_P, G, T_C) = \sum_{r_S} \int_0^{T_C} A(r_S, T_P + \tau, G) S(r_T \leftarrow r_S, T_P + \tau, G) d\tau$$

$$\bar{d}(r_T, T_P, G, T_C) = \sum_{r_S} \int_0^{T_C} a(r_S, T_P + \tau, G) S(r_T \leftarrow r_S, T_P + \tau, G) d\tau$$

$$S(r_T \leftarrow r_S, T_P, G) = \sum_i E_i Y_i \Phi(r_T \leftarrow r_S, T_P, G, E_i)$$

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

### *Objectifs spécifiques*

- Production des modèles anatomiques de référence pour les hommes et femmes adultes et enfants
- Production des coefficients de dose externe et interne
- Données sur la décroissance radioactive des radioéléments

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

### *Objectifs spécifiques*

- Production des modèles anatomiques de référence pour les hommes et femmes adultes et enfants
- Production des coefficients de dose externe et interne
- Données sur la décroissance radioactive des radioéléments

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

## *Principes*

Construire des fantomes correspondants (masse, volume) aux personnes de référence de la CIPR

Désignation de chaque tissu en tant que cible et/ou source

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

### *Finalité*

Produire coefficients de conversion de dose, coefficients de dose efficace et grandeurs dérivées

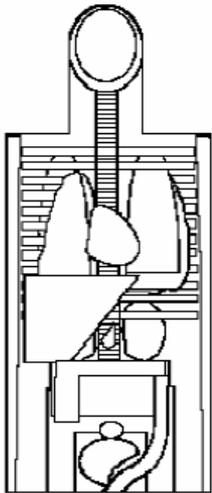
SAF (fraction énergie des rayonnements émis dans source S et absorbée dans tissus cibles T), dose absorbée par Bq pour contamination

Dose absorbée par kerma ou fluence en fonction des rayonnements

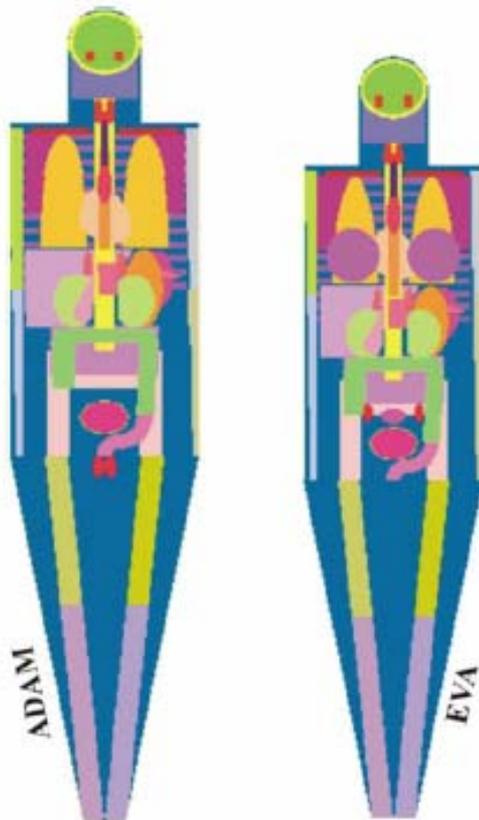
# Le Comité 2

*"Doses from Radiation Exposure"*

1970 s Les fantômes mathématiques



68 régions



Taille et forme du corps et des tissus sont représentés par des équations

The brain is an ellipsoid given by

$$\left(\frac{x}{6}\right)^2 + \left(\frac{y}{9}\right)^2 + \left(\frac{z - 86.5}{6.5}\right)^2 \cong 1,$$

and the volume is 1,470 cm<sup>3</sup> (Fig. 4).

Fantomes MIRD5 ou ADAM et EVA

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

1970 s Les fantômes mathématiques

Problèmes de représentativité, qui génère erreurs dans calcul dose

Dosimétrie externe

- Profondeur des organes par rapport à surface corporelle
- Forme et diamètre du tronc

Dosimétrie interne

- Position respective des S et T
- Masse des organes

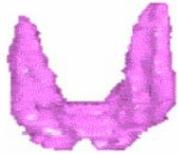
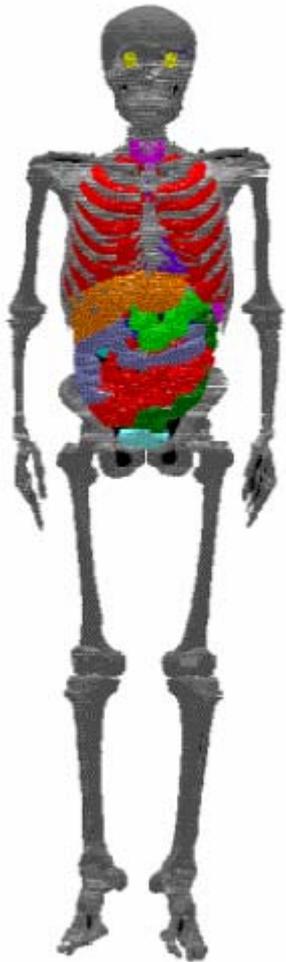
# Le Comité 2

*"Doses from Radiation Exposure"*

## 1988 Les fantômes voxélisés

Basés sur images IRM de personnes réelles





Thyroid



Pancreas

## Ex. du fantôme GOLEM

Processus de segmentation resulte en un modèle voxélisé avec environ 122 organes.

2 millions de voxels de dimension  $2 \times 2 \times 8 \text{ mm}^3$

Le dépôt d'énergie de chaque faisceau est calculé pour chaque voxel

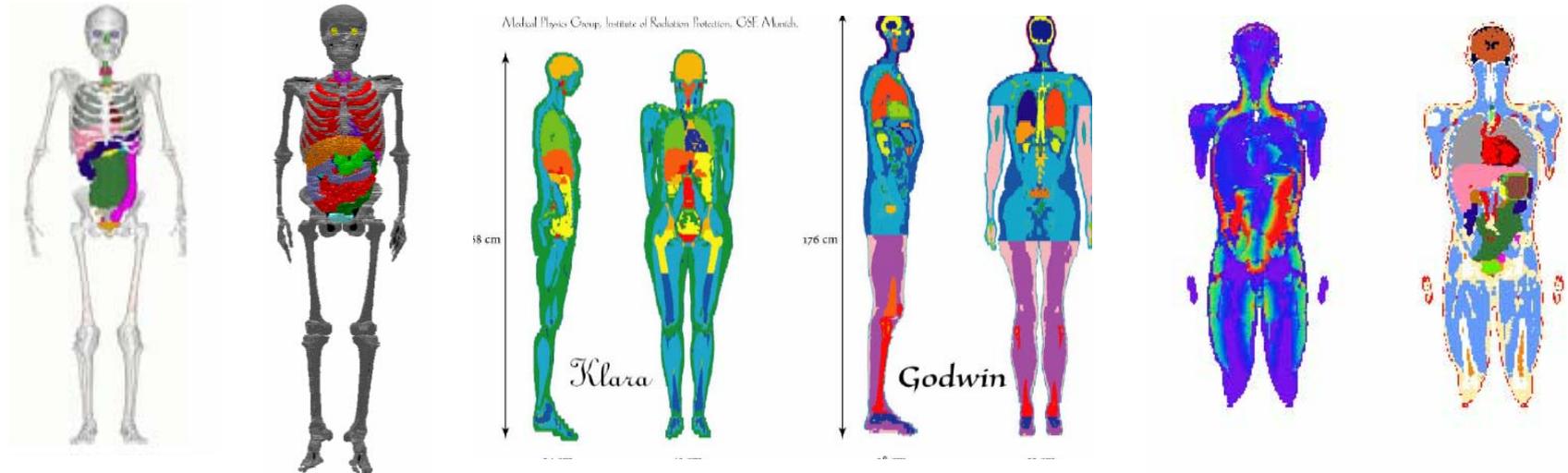
La dose à l'organe est la somme de l'énergie déposée dans chaque voxel

Vue antérieure  
de certains organes  
d'un fantôme voxélisé

# Le Comité 2

Environ 30 fantômes différents, représentant anatomie de personnes réelles

Model	Reference	Images	Race	Age and sex	Subject	Comment
Child	[18]	CT	Caucasian	7-year-old female	Leukemia patient	Small for age (5 to 7-year-old)
Baby	[18]	CT	Caucasian	8-week-old female	Cadaver	
VoxelMan <sup>a</sup>	[49, 50]	CT	Caucasian	Adult male	Diffuse melanoma	Head and torso
NORMAN	[14, 30]	MRI	Caucasian	Adult male		Only 10 ribs
Golem	[26, 42]	CT	Caucasian	38-year-old male	Leukemia patient	
ADELAIDE	[51]	CT	Caucasian	14-year-old female	Patient	Torso
VIP-man	[35]	Colour photos	Caucasian	38-year-old male	Cadaver (VHP <sup>b</sup> )	One testicle only
Otoko	[20]	CT	Japanese	Adult male		
UF newborn	[38]	CT	Caucasian	6-day-old female	Cadaver	
UF 2 month	[38]	CT	Caucasian	6-month-old (=2) male	Cadaver	Small for age
Visible-human	[23]	CT	Caucasian	38-year-old male	Cadaver (VHP)	
Frank	[23, 52]	CT	Caucasian	48-year-old male	Patient	Head and torso
Donna	[17, 52]	CT	Caucasian	40-year-old female	Patient	
Helga	[17, 23]	CT	Caucasian	26-year-old female	Patient	Legs absent below mid-thigh
Irene	[17, 23]	CT	Caucasian	32-year-old female	Patient	
MAX <sup>c</sup>	[24]		Caucasian	Modified VoxelMan		Reference man dimensions
Nagaoka man	[32]	MRI	Japanese	22-year-old male	Volunteer	
Nagaoka woman	[32]	MRI	Japanese	22-year-old female	Volunteer	
KR-man	[37]	MRI	Korean	28-year-old male		
Un-named	[53]	CT		9-month-old male		Head and torso
Pregnant woman	[54]	CT		30 weeks pregnant		Part torso



# Le Comité 2

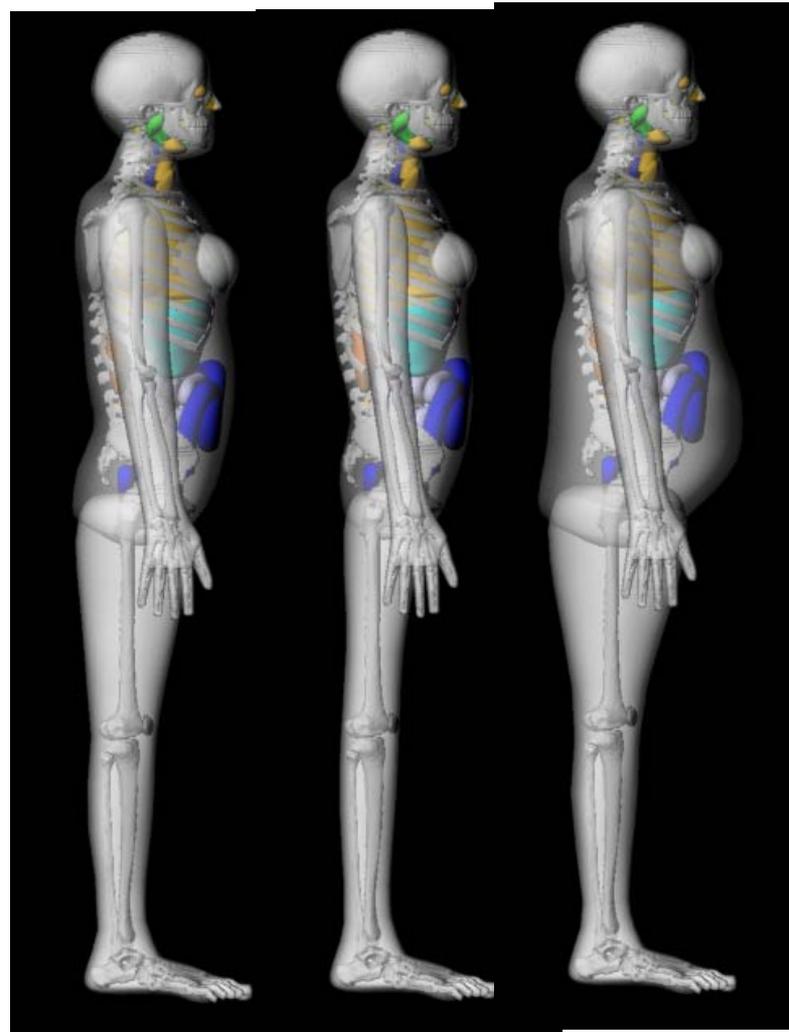
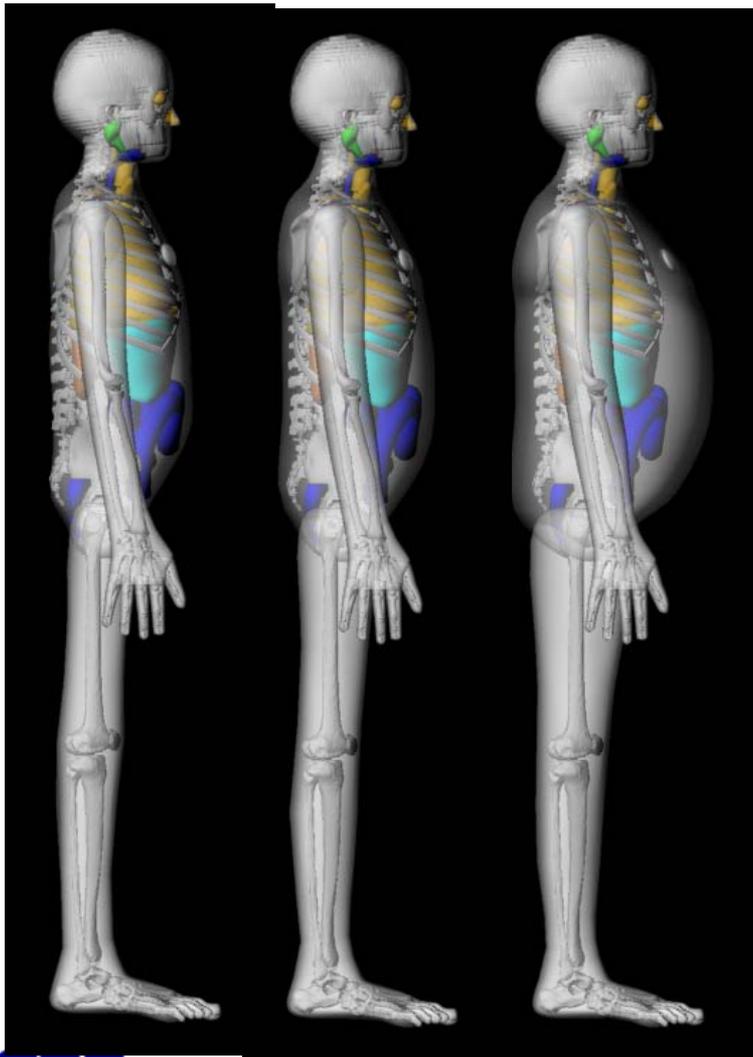
## *“Doses from Radiation Exposure”*

### Nécessité de transformer certains fantômes

1. En leur assignant taille et masse des organismes de référence de la CIPR 89 et en faisant apparaître des régions “invisibles” à l’IRM (voies aériennes respiratoires, moelle “active” du squelette, surface os.,...)
2. En introduisant certaines régions déjà définies dans certains modèles de la CIPR (surface nasale dans ET, paroi du colon, cristallin, etc...)
3. En ajoutant certaines modifications supplémentaires  
suppression paupières,  
modification certaines positions (sujets analysés en position couchée)  
identification os cortical, moelle médullaire  
identification zone corticale et médullaire dans les reins  
identification des ganglions lymphatiques

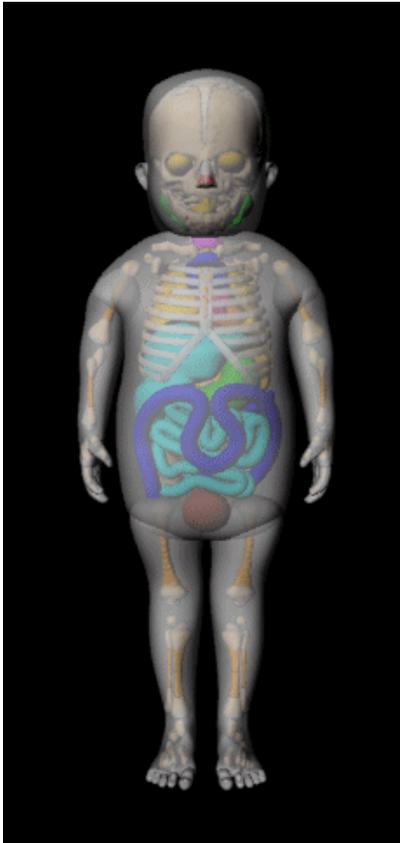
# Le Comité 2

*"Doses from Radiation Exposure"*



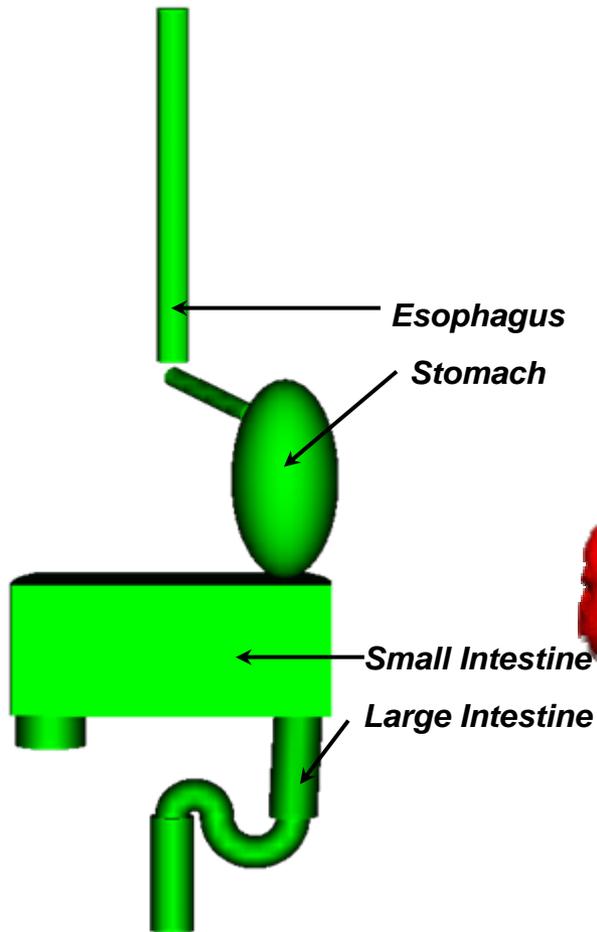
# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

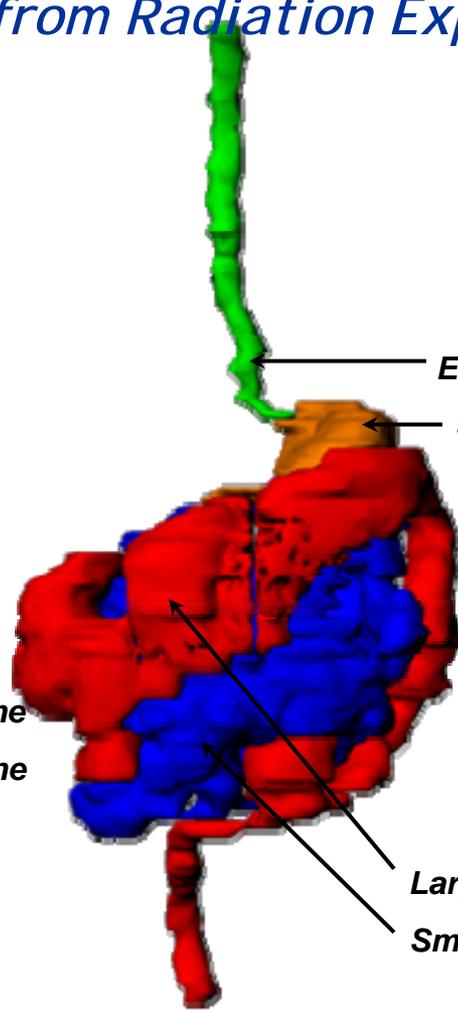


# Le Comité 2

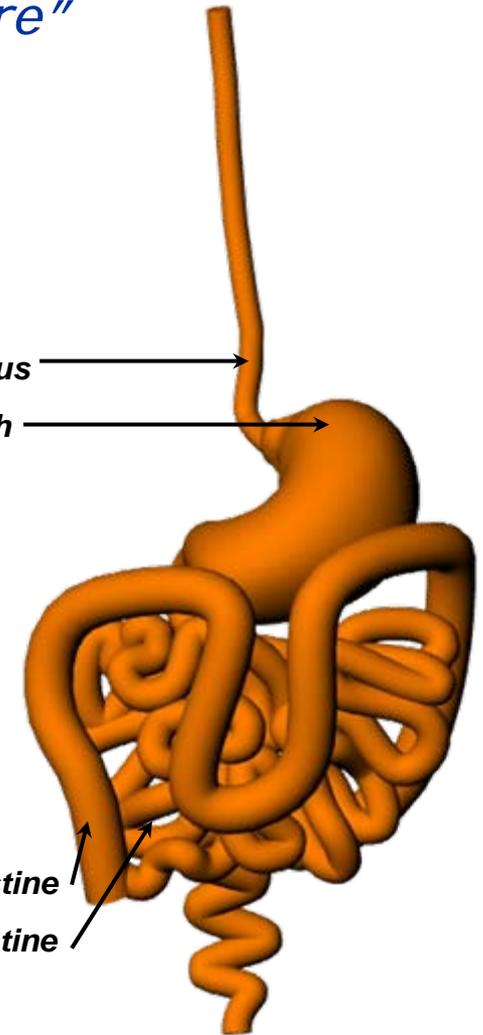
*"Doses from Radiation Exposure"*



***Stylized Phantom***



***Voxel Phantom***



***Hybrid phantom***

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

- Production des modèles anatomiques de référence pour les hommes et femmes adultes et enfants
- Production des coefficients de dose externe et interne
- Données sur la décroissance radioactive des radioéléments

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

Coefficients de conversion pour utilisation en RP contre irradiations externes (remplacement ICRP 74)

Dose efficace (ou absorbée) par fluence (pSv/cm<sup>2</sup> ou pGy/cm<sup>2</sup>), ou par kerma (Gy/Gy) selon énergie des radiations

pour photons (10keV à 10GeV)  
neutrons (thermique à 10GeV),  
électrons/positrons (50keV à 10GeV)  
protons/pions/muons, ions He

Donnés pour 31 tissus.

Publication prévue en 2010

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

- Production des modèles anatomiques de référence pour les hommes et femmes adultes et enfants
- Production des coefficients de dose externe et interne
- Données sur la décroissance radioactive des radioéléments

# Le Comité 2

*“Doses from Radiation Exposure”*

## GT sur Calcul de Dose (DOCAL)

ICRP 107, 2009. Révision de la publication 38 de la CIPR

Schémas de décroissance avec table des émissions pour chaque RN.

Spectres de certains émetteurs Auger

### Fichiers NUCDECAY

Données sur l'énergie et l'intensité des alphas

Données sur l'énergie et l'intensité des fragments de fission

Données sur radiations beta et gamma et spectres neutrons  
pour fission spontanée

Sur CD

# Le Comité 2

## *“Doses from Radiation Exposure”*

### Dernières publications

Publication 88 . Doses to the embryo and fetus from intakes of radionuclides by the mother.  
Ann. ICRP 31 (1-3) 2001. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Supporting Guidance 3 . Guide for the practical application of the ICRP Human Respiratory Tract Model.  
Ann. ICRP 32 (1-2) 2002. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Publication 89 . Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values.  
Ann. ICRP 32 (3-4) 2002. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Publication 95 . Doses to infants from ingestion of radionuclides in mothers' milk.  
Ann. ICRP 34 (3-4) 2004. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Publication 100 . Human Alimentary Tract Model for radiological protection. Ann. ICRP 36 (1-2) 2006.  
Elsevier Science Ltd., Oxford.

Publication 107. Nuclear decay data. In Press

Publication 110. Adult reference computational phantoms. In Press