









Intercomparaison détecteurs dans les Champs Pulsés- Secteur Médical

ATSR - 20 Septembre 2024 - Geoffrey DESMULLIEZ

Direction Qualité Risques Expérience Patient
CHU LILLE

SOMMAIRE

-  Le contexte
-  Les champs pulsés dans le secteur médical
-  Les protocoles de tests
-  Les détecteurs testés
-  Les résultats
-  Conclusions et discussion

1. LE CONTEXTE



Intercomparaison détecteurs dans les Champs Pulsés- Secteur Médical

ATSR - 20 Septembre 2024 - Geoffrey DESMULLIEZ

1. LE CONTEXTE



Augmentation de l'utilisation des générateurs de champs pulsés



Besoin de réalisation des mesurages prévus par le CDT et CSP pour l'analyse de risque et vérifications avec de l'instrumentation adéquate



Rapport du GT Zonage Champs Pulsés du GPRP

Avis ASN du 3
Septembre 2024



Proposition de sujet de stage M2 03->09/2023 au CHU de LILLE



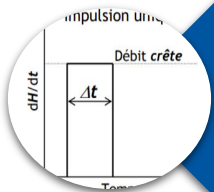
2. LES CHAMPS PULSES UTILISES DANS LE SECTEUR MEDICAL



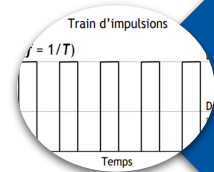
Intercomparaison détecteurs dans les Champs Pulsés- Secteur Médical

ATSR - 20 Septembre 2024 - Geoffrey DESMULLIEZ

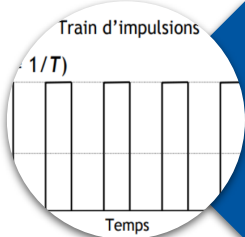
2. LES CHAMPS PULSES UTILISES DANS LE SECTEUR MEDICAL



Radiologie Conventionnelle



Radiologie Interventionnelle

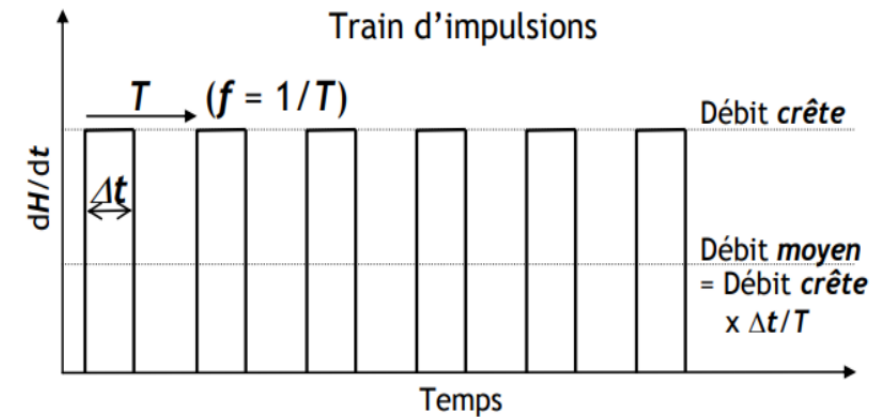
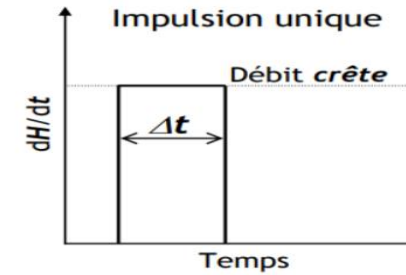


Radiothérapie externe



2. LES CHAMPS PULSES UTILISES DANS LE SECTEUR MEDICAL

Radiologie Conventiennelle	<ul style="list-style-type: none"> • Pulse unique • $1\text{ms} < \text{Durée d'impulsion} < 100\text{ ms}$ • $\text{HT} < 150\text{ Kv}$
Radiologie Interventionnelle	<ul style="list-style-type: none"> • Train d'impulsion • $1\text{ ms} < \text{durée du pulse} < 300\text{ ms}$ • $\text{HT} < 120\text{ Kv}$
Radiothérapie externe	<ul style="list-style-type: none"> • Train d'impulsion • $1\text{ }\mu\text{s} < \text{durée du pulse} < 100\text{ }\mu\text{s}$ • $\text{HT} < 25\text{ Mv}$



2. LES CHAMPS PULSES UTILISES DANS LE SECTEUR MEDICAL

Radiologie Conventionnelle

	Pulse (ms)	Ampérage (mA)	mAs	voltage (kV)
Tir 1	50	500	25	80
Tir 2	100	500	50	80
Tir 3	500	100	50	80
Tir 4	200	500	100	80
Tir 5	400	250	100	80

Radiologie Interventionnelle

Paramètres de scopie						
	Voltage (kV)	Temps de pulse (ms)	Nbr i/s	Ampérage (mA)	Temps d'exposition (s)	mAs
Tir 1	90	2	30	100	30	180
Tir 2	90	6	30	100	10	
Tir 3	90	10	30	60	10	

Paramètres de graphie						
	Voltage (kV)	Temps de pulse (ms)	Nbr i/s	Ampérage (mA)	Temps d'exposition (s)	mAs
Tir 1	90	10	3,5	800	20	560
Tir 2	90	50	3,5	320	10	
Tir 3	90	100	3,5	160	10	

Radiothérapie

	Equipement	Dose délivrée	Plan de traitement	Taille de champ	Energie	Temps de tir
Test 1	Halcyon	2 Gy (200 Um)	DQ1 (qualité)	28cm * 28cm	6 MeV	24 s
Test 2	Halcyon	2 Gy (200 Um)	Crane (tumeur cerveau)	Variable	6 MeV	51 s

AEC !

3. LA METHODOLOGIE

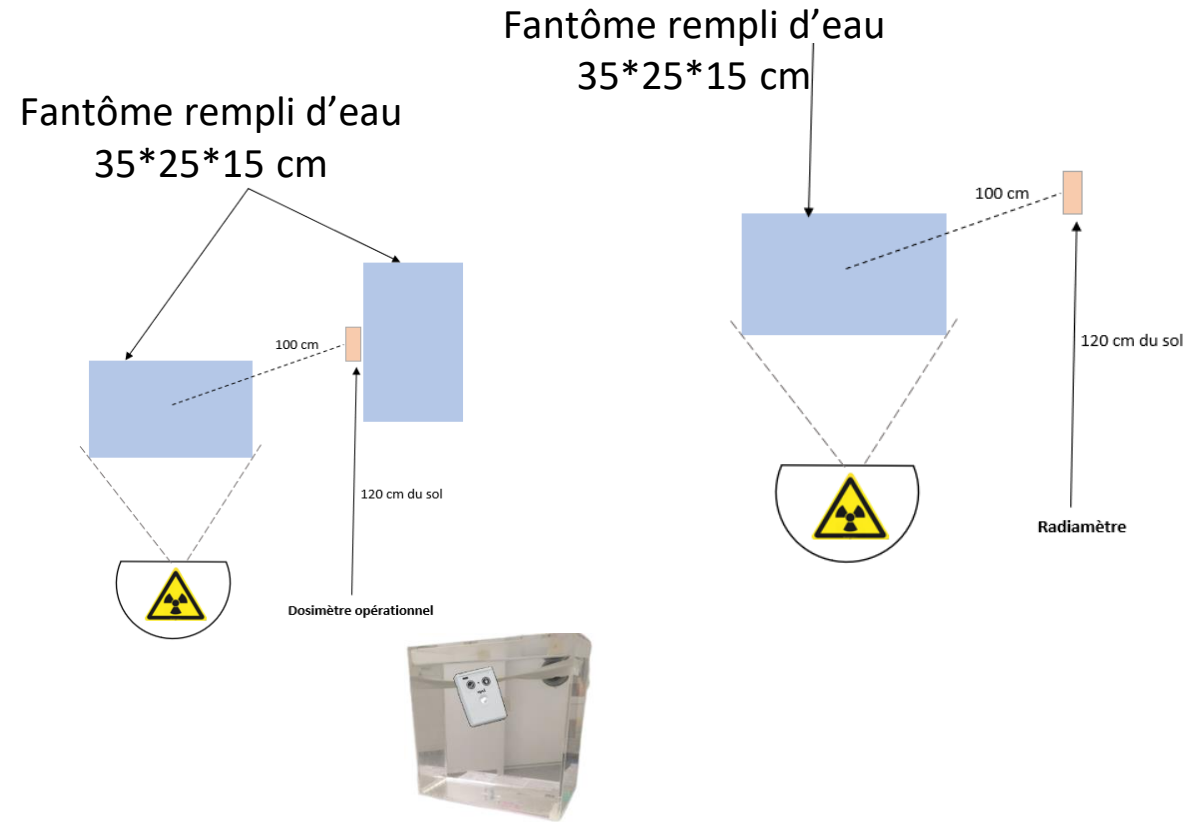
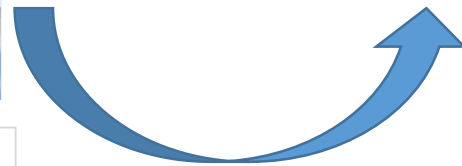


Intercomparaison détecteurs dans les Champs Pulsés- Secteur Médical

ATSR - 20 Septembre 2024 - Geoffrey DESMULLIEZ

3. LA METHODOLOGIE

☐ Schéma simplifié du positionnement des appareils de mesure



4. LES DIFFERENTS DETECTEURS TESTES



Intercomparaison détecteurs dans les Champs Pulsés- Secteur Médical

ATSR - 20 Septembre 2024 - Geoffrey DESMULLIEZ

4. LES DIFFERENTS DETECTEURS TESTES

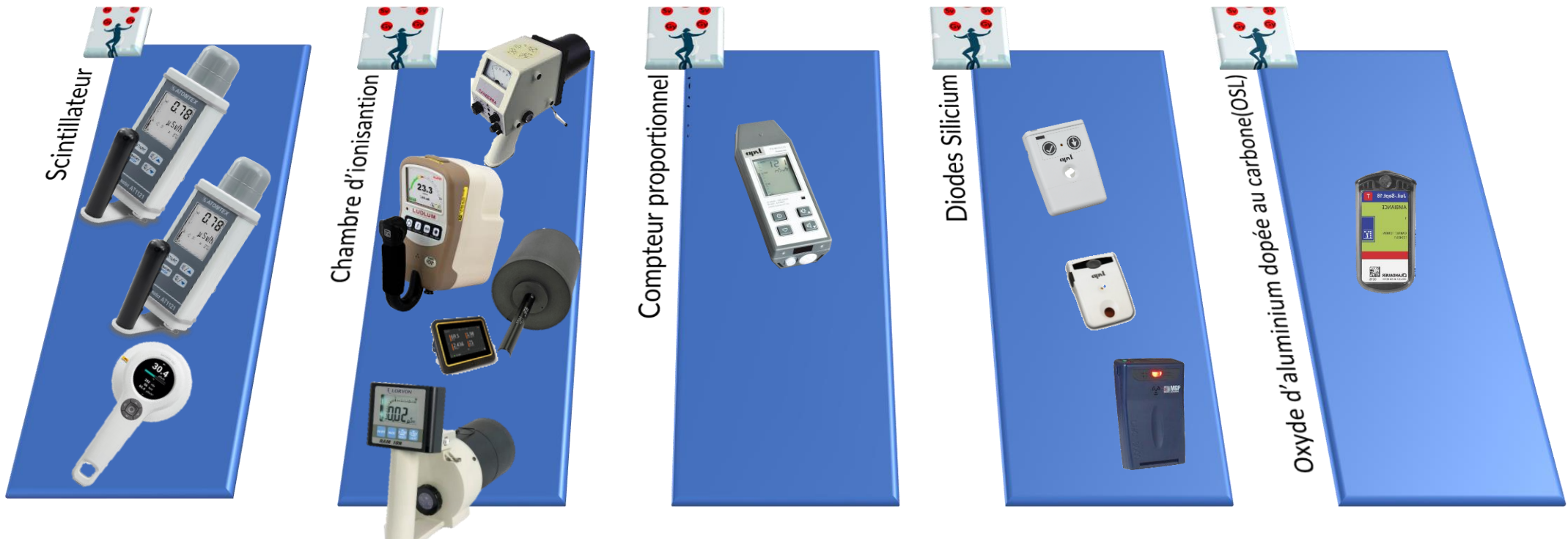
Equivalent de dose ambiant
 $H^*(10)$

Kerma Kair

Equivalent de dose individuel
 $H_p(10)$



4. LES DIFFERENTS DETECTEURS UTILISES



	Ramion	AT1121	AT1123	FH G40	Radcal	Raysafe	Babyline 81	Mk3	Ludlum	DMC 3000
Energie min (keV)	2,00E+01	1,50E+01	1,50E+01	3,00E+01	3,00E+01	2,00E+01	8,00E+00	1,50E+01	2,50E+01	1,50E+01
Energie max (KeV)	1,30E+03	1,00E+04	1,00E+04	4,40E+03	1,33E+03	2,00E+03	1,00E+04	1,00E+04	7,00E+03	7,00E+03
Débit de dose max (Sv/h)	5,00E-01	10	10	1,00E-01	1,2	1	1	10	0,5	10

4. LES DIFFERENTS DETECTEURS UTILISES

Coefficients de conversion issus de la CIPR 74

Dépendant de l'énergie du rayonnement diffusé

Photon energy (MeV)	$H^*(10)/K_a$ (Sv/Gy)	$H'(0.07,0^\circ)/K_a$ (Sv/Gy)	K_a/Φ (pGy cm ²)	$H^*(10)/\Phi$ (pSv cm ²)	$H'(0.07,0^\circ)/\Phi$ (pSv cm ²)
0.010	0.008	0.95	7.60	0.061	7.20
0.015	0.26	0.99	3.21	0.83	3.19
0.020	0.61	1.05	1.73	1.05	1.81
0.030	1.10	1.22	0.739	0.81	0.90
0.040	1.47	1.41	0.438	0.64	0.62
0.050	1.67	1.53	0.328	0.55	0.50
0.060	1.74	1.59	0.292	0.51	0.47
0.080	1.72	1.61	0.308	0.53	0.49
0.100	1.65	1.55	0.372	0.61	0.58
0.150	1.49	1.42	0.600	0.89	0.85
0.200	1.40	1.34	0.856	1.20	1.15
0.300	1.31	1.31	1.38	1.80	1.80
0.400	1.26	1.26	1.89	2.38	2.38
0.500	1.23	1.23	2.38	2.93	2.93
0.600	1.21	1.21	2.84	3.44	3.44
0.800	1.19	1.19	3.69	4.38	4.38
1	1.17	1.17	4.47	5.20	5.20
1.5	1.15	1.15	6.12	6.90	6.90
2	1.14	1.14	7.51	8.60	8.60
3	1.13	1.13	9.89	11.1	11.1
4	1.12	1.12	12.0	13.4	13.4
5	1.11	1.11	13.9	15.5	15.5
6	1.11	1.11	15.8	17.6	17.6

	Grandeur mesurée	Facteurs de conversion
Ramion	H*(10)	1
AT1121 Tvar	H*(10)	1
AT1123 Tvar	H*(10)	1
AT1123 Tpulsé	H*(10)	1
FH40	H*(10)	1
Radcal	K _{air}	1,74
Babyline	K _{air}	1,74
MK3 pulsé	Hp(10)	0,92
MK3 standard	Hp(10)	0,92
Raysafe	H*(10)	1
Ludlum pulsé	K _{air}	1,74
Ludlum standard	K _{air}	1,74
DMC 3000	Hp(10)	0,92

5. LES RESULTATS



Intercomparaison détecteurs dans les Champs Pulsés- Secteur Médical

RP CIRKUS – 5^{ème} Journées Techniques – Lilia DRAHMANI - Geoffrey DESMULLIEZ

5.

LES RESULTATS en 2023

Radiologie Conventionnelle

	Grandeur mesurée	Facteurs de conversion
Ramion	H*(10)	1
AT1121 Tman3	H*(10)	1
AT1123 Tpuls3	H*(10)	1
FH40	H*(10)	1
Radcal	K _{air}	1,7
Babyline	K _{air}	1,7
MK3 pulsé	Hp(10)	0,94
MK3 standard	Hp(10)	0,94
Raysafe	H*(10)	1
Ludlum pulsé	K _{air}	1,7
DMC3000	Hp(10)	0,94

Tir 1 (50ms,25mAs)		Tir 2 (100ms, 50mAs)		Tir 3 (500ms, 50 mAs)		Tir 4 (200ms, 100 mAs)		Tir 5 (400ms, 100 mAs)	
Mesure	Dose (µSv)	Mesure	Dose (µSv)	Mesure	Dose (µSv)	Mesure	Dose (µSv)	Mesure	Dose (µSv)
9,78	9,78	19,10	19,1	20,70	20,7	37,30	37,3	38,20	38,2
10,40	10,4	20,80	20,8	20,50	20,5	44,00	44	43,00	43
7,00	7	15,30	15,3	15,50	15,5	32,00	32	32,00	32
1,59	1,59	3,10	3,1	19,50	19,5	6,16	6,16	12,20	12,2
5,76	9,8	11,47	19,5	11,71	19,9	22,76	38,7	23,24	39,5
7,20	12,24	14,00	23,8	14,00	23,8	28,00	47,6	28,00	47,6
8,58	8,1	19,27	18,2	18,53	17,5	37,59	35,5	37,38	35,3
8,68	8,2	16,09	15,2	17,47	16,5	32,51	30,7	34,94	33
7,76	7,76	15,60	15,6	15,40	15,4	31,30	31,3	31,00	31
6,60	11,22	12,40	21,08	13,50	22,95	25,60	43,52	27,20	46,24
9,00	8,5	18,95	17,9	18,00	17	38,01	35,9	40,98	38,7

H*(10) mesuré par le dosimètre à lecture différée IPLUS sur plusieurs tirs (µSv)
H*(10) mesuré par le dosimètre à lecture différée IPLUS sur 180 mAs (µSv)

80 (10 tirs)	120 (7 tirs)	80 (7 tirs)	120 (4 tirs)	170 (5 tirs)
8	17,1	16	30	34

Débit de dose calculé : 576 mSv/h

5. LES RESULTATS en 2023

Radiologie Interventionnelle

	Grandeur mesurée	Facteurs de conversion
Ramion	H*(10)	1,00
AT1121 Tman	H*(10)	1,00
AT1123 Tpulsé	H*(10)	1,00
AT1123 Tman	H*(10)	1,00
FH40	H*(10)	1,00
Radcal	K _{air}	1,74
Babyline	K _{air}	1,74
MK3 pulsé	Hp(10)	0,92
MK3 standard	Hp(10)	0,92
Raysafe	H*(10)	1,00
Ludlum pulsé	K _{air}	1,74
Ludlum standard	K _{air}	1,74
DMC 3000	Hp(10)	0,92

Dose du tir 1 (2ms, 180 mAs) en scopie	
Mesure	H*(10) en µSv
57,6	57,6
62,9	62,9
92,6	92,6
41	41
42,7	42,7
34,9	60,7
37,1	64,6
43,8	40,3
42,1	38,7
42,5	42,5
31,7	55,2
34,8	60,6
45,9	42,2

Dose du tir 2 (6ms, 180 mAs) en scopie	
Mesure	Dose H*(10) en µSv
57	57
61,8	61,8
92,7	92,7
40,6	40,6
40,6	40,6
34,6	60,2
38	66,1
42,9	39,5
42,3	38,9
42,6	42,6
34	59,2
34,5	60
46,3	42,6

Dose du tir 3 (10ms, 180 mAs) en scopie	
Mesure	H*(10) en µSv
56,9	56,9
61,8	61,8
93	93
40	40
38,6	38,6
34,1	59,3
37,7	65,6
41,9	38,5
42	38,6
42,7	42,7
33,9	59
34,8	60,6
47	43,2

	Paramètres de scopie					mAs
	Voltage (kV)	Temps de pulse (ms)	Nbr i/s	Ampérage (mA)	Temps d'exposition (s)	
Tir 1	90	2	30	100	30	180
Tir 2	90	6	30	100	10	
Tir 3	90	10	30	60	10	

Scopie

H*(10) mesuré par le dosimètre à lecture différée IPLUS sur 4 tirs
H*(10) mesuré par le dosimètre à lecture différée IPLUS sur 180 mAs

190
47,5

210
52,5

170
42,5

5. LES RESULTATS en 2023

Radiologie Interventionnelle

	Grandeur mesurée	Facteurs de conversion
Ramion	H*(10)	1
AT1121 Tvar	H*(10)	1
AT1123 Tvar	H*(10)	1
AT1123 Tpulsé	H*(10)	1
FH40	H*(10)	1
Radcal	K _{air}	1,74
Babyline	K _{air}	1,74
MK3 pulsé	Hp(10)	0,92
MK3 standard	Hp(10)	0,92
Raysafe	H*(10)	1
Ludlum pulsé	K _{air}	1,74
Ludlum standard	K _{air}	1,74
DMC 3000	Hp(10)	0,92

Test 1 (10ms, 560 mAs)	
Mesure	H*(10) en µSv
192,5	192,5
167,1	167,1
123	123
172,5	172,5
24,4	24,4
91,5	159,2
94,2	163,9
126	115,9
118,6	109,1
123,8	123,8
113,1	196,8
102	177,5
155,7	143,2

Test 2 (50ms, 560 mAs)	
Mesure	H*(10) en µSv
195,1	195,1
167,6	167,6
126,5	126,5
177,5	177,5
57,9	57,9
93,1	162
96,6	168,1
126,9	116,7
124,4	114,4
127,1	127,1
116	201,8
69,7	121,3
156,6	144

Test 3 (100ms, 560 mAs)	
Mesure	H*(10) en µSv
195,8	195,8
184,3	184,3
126	126
176,1	176,1
171	171
93,5	162,7
96,2	167,4
125,7	115,6
118,1	108,6
126	126
116,5	202,7
103,9	180,8
158,8	146

	Paramètres de graphie					
	Voltage (kV)	Temps de pulse (ms)	Nbr i/s	Ampérage (mA)	Temps d'exposition (s)	mAs
Tir 1	90	10	3,5	800	20	560
Tir 2	90	50	3,5	320	10	
Tir 3	90	100	3,5	160	10	

H*(10) mesuré par le dosimètre à lecture différée IPLUS sur 2 tirs
H*(10) mesuré par le dosimètre à lecture différée IPLUS sur 560 mAs

320
160,3

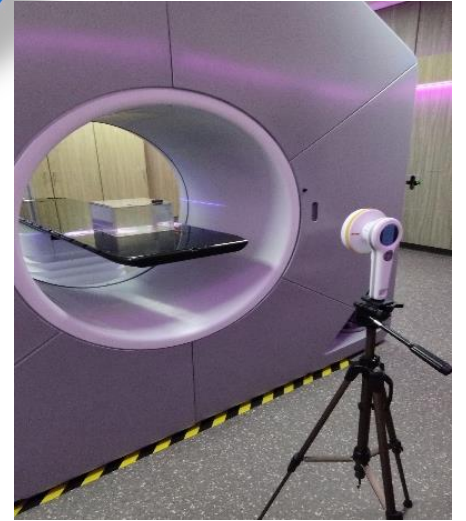
370
184,3

310
156,6

Graphie

5. LES RESULTATS en 2023

Radiothérapie



	Grandeur mesurée	Facteurs de conversion
Ramion	H*(10)	1,00
AT1121 Tman/Tvar	H*(10)	1,00
AT1123 Tpulsé	H*(10)	1,00
AT1123 Tman/Tvar	H*(10)	1,00
FH40	H*(10)	1,00
Radcal	K _{air}	1,11
Babyline	K _{air}	1,11
MK3 pulsé	Hp(10)	1,0009
MK3 standard	Hp(10)	1,0009
Raysafe	H*(10)	1,00
Ludlum pulsé	K _{air}	1,11
Ludlum standard	K _{air}	1,11
DMC 3000	Hp(10)	1,0009
MK2	Hp(10)	1,0009

Test 1 (qualité)	
Mesure	H*(10) en mSv
1,69	1,69
1,09	1,09
1,91	1,91
1,46	1,46
0,0006	0
1,232	1,37
1,3	1,44
0,0829	0,08
0,083	0,08
1,4	1,4
1,5	1,67
1,4	1,55
0,128	0,13
0,075	0,08

Test 2 (traitement)	
Mesure	H*(10) en µSv
671	671
730	730
810	810
580	580
2,2	2,2
261	289,7
270	299,7
160,9	161
162	162,1
602	602
643,7	714,5
630	699,3
237	237,2
97	97,1







Dosimètre à lecture différée IPLUS

1,59

645

	Equipement	Dose délivrée	Plan de traitement	Taille de champ	Energie	Temps de tir
Test 1	Halcyon	2 Gy (200 Um)	DQ1 (qualité)	28cm * 28cm	6 MeV	24 s
Test 2	Halcyon	2 Gy (200 Um)	Crane (tumeur cerveau)	Variable	6 MeV	51 s

6. CONCLUSIONS ET DISCUSSIONS

-  Les mesures en débit de dose ne sont pas fiables ni reproductibles
-  Des écarts de 30 à 40% sont observés
-  La limite haute en débit de dose et en énergie est à prendre en compte
-  Les GM ne sont pas adaptés pour la mesure des champs pulsés
-  Pour les Linac, les dosimètres opérationnels alertent mais ne donnent pas de mesures fiables
-  Attention aux différents modes de fonctionnements d'appareils qui peut engendrer des résultats faux

6. CONCLUSIONS ET DISCUSSIONS

Conserver les résultats des mauvaises réponses en débit de dose

Répéter plusieurs fois toutes les mesures

Réaliser une spectroscopie du rayonnement diffusé

Corriger la réponse par rapport à la courbe de réponse en énergie du détecteur



Intercomparaison détecteurs dans les Champs Pulsés- Secteur Médical

ATSR - 20 Septembre 2024 - Geoffrey DESMULLIEZ