

## LIMITES NORMATIVES ET LIMITES REGLEMENTAIRES : UN DILEMME POUR L'OPTIMISATION

**Dr Catherine ROY - ALARA RISK - FORMAVETO**  
**Dominique NATIVEL – Robin IMBACH –MSI-FAS**

Certains vétérinaires ont exprimé des inquiétudes sur la fiabilité et la sécurité de leur générateur électrique de rayons X suite à des contrôles techniques internes de radioprotection via des moyens d'imagerie avec des images suspectes ou via la lecture de dosimètres passifs d'ambiance avec des résultats non négligeables : ces retours d'expérience terrain confortés par une déclaration d'évènements significatifs auprès de la division ASN de Bordeaux ont amené expert et revendeur à suspecter des fuites non justifiées de gaine et/ou de collimateur ne permettant pas de respecter le principe d'optimisation avec la moindre dose possible pour la dose équivalente demandée par la directive EURATOM 2013/59, notamment pour l'exposition du cristallin avec l'impact de la nouvelle limite réglementaire annuelle qui passe de 150 à 20 mSv.

Une étude comparative détaillée, à la demande du revendeur d'équipement radiologique, a donc été réalisée dans 2 installations équipées de générateurs BMI et collimateur RALCO 104 / A pour objectiver ces éventuelles fuites et/ ou défauts de conception.

Une inter comparaison a été effectuée avec un portable d'équino réputé solide et sans fuite.

### **Méthodologie**

Un contrôle de générateur a été effectué selon deux protocoles complémentaires :

- Via des moyens d'imagerie (cassettes photosensibles d'imagerie) placés autour du générateur à une dizaine de centimètres, collimateur ouvert ou fermé,
- Via des mesures effectuées concomitamment en dose intégrée et débit de dose que ce soit autour du collimateur ou autour de la fenêtre de tir radiologique sur le support d'imagerie.

Ce protocole a été effectué sur deux générateurs fixes et sur un générateur portable.

Un radiamètre AT1123 de chez APVL N° 52841 étalonné en octobre 2015 et vérifié en novembre 2016 a été utilisé pour les mesures en gamme T<sub>VAR</sub>.

Les résultats intégrés sur une période de 3 mois, si disponibles, du dosimètre d'ambiance situé sur la potence à hauteur de collimateur et du cristallin de l'intervenant ont été comparés aux mesures instantanées effectuées en juillet 2017.

**Etude 1 : étude de référence**

PORTABLE POSKOM VET 20 BT

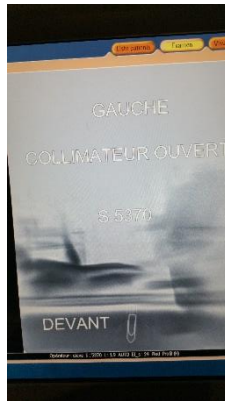
N° série VET20B-1302-011

Construction 25/02/2013

Constantes radiologiques 70 kV 2 mAs

Contrôle à gauche

Trombone placée vers l'avant



Collimateur ouvert  
Sensibilité 5370

Collimateur fermé  
Sensibilité 7943



Contrôle à droite



Collimateur fermé  
Sensibilité 12023



Mesures avec AT1123		
POINT	μSv	mSv/h
GAUCHE DEVANT	0,217	7,7
GAUCHE DERRIERE	0,003	0,075
DROITE DEVANT	0,055	2,47
DROITE DERRIERE	0,006	0,178

Les images présentent des marques noires mais avec du bruit c'est-à-dire une perte de netteté et une sensibilité très importante que le collimateur soit ouvert ou fermé : c'est bien le système d'imagerie numérique qui amplifie le signal et les fuites sont négligeables sauf à gauche sur le devant qui est le lieu d'implantation du décimètre.

### Etude 2

BMI VET SYSTEM 30 N° VT14/0039

Collimateur RALCO 104/A N° 1404566

Constantes radiologiques 60 kV 6,3 mAs



Les contrôles sont effectués via la cassette photo sensible à gauche, à droite et devant le tube à une dizaine de centimètres ainsi que via les mesures effectuées avec le radiamètre.



A gauche, collimateur fermé avec une sensibilité minimale, aucune marque n'est révélée ; collimateur ouvert, la sensibilité augmente et montre l'image du diffusé : aucune fuite.

A droite et derrière avec un collimateur fermé et une sensibilité minimale, les marques noires révèlent des fuites qui sont confirmées par les mesures.

POINT	$\mu\text{Sv}$	mSv/h
GAUCHE	0,009	0,94
DEVANT	0,01	0,89
DROITE DEVANT	0,33	10,3
DROITE DERRIERE	0,95	36
DERRIERE DROITE	0,009	0,71

### Etude 3

Générateur BMI BMX -AR 30 N°16457

Collimateur Ralco 104/A N° 1606338



Résultats du dosimètre trimestriel d'ambiance fixé sur la potence de l'appareil à mi-hauteur derrière le collimateur soit à hauteur du cristallin.

Période de port de octobre 2016 à décembre 2016  
Rapport Principal

BILAN DE LA PERIODE EN DATE DU 03/01/2017

Nombre de dosimètres d'ambiance dans le service sur la période	1
Nombre de dosimètres d'ambiance de la période non retournés au laboratoire	0

DETAIL DES ANALYSES  
Code UD: V34260001

Identification du dosimètre	Libellé produit (f)	Numéro dosimètre	Date de réception	Rayonnement	Equivalent de dose ambiant H*(10) mSv	Equivalent de dose directionnel H(0.07) mSv	Validé
EMOIN 001	RPL témoin	40377181	26/12/2016	X, gamma, beta	TN	TN	
M8001	RPL ambiant	40377186	26/12/2016	X, gamma, beta	1,20	1,40	

inférieur au seuil d'enregistrement. Cette valeur est égale à 0,05 mSv pour le dosimètre RPL et 0,10 mSv pour les autres dosimètres. l'exposition du témoin est normale.

Période de port de janvier 2017 à mars 2017  
Rapport Principal

BILAN DE LA PERIODE EN DATE DU 11/04/2017

Nombre de dosimètres d'ambiance dans le service sur la période	1
Nombre de dosimètres d'ambiance de la période non retournés au laboratoire	0

DETAIL DES ANALYSES  
Code UD: V34260001

Identification du dosimètre	Libellé produit (f)	Numéro dosimètre	Date de réception	Rayonnement	Equivalent de dose ambiant H*(10) mSv	Equivalent de dose directionnel H(0.07) mSv	Validé
EMOIN 001	RPL témoin	40670442	04/04/2017	X, gamma, beta	TN	TN	
M8001	RPL ambiant	40670448	04/04/2017	X, gamma, beta	1,20	1,30	



Dosimètre ambiance IRSN	H*(10) mSv	H*(0,07) mSv
Octobre à décembre 2016	1,20	1,40
Janvier à mars 2017	1,20	1,30



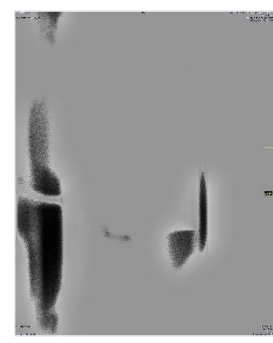
Collimateur fermé  
Gauche



Collimateur fermé  
Devant



Collimateur fermé  
Droite

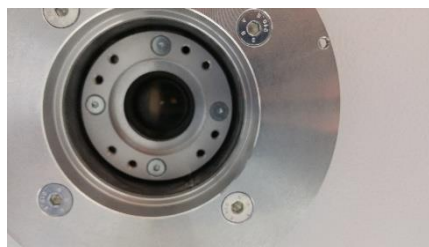


Collimateur fermé  
Derrière

	POINT	μSv	mSv/h
Contrôle autour du collimateur position haute jonction tube collimateur / position basse sortie collimateur Derrière	GAUCHE HAUT	0,003	0,21
	GAUCHE BAS	0,001	0,04
	DEVANT HAUT	0,011	0,95
	DEVANT BAS	0,43	38
	DROITE HAUT	0,007	0,57
	DROITE BAS	0,004	0,3
	DERRIERE DROITE	0,038	4,2
	DERRIERE MILIEU	0,36	34

Les images radiographiques et les mesures confirment une fuite devant et derrière.

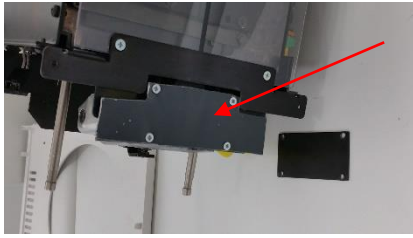
Le démontage révèle une atténuation en plomb discontinue avec notamment devant le collimateur la présence d'une ailette d'aération pour compenser la chauffe de la lampe du collimateur... juste à l'endroit où se tient le vétérinaire quand il effectue une radiographie avec la contention d'un animal de petite taille !



L'étanchéité avec le tube semble incomplète car assurée avec une bague en forme de C donc non fermée ce qui explique les fuites rencontrées sur des générateurs équipées du même collimateur.



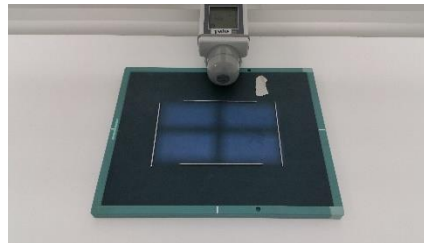
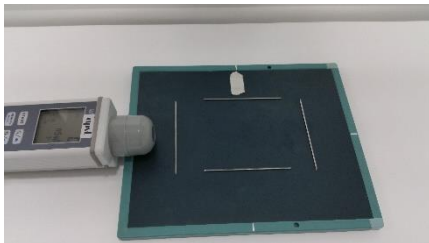
La plaque métallique est colmatée par une lamelle de plomb de 1 mm épaisseur et un anneau plombé complet est inséré entre tube et collimateur. Des mesures sont effectuées et confirment la diminution mais aussi la persistance d'une fuite devant et derrière à droite.



Une bande de plomb est placée alors dans la jonction tube collimateur et sur le côté droit du collimateur.

	POINT	μSv	mSv/h
Contrôle devant collimateur	DEVANT BAS	0,43	38
	DEVANT BAS après 1° réparation	0,21	21
	DEVANT BAS après 2° réparation	0,001	0,042
Contrôle droite collimateur	DROITE derrière	0,36	34
	DROITE derrière après 2° réparation	0,045	0,66

Contrôle de la collimation : faisceau primaire avec cadre métallique soit broches orthopédiques et mesures via AT 1123 et D positionné en arrière de cassette côté potence



Superposition image radiographique et cadre métallique donc synchronisation mais.... Bavures devant et derrière donc atténuation moindre alors que le vétérinaire se trouve souvent positionné devant la cassette lors de contention d'un animal de petite taille...

	POINT	$\mu\text{Sv}$	mSv/h
Contrôle collimation sur cassette	GAUCHE	1,94	239
	DEVANT	2,36	310
	DROITE	1,28	118
	DERRIERE	5,6	500

Ce manque d'atténuation est confirmé par la prise d'images radiographiques en dehors de la fenêtre de tirs des rayons X.



### Conclusions

Le collimateur et sa jonction avec le tube sont les garants de la sécurité de l'intervenant qui est amené à être proche de l'équipement avec sa tête à une dizaine de centimètres lors de la contention d'animal de petite taille qui concerne plus de 50 % des cas.

Ces installations avaient fait l'objet de contrôles techniques externes de radioprotection qui n'avaient relevé aucun problème concernant la radioprotection des utilisateurs.

**Recommandation 1 : des contrôles internes simples avec des supports d'imagerie et la comparaison avec les résultats du dosimètre d'ambiance fixé sur la potence permettent de contrôler efficacement de façon qualitative l'environnement dosimétrique dans lequel évolue les intervenants qui assurent la contention des animaux. Si nécessaire un contrôle quantitatif peut alors être programmé via un intervenant équipé d'un radiamètre.**

La directive CE 93/42 et la norme NFC 74/100 imposent lors du contrôle constructeur de fabrication moins de 1 mSv à un mètre en une heure ce qui induit 100 mSv en une heure à 10 cm selon la règle de l'inverse du carré de la distance.... Ces limites réglementaires constructeur européenne et française ne sont plus adaptées à la nouvelle limite de dose équivalente au cristallin de 20 mSv annuelle lorsque l'intervenant est proche du tube.

Il existe différents types de collimateurs qui sont tous marqués CE 93/42 donc conformes à la réglementation européenne.

Les collimateurs RALCO 104, 104/A ont deux paires de volets, les 108 et 108F ont 6 paires de volets mais les 4 références sont commercialisées pour une utilisation occasionnelle avec un générateur mobile au lit du patient. La lumière LED est une option pour les 104, 104/A et 108 ce qui impose en son absence l'ailette d'aération et nuit à l'étanchéité du système. La jonction du tube est assurée par une bague en plomb incomplète en forme de C.

Seul le RALCO 221/A est commercialisé avec une LED pour une utilisation fixe avec 6 paires de volets. La jonction avec le tube est assurée avec un cylindre plombé.

Historiquement, seul ce collimateur était installé sur les générateurs fixes utilisés en activité vétérinaire canine.

Les fuites détectées sur des collimateurs utilisés peuvent être compensées facilement en ajoutant du plomb autour du collimateur.

**Recommandation 2 : installer pour les activités vétérinaires un collimateur dont les références sont au minimum des RALCO 221/A.**

### Annexes

Fiches de renseignements des collimateurs RALCO .