



Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-



# Estimation des doses dues à l'imagerie délivrées aux patients lors des traitements de radiothérapie externe guidée par l'image

*Grégory Delpon*, Teriira Liant, Sophie Chiavassa, Albert Lisbona

Service de Physique Médicale

CLCC Nantes Atlantique

Contact : g-delpon@nantes.fnclcc.fr

Sujet de M2 de Teriira Liant



# CONTEXTE

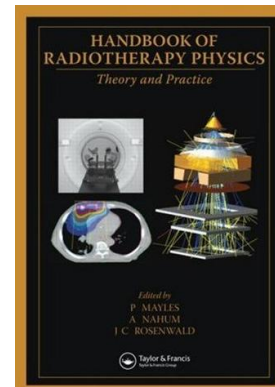
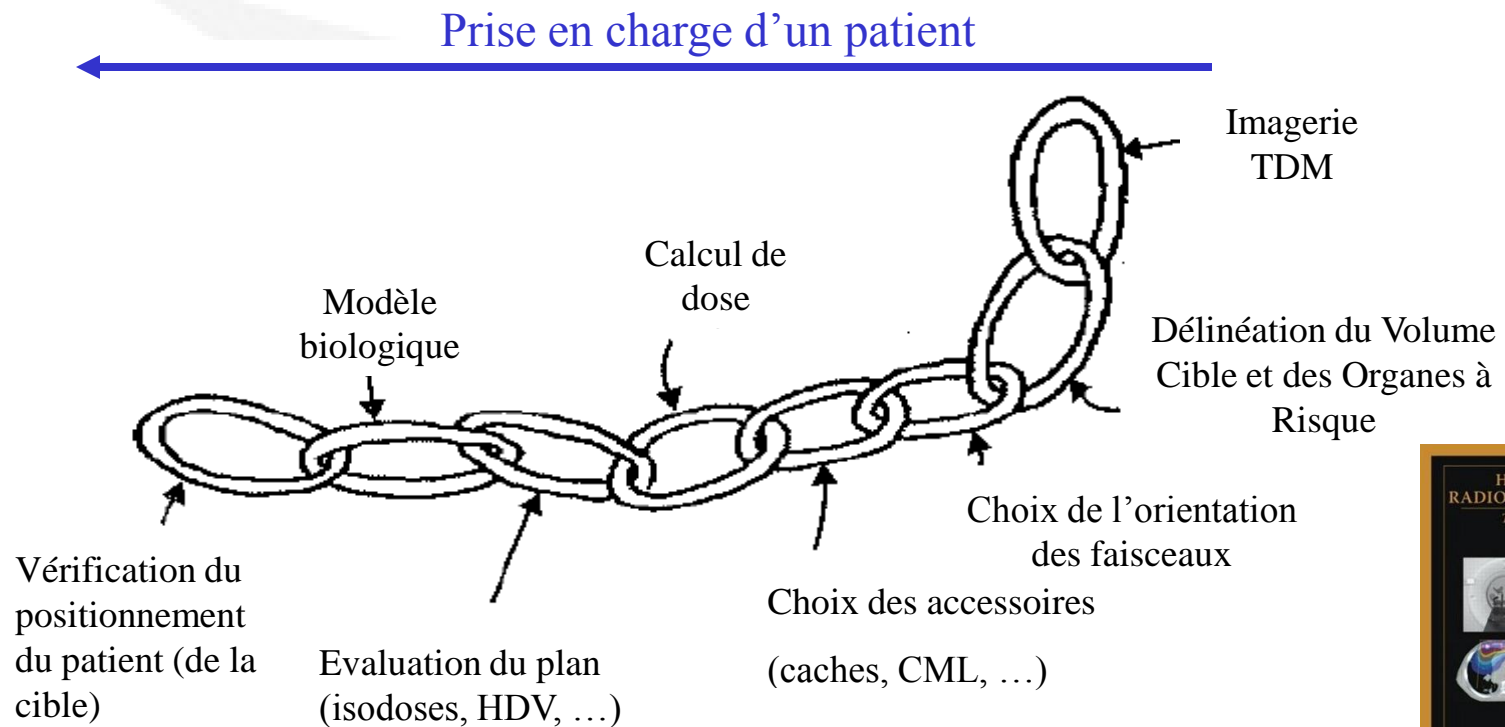
## *Objectifs de la prise en charge d'un patient traité en radiothérapie externe*

- **Irradier la cible** à une dose prescrite par le radiothérapeute
- **Protéger les organes à risque**, en respectant « le mieux possible » des contraintes dose-volume



# CONTEXTE

## *Chronologie de la prise en charge d'un patient*



*D'après Handbook of radiotherapy physics: Theory and Practice. P Mayles, A Nahum, JC Rosenwald.*



# CONTEXTE

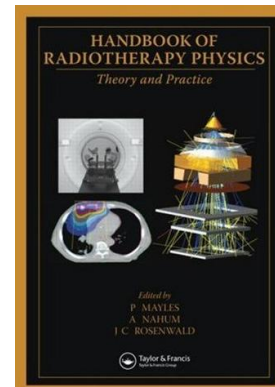
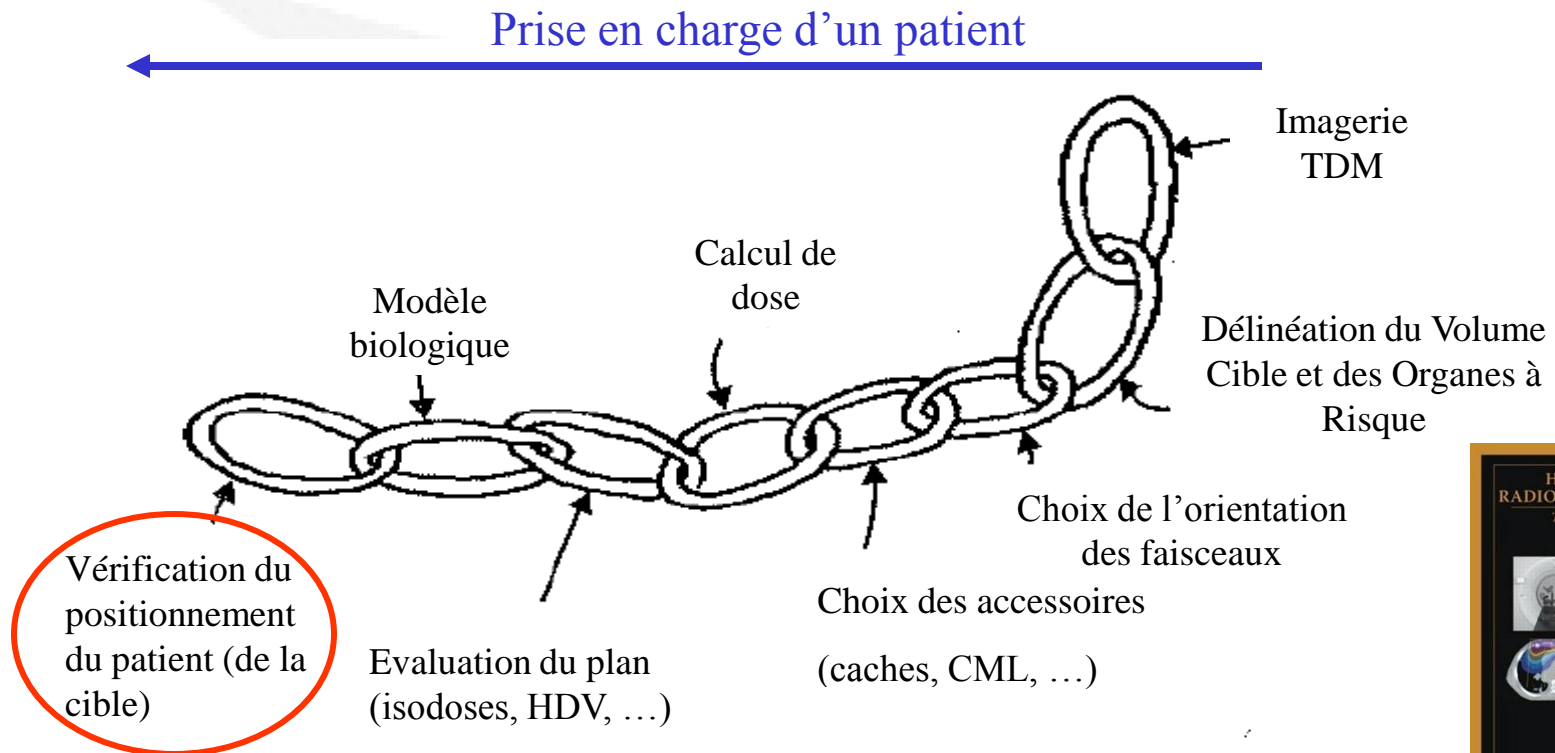
## *Hypothèse indispensable pour tout traitement de radiothérapie externe*

- Repositionner le patient à chaque séance avec une précision « satisfaisante » par rapport aux objectifs (qui dépendent de l'application, *i.e.* irradiation palliative d'une métastase douloureuse, irradiation en conditions stéréotaxiques, ...)



# CONTEXTE

## *Chronologie de la prise en charge d'un patient*



*D'après Handbook of radiotherapy physics: Theory and Practice. P Mayles, A Nahum, JC Rosenwald.*



# EXEMPLE DE MATERIEL

Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

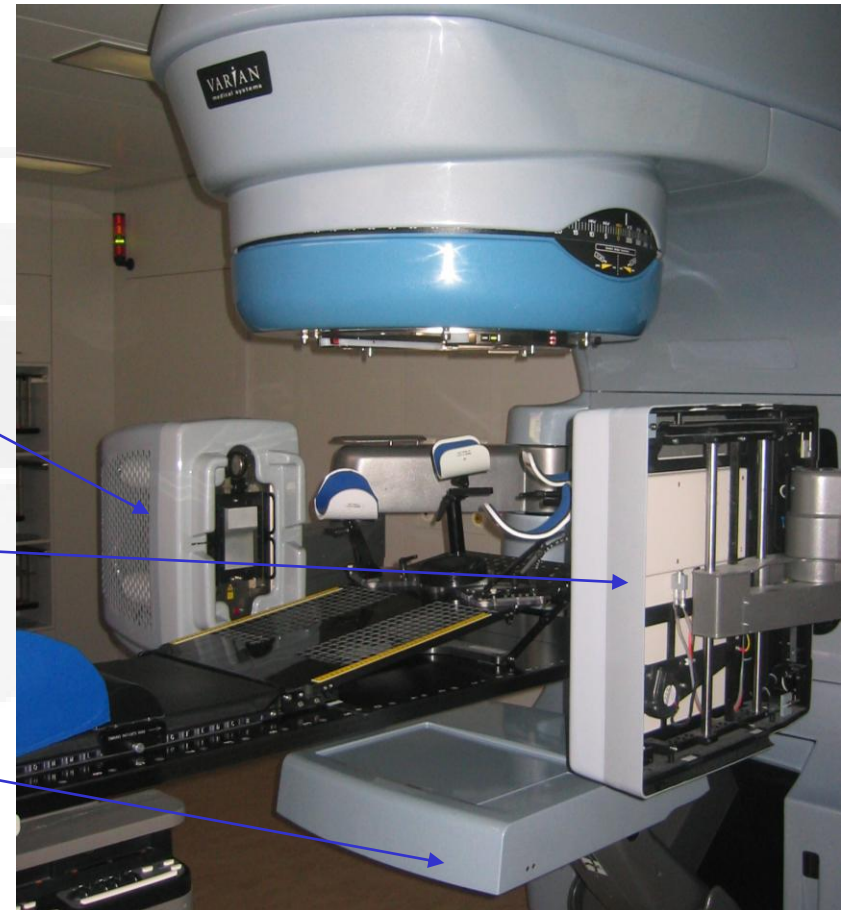
## Accélérateur Varian équipé du système On Board Imager

Acquisition d'images  
kV – kV ou kV - MV

Tube à  
rayons X

Détecteur  
kV

Détecteur  
MV



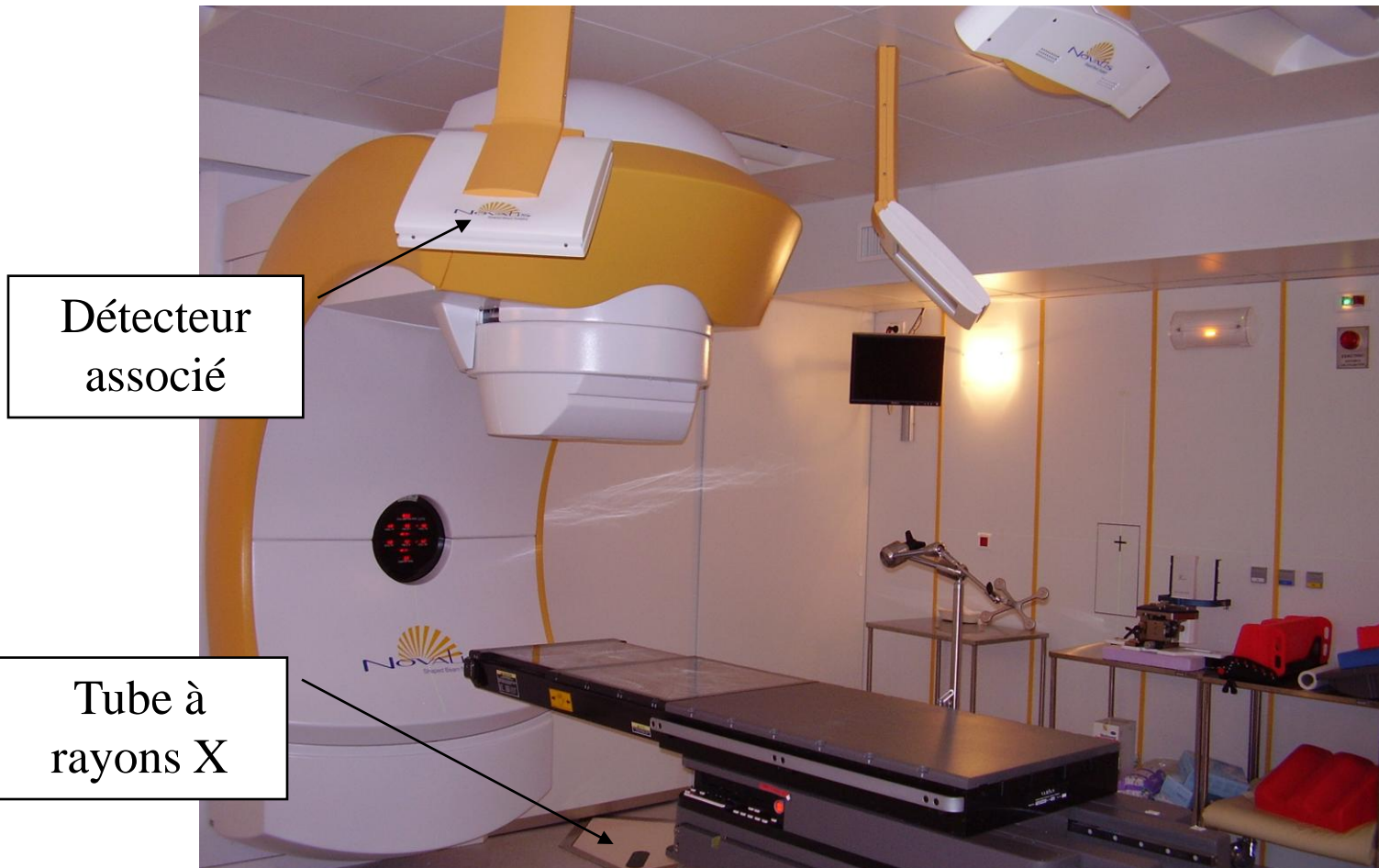


# EXEMPLE DE MATERIEL

Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

## Accélérateur BrainLAB équipé du système ExacTrac

Acquisition d'images kV – kV





# PRESCRIPTION

- Radiothérapeute
  - Prescrit une dose de RADIOTHERAPIE
    - 76 Gy / 38 séances ; 50 Gy / 25 séances ; 33 Gy / 3 séances...
- Prise en charge du patient
  - Acquisition CT / Planimétrie / Séances :
    - Vérification du positionnement (OBI)
    - Vérification de la balistique
    - Délivrance du traitement
- Calcul de la dose supplémentaire
  - 3 localisations (tête, thorax, pelvis)





# CT DE SIMULATION

## ■ Calcul de la dose avec CT Dosimetry

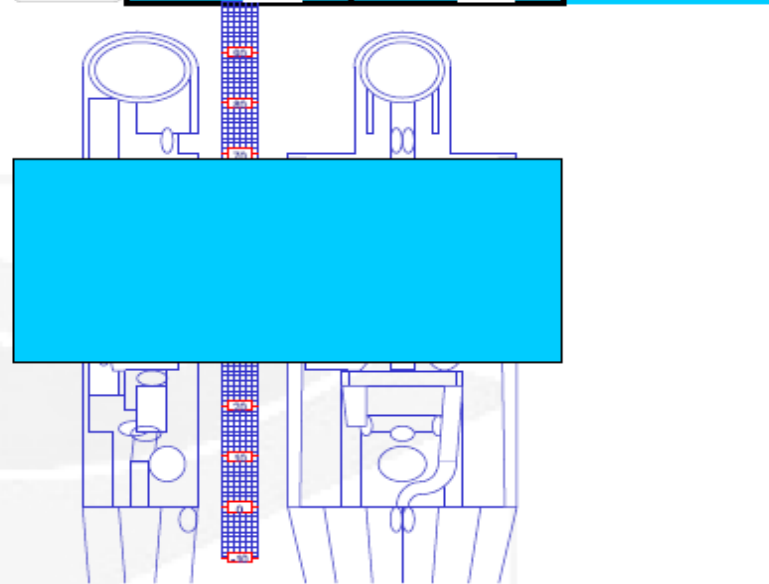
### ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator

Version 0.99x 20/01/06

Scanner Model:	
Manufacturer:	GE
Scanner:	GE Lightspeed Pro 16
kV:	120
Scan Region:	Head
Data Set	MCSET13
Current Data	MCSET13
Scan range	
Start Position	4 cm
End Position	44 cm
Patient Sex:	f

Acquisition Parameters:		
Tube current	100	mA
Rotation time	1	s
mAs / Rotation	100	mAs
Collimation		mm
Slice Width		mm
Pitch	1,2	
Rel. CTDI	1,00	(assumed)
CTDI (air)	33,3	mGy/100mAs
CTDI (soft tissue)	35,6	mGy/100mAs
$CTDI_w$	20,8	mGy/100mAs

Zoom In	Start: +1	+10	End: +1	+10	79	241
Zoom Out	29	-1	69	-1	80	120



Organ	$w_T$	$H_T$	$w_T \cdot H_T$
Gonads	0,2	11	2,1
Bone Marrow (red)	0,12	4,8	0,55
Colon	0,12	8,2	0,99
Lung	0,12	1,7	0,2
Stomach	0,12	12	1,4
Bladder	0,05	12	0,58
Breast	0,05	0,41	0,02
Liver	0,05	11	0,53
Oesophagus (Thymus)	0,05	0,3	0,015
Thyroid	0,05	0,03	0,0016
Skin	0,01	3,3	0,033
Bone Surface	0,01	5,8	0,058
Kidneys	0,025	13	0,32
Remainder 2	0,025	4,5	0,11
Total Effective Dose (mSv)			6,9

Remainder Organs		$H_T$
Adrenals		10
Brain		0,0013
Upper Large Intestine		12
Small Intestine		12
Kidney		13
Pancreas		9,9
Spleen		10
Thymus		0,3
Uterus		11
Muscle		4,5

$CTDI_w$ (mGy)	20,8
$CDTI_{vol}$ (mGy)	17,3
DLP (mGy.cm)	694

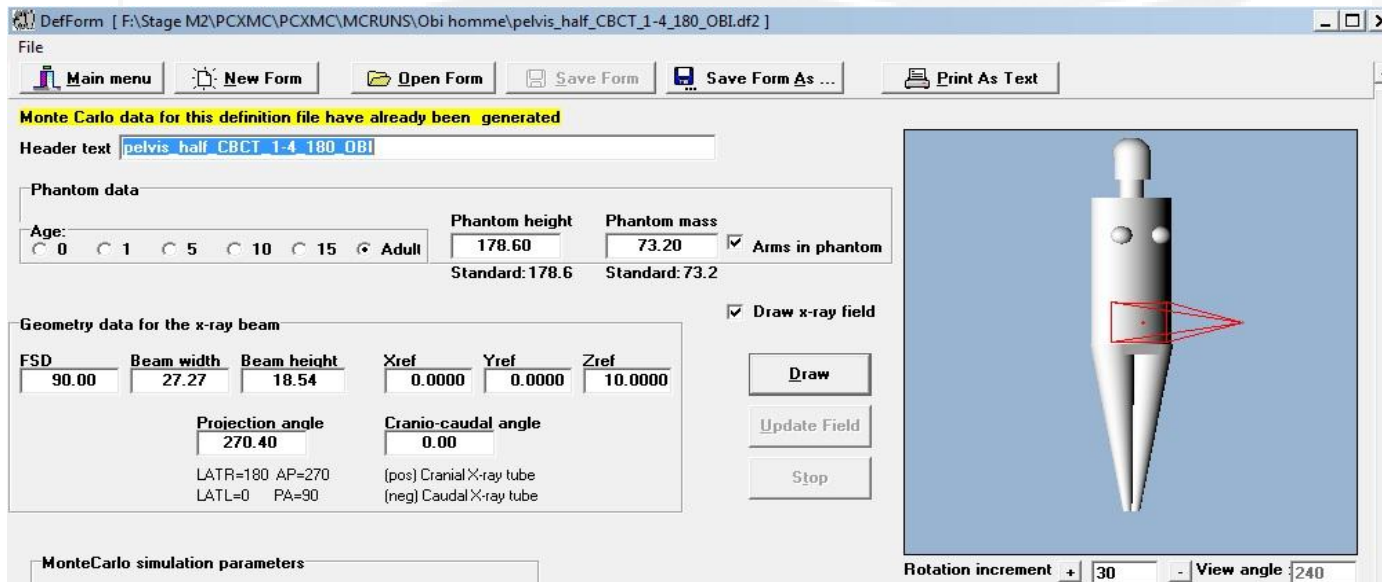
Scan Description / Comments	
-----------------------------	--



# POSITIONNEMENT AVEC OBI

Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

- 2 modes : kV – kV (2 clichés orthogonaux) ou acquisition en rotation CBCT (~700 clichés)
- Calcul de la dose avec PCXMC 2.0





# POSITIONNEMENT AVEC OBI

Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

## ■ PCXMC 2.0

Calculation of x-ray spectrum

X-ray tube potential <input type="text" value="125"/> kV	Filter #1 : Material <input type="text" value="13"/> Atomic Number <input type="text" value="Al"/> Chemical Symbol	Filter #2 : Material <input type="text" value="29"/> Atomic Number <input type="text" value="Cu"/> Chemical Symbol
X-ray tube Anode Angle <input type="text" value="14.00"/> degree	Filter #1 : Thickness <input type="text" value="3.20"/> mm <input type="text" value="0.8646"/> g/cm <sup>2</sup>	Filter #2 : Thickness <input type="text" value="0.00"/> mm <input type="text" value="0.0000"/> g/cm <sup>2</sup>

Exit: Generate this spectrum!

Exit: Keep old spectrum

Patient input dose

Input dose value:  
 mAs

Incident air kerma value used in calculations:  
 mGy

Input dose quantity and unit:  
 Incident air kerma (mGy)  
 Dose-Area Product (mGy<sup>2</sup>)  
 Entrance exposure (mR)  
 Exposure -Area Product (R<sup>2</sup>)  
 Current -Time Product (mAs)

(Input dose quantities are for measurements without BSF)  
Input dose specification by mAs may not always be accurate. Here, X-ray tube output calculation is based on kV, filtration and FSD. A low kV ripple is assumed.

OK ! Cancel



# POSITIONNEMENT AVEC OBI

Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

PCXMC- Dose Calculation

File Run

Main menu Change X-ray Spectrum Open MC data for dose calculation Print Save As ...

**X-ray tube potential: 125 kV      Filtration: 3.2 mm Al + 0 mm Cu**  
**Anode angle: 14 deg**

pelvis\_half\_CBCT\_1-4\_180\_OBI    Phantom: Adult , Arms included.      Simulation: Photons/Energy level: 200000    Maximum energy: 150 keV  
 Projection angle (LATL=0,PA=90,LATR=180,AP=270): 270.400    Obl. angle: 0.000  
 Field width: 27.27 cm    and height: 18.54 cm    FSD: 90.000 cm    Ref.point (x,y,z[cm]): { 0.000, 0.000, 10.000}  
 Phantom height: 178.600 cm    and mass: 73.200 kg    Scaling factors sx(=sy): 1.000    and sz: 1.000  
 Incident air kerma:..... 0.141 mGy    Tube voltage: 125 kV    Filter:.....3.2 mm Al + 0 mm Cu

Organs	Dose (mGv)	Error (%)	Organs	Dose (mGv)	Error (%)
Active bone marrow	0.010699	0.2	(Scapulae)	0.000015	16.7
Adrenals	0.000336	15.6	(Clavicles)	0.000005	58.3
Brain	0.000000	NA	(Ribs)	0.000233	2.9
Breasts	0.000097	7.6	(Upper arm bones)	0.000009	23.4
Colon (Large intestine)	0.041977	0.4	(Middle arm bones)	0.000189	5.2
(Upper large intestine)	0.029930	0.6	(Lower arm bones)	0.010962	0.7
(Lower large intestine)	0.057912	0.4	(Pelvis)	0.079262	0.2
Extrathoracic airways	0.000000	NA	(Upper leg bones)	0.017416	0.5
Gall bladder	0.003145	3.0	(Middle leg bones)	0.000590	2.0
Heart	0.000079	6.6	(Lower leg bones)	0.000008	18.0
Kidneys	0.001331	2.1	Skin	0.009090	0.3
Liver	0.000824	1.4	Small intestine	0.034063	0.3
Lungs	0.000060	5.3	Spleen	0.000614	3.7
Lymph nodes	0.009909	0.3	Stomach	0.001471	2.0
Muscle	0.016032	0.0	Testicles	0.020366	1.6
Desophaqus	0.000155	13.3	Thymus	0.000000	NA
Oral mucosa	0.000003	100.0	Thyroid	0.000000	NA
Ovaries	0.061471	1.9	Urinary bladder	0.130216	0.7
Pancreas	0.000739	4.9	Uterus	0.080506	0.6
Prostate	0.090921	1.2			
Salivary glands	0.000000	NA	Average dose in total body	0.014136	0.0
Skeleton	0.009294	0.2	Effective dose ICRP60 (mSv)	0.022232	0.6
(Skull)	0.000000	NA	Effective dose ICRP103 (mSv)	0.016624	0.4
(Upper Spine)	0.000001	52.8			
(Middle Spine)	0.000190	3.8			
(Lower Spine)	0.007590	1.4	Abs. energy fraction (%)	63.563874	



# COMPARAISON MESURE/CALCUL

Centre René Gauducheau

Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

- Mesure de dose entrée avec un instrument adapté (Barracuda, RTI Electronics)
- Comparaison dose entrée mesurée et dose entrée calculée par PCXMC à partir des paramètres d'acquisition



# COMPARAISON MESURE/CALCUL

Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

<b>FSD (cm)</b>	90	90	90	80	90	80	80
<b>kV</b>	100	70	75	95	75	120	125
<b>mA</b>	200	200	200	200	200	200	80
<b>ms</b>	40	25	25	200	80	630	25
<b>mAs</b>	8	5	5	40	16	126	2
<b><math>K_{air}</math> (PCXMC)</b>	0.697	0.208	0.241	3.974	0.771	19.996	0.344
<b><math>K_{air}</math> (mesuré)</b>	0.884	0.278	0.320	5.336	1.060	26.240	0.428

Écart  $K_{air}$  (PCXMC) /  $K_{air}$  (mesuré) : ~ 30 %



# COMPARAISON MESURE/CALCUL

Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

- Modèle non optimal, amélioration nécessaire (spectre énergétique)
- Mais permet un ordre de grandeur satisfaisant



Centre René Gauducheau

# RESULTATS

Scanner	
Scanner Model	PQ6000
Scan Region	Pelvis
Scan acquisitions	1

CBCT	
OBI Version	OBI 1.3
Mode CBCT	Standard dose
CBCT Region	Pelvis
CBCT acquisitions	1

kV 2D	
	OBI
kV 2D Region	Pelvis
kV2D acquisitions	1

Loading  
Parameters

Modele	Homme
--------	-------

Organs	Scanner (mGy)	CBCT (mGy)	kV 2D (mGy)	Total Dose
Active bone marrow	3,98	18,66	1,03	23,67
Adrenals	0,30	0,30	0,03	0,64
Brain	0,00	0,00	0,00	0,00
Breasts	0,04	0,08	0,01	0,12
Colon	11,34	33,05	1,64	46,03
Upper large Intestine	11,96	21,82	2,37	36,15
Lower large Intestine	11,34	47,90	0,67	59,91
Eye's lenses	0,00	0,00	0,00	0,00
Extrathoracic airways	0,00	0,00	0,00	0,00
Gall bladder	2,76	2,69	0,27	5,72
Heart	0,08	0,08	0,01	0,17
Kidneys	2,11	1,47	0,13	3,71
Liver	1,16	0,84	0,13	2,13
Lungs	0,06	0,06	0,01	0,13
Lymph nodes	4,75	7,70	0,45	12,90
Muscle	4,75	17,74	1,23	23,73
Oesophagus	0,02	0,11	0,01	0,14
Oral mucosa	0,00	0,00	0,00	0,00
Pancreas	0,73	0,70	0,05	1,48
Prostate	14,50	52,99	1,80	69,28
Skeleton	4,98	18,15	1,63	24,77
Skin	4,17	14,07	1,43	19,67
Small intestine	11,66	25,24	1,38	38,28
Spleen	0,76	0,63	0,02	1,41
Stomach	1,71	1,32	0,05	3,08
Testicles	2,37	13,28	0,96	16,61
Thyroid	0,00	0,00	0,00	0,00
Urinary bladder	14,50	71,10	2,41	88,01





# EXEMPLE DE TRAITEMENT

Centre René Gauducheau  
Centre de Lutte Contre le Cancer  
-Nantes Atlantique-

Scan acquisitions	1	CBCT acquisitions	28	kV2D acquisitions	10
Organs	Scanner (mGy)	CBCT (mGy)	kV 2D (mGy)	Total Dose	
Active bone marrow	3,98	522,48	10,35	536,81	
Adrenals	0,30	8,50	0,29	9,09	
Brain	0,00	0,00	0,00	0,00	
Breasts	0,04	2,13	0,07	2,24	
Colon	11,34	925,40	16,40	953,14	
Upper large Intestine	11,96	611,02	23,72	646,70	
Lower large Intestine	11,34	1341,25	6,73	1359,32	
Eye's lenses	0,00	0,00	0,00	0,00	
Extrathoracic airways	0,00	0,01	0,00	0,01	
Gall bladder	2,76	75,34	2,68	80,79	
Heart	0,08	2,18	0,05	2,32	
Kidneys	2,11	41,11	1,28	44,50	
Liver	1,16	23,50	1,26	25,92	
Lungs	0,06	1,70	0,05	1,81	
Lymph nodes	4,75	215,47	4,50	224,72	
Muscle	4,75	496,82	12,30	513,88	
Oesophagus	0,02	3,14	0,11	3,26	
Oral mucosa	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pancreas	0,73	19,70	0,46	20,89	
<b>Prostate</b>	<b>14,50</b>	<b>1483,63</b>	<b>17,96</b>	<b>1516,09</b>	
Skeleton	4,98	508,31	16,30	529,60	
Skin	4,17	393,87	14,28	412,32	
Small intestine	11,66	706,81	13,76	732,23	
Spleen	0,76	17,75	0,20	18,71	
Stomach	1,71	36,99	0,50	39,20	
Testicles	2,37	371,85	9,60	383,83	
Thyroid	0,00	0,01	0,00	0,01	
<b>Urinary bladder</b>	<b>14,50</b>	<b>1990,84</b>	<b>24,09</b>	<b>2029,43</b>	



# CONCLUSION

- Bilan de dose
- Sommation des doses délivrées par le traitement et des doses délivrées par la préparation et l'aide au positionnement ?