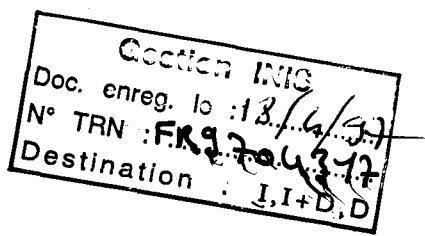




(NC) 245



FR9704317



SYSTÈME D'EXPLOITATION AUTOMATIQUE DES DOSIMÈTRES PHOTOGRAPHIQUES

Janvier 1997

Y. MAGRI, D. DEVILLARD, J.L. GODEFROIT, C. BARILLET

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
DEPARTEMENT DE PROTECTION DE LA SANTE DE L'HOMME ET DE DOSIMETRIE
Laboratoire d'Exploitation Dosimétrique
IPSN, BP n° 6, 92265 - Fontenay-aux-Roses Cédex (France)

RAPPORT DPHD/97-01



97000613

97000613

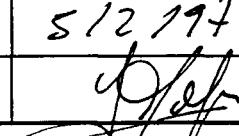
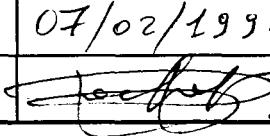
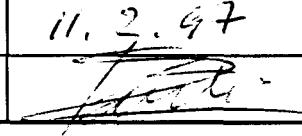
SYSTÈME D'EXPLOITATION AUTOMATIQUE DES DOSIMÈTRES PHOTOGRAPHIQUES

Janvier 1997

Y. MAGRI, D. DEVILLARD, J.L. GODEFROIT, C. BARILLET

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
DEPARTEMENT DE PROTECTION DE LA SANTE DE L'HOMME ET DE DOSIMETRIE
Laboratoire d'Exploitation Dosimétrique
IPSN, BP n° 6, 92265 - Fontenay-aux-Roses Cédex (France)

RAPPORT DPHD/97-01

	REDACTEUR	VERIFICATEUR	APPROBATEUR
NOM	Y. MAGRI	B. LACHET	P. GOURMELON
DATE	5/12/97	07/02/1997	11. 2. 97
VISA			

RESUME

Le LED (Laboratoire d'Exploitation Dosimétrique) a mis au point et fait réaliser un ensemble d'équipements permettant l'exploitation automatique de dosimètres photographiques à films AGFA.

Ce système repose sur une identification de films par code barre et aboutit à la mesure des doses à l'aide d'un lecteur entièrement automatique. Le principe consiste à mettre en ruban les émulsions à exploiter et à les développer dans une machine à circulation. La mesure du noircissement du film est réalisée sur une platine de lecture comprenant 14 points de lecture, dans laquelle circulent les émulsions mises en ruban. L'exploitation s'effectue ensuite suivant la méthode habituelle de calcul de dose, à l'aide de programmes spécialement conçus.

Une campagne d'intercomparaison portant sur 2000 dosimètres a montré que les résultats obtenus avec la méthode automatique sont tout à fait identiques à ceux obtenus suivant la méthode manuelle habituelle.

Le LED a mis en exploitation ce système en juillet 1995. Il est actuellement le seul laboratoire d'exploitation dosimétrique en France à utiliser cette méthode.

Le LED est un laboratoire agréé par le Ministère du Travail et des Affaires Sociales pour effectuer la surveillance de l'exposition externe des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants en application du décret 75-306 du 28 avril 1975 modifié (article 25-III) par l'arrêté du 13 mars 1996 (J.O. du 26 mars 1996).

SOMMAIRE

1. OBJECTIFS	5
2. MARQUAGE	6
3. CONDITIONNEMENT	7
4. RUBANAGE	8
5. DEVELOPPEMENT	9
6. LECTURE	11
6.1. Description du lecteur	11
6.2. Mesures	12
6.3. Contrôles des lectures	14
6.4. Contrôles qualité	15
6.5. Calcul des doses	17
7. CONCLUSIONS	17

1. OBJECTIFS

Le Laboratoire d'Exploitation Dosimétrique (LED) de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) fournit et exploite des dosimètres individuels photographiques pour assurer le suivi dosimétrique réglementaire des travailleurs soumis aux risques d'exposition aux rayonnements ionisants. Sa production est d'environ 180 000 dosimètres photographiques par an, distribués dans les centres du CEA et dans diverses entreprises non CEA.

Le dosimètre photographique du LED comprend un boîtier PS1 à sept écrans dans lequel est placé un film Monitoring AGFA à deux émulsions.

Le LED a mis au point un système d'exploitation automatique des dosimètres photographiques ayant pour objectifs

- d'abaisser le coût de revient d'exploitation de ces dosimètres,
- d'améliorer les contrôles qualité,
- d'augmenter la productivité de cette activité.

Ce document décrit les différents éléments de ce système composés essentiellement de machines automatiques spécialement conçues par le LED et réalisées par des entreprises françaises dans le cadre de ce projet.

L'automatisation de l'exploitation a bénéficié des propriétés du film dosimétrique AGFA employé depuis 1994 par le LED. Ce film comprend deux émulsions de sensibilités différentes ; la lecture de la densité optique de chaque émulsion par transmission (et non comme pour certains films dosimétriques par réflexion) permet de disposer d'un ensemble de densitométrie relativement simple. Les deux émulsions sont séparées et peuvent être mesurées indépendamment l'une de l'autre, au contraire des films dosimétriques dont les émulsions sont collées entre elles et qui doivent, en cas de densité optique trop élevée, être décollées pour être exploitables.

Le principe fondamental de ce système consiste à fixer les émulsions des dosimètres à exploiter sur un ruban, à développer le ruban ainsi constitué dans une dévelopeuse continue à bandes, puis à effectuer la lecture de chaque émulsion sur un densitomètre automatisé. Ce système repose sur une identification préalable de chaque dosimètre par une étiquette à code-barre et un marquage (ou compostage), ce dernier permettant la traçabilité du film tout au long du processus.

Les différentes opérations de ce procédé sont les suivantes :

- le marquage de chaque film,
- le conditionnement sous emballage étanche,
- le rubanage des émulsions,
- le développement des films,
- la lecture des émulsions.

2. MARQUAGE

L'identification d'un film dosimétrique par une étiquette à code-barre (fig. n°1) collée sur l'emballage du film et portant toutes les données du dosimètre, garantit d'une manière absolue la relation entre l'identité de l'individu, le dosimètre, le lieu et la période de port. Le développement et la lecture des émulsions nécessitent l'extraction de leur emballage, donc de les séparer de leur étiquetage. On se doit pourtant de garantir l'attribution correcte de la dose mesurée à l'individu ayant porté le dosimètre et d'assurer la traçabilité du film tout au long de son traitement.

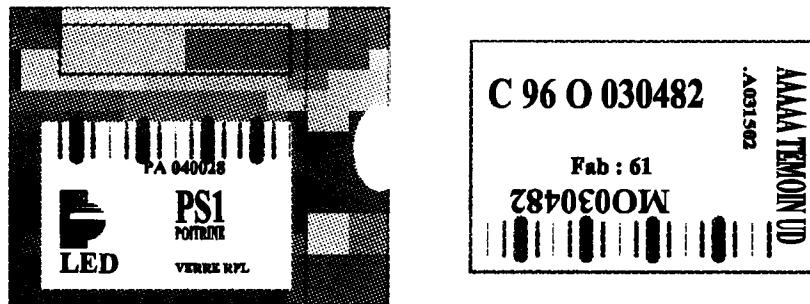


Figure 1 : Code-barre de marquage des films

Les solutions retenues pour satisfaire ces deux conditions sont le compostage du film préalablement à son étiquetage (les deux émulsions sont ainsi marquées du numéro du dosimètre) et la mise en ruban automatique de chaque émulsion comme indiqué au paragraphe 4 ci-après.

La machine effectuant le marquage est constituée d'un plateau tournant équipé d'un ensemble de compostage à vérin, d'une étiqueteuse à imprimante thermique programmable, d'un chargeur-extracteur et d'un récepteur de films (fig. n°2). L'autonomie de la machine est d'environ 600 films et la cadence d'étiquetage est de l'ordre de 400 films à l'heure.

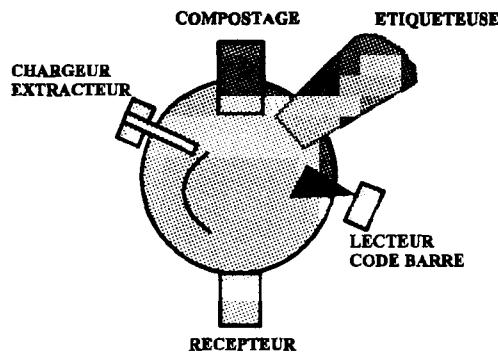


Figure 2 : Machine de marquage vue de dessus

Le compostage permet d'inscrire le numéro du dosimètre sur l'emballage et sur les deux émulsions du film AGFA. L'étiqueteuse colle sur l'emballage une étiquette portant (entre autres) le numéro composté du dosimètre.

Chaque étiquette est imprimée selon un format d'impression prédéfini et modifiable (selon l'usage du dosimètre) à l'aide d'un logiciel spécialement conçu et installé dans le micro-ordinateur associé à la machine. Les indications portées sur l'étiquette sont inscrites à partir des données d'un fichier de préparation élaboré par le système informatique central du laboratoire qui précise les relations entre dosimètre, individu, lieu et date de port.

Ce micro-ordinateur pilote entièrement tout l'ensemble et assure les contrôles de bonne marche de tous les automatismes. En particulier, en fin de cycle, un lecteur de code-barre vérifie la bonne écriture (ou la bonne lisibilité) du code-barre et le positionnement de l'étiquette sur l'emballage. En cas de défaut constaté, l'ensemble est arrêté et l'opérateur peut intervenir pour retirer le film défectueux.

3. CONDITIONNEMENT

Le LED fournit tous les dosimètres sous emballage étanche à l'humidité pour diminuer le phénomène d'atténuation (ou fading) des films dosimétriques. L'emballage en polychlorure de vinyle

permet une protection des dosimètres contre les risques de contamination radioactive des dosimètres ou ceux d'exposition aux atmosphères nocives éventuellement rencontrés dans des installations nucléaires.

Le LED s'est équipé de machines spécialement conçues et adaptées à tous les types de dosimètres (films, criticité, thermoluminescents) qu'il fournit. Elles permettent le conditionnement entièrement automatique des films sous emballage soudé par haute fréquence ou par ultra sons.

4. RUBANAGE

Opération clé de tout le système, le rubanage consiste à fixer les deux émulsions de chaque film sur deux bandes d'adhésif et à former ainsi un ruban continu.

La pose des émulsions (lecture du code-barre de l'étiquette, dépouillement de l'emballage, dépose sur le ruban des émulsions dans un ordre prédéfini) est manuelle et se déroule sous lumière inactinique en chambre noire (fig. n°3). La cadence est de l'ordre de 400 films par heure. La machine automatisée et pilotée par micro-ordinateur assure le déroulement des adhésifs et l'enroulement du ruban. Le ruban formé est collecté sur une bobine d'une capacité de 4.000 films qui est placée en fin d'opération dans un chargeur étanche à la lumière.

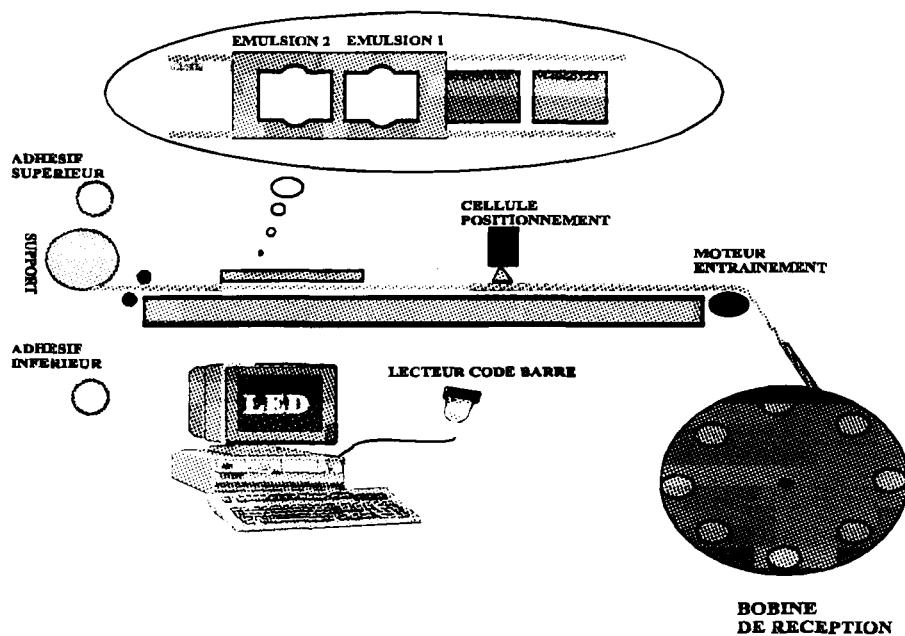


Figure 3 : Méthode de rubanage

La position de chaque film sur le ruban déterminée à la lecture du code-barre de l'étiquette est mémorisée dans un fichier informatique qui sera utilisé lors de la lecture proprement-dite (cf. § 6). Chaque émulsion est collée à distance régulière pour permettre la détection d'une perte éventuelle de films par décollement. En cas de nécessité, comme pour le raccordement de nouveaux adhésifs, entraînant un intervalle important entre deux émulsions, des indications de raccord sont inscrites dans le fichier de rubanage. L'ordre, le sens et l'orientation de chaque émulsion, selon la course du ruban, sont strictement définis pour l'exploitation des lectures (cf. § 6).

On dispose le long du ruban et à intervalles réguliers des films étalons irradiés à des doses connues (dits "de contrôle de stabilité de développement") qui permettent de contrôler l'uniformité du développement (cf. § 5).

5. DEVELOPPEMENT

Le ruban placé dans un chargeur étanche à la lumière est traité dans une dévelopeuse automatique. Cette machine est constituée de différentes cuves à niveau constant contenant successivement le révélateur, le bain d'arrêt, le fixateur et les bains de lavage, et dans lesquelles circule à vitesse constante le ruban à traiter. A la sortie des bains, le ruban traverse une armoire de séchage puis s'enroule dans un nouveau chargeur.

La machine à développer est représentée sur la **figure n° 4**. La vitesse de déroulement est maintenue à 120 (± 1) mètres de ruban par heure, soit approximativement 1.200 films/heure. La température de chaque bain (et particulièrement celle du révélateur) est contrôlée et régulée à $\pm 0,1$ °C. Le niveau des bains est maintenu constant grâce à des cuves de réserve. L'acidité du bain d'arrêt est constamment contrôlée par un pH-mètre enregistreur.

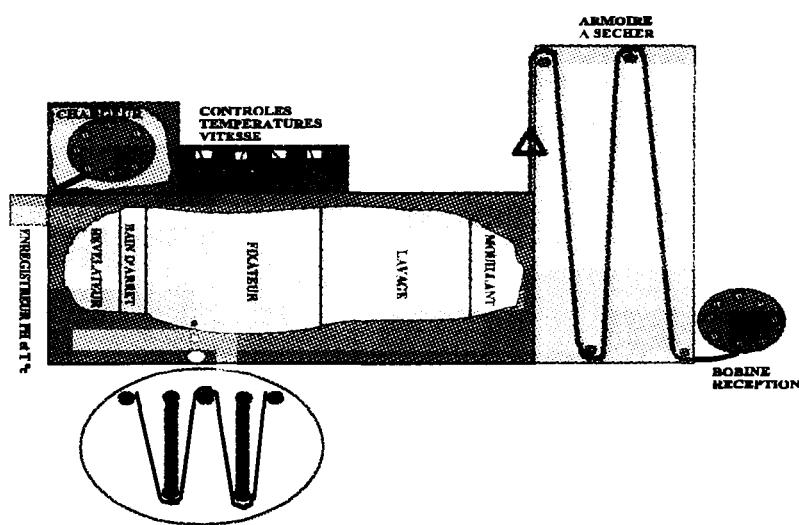


Figure 4 : Machine à développer

Ces dispositions garantissent une excellente reproductibilité du temps de développement. Les **figures n° 5 et 6** illustrent la variation des densités optiques obtenues sur des films (de contrôle de stabilité de développement) irradiés à des doses étalons tout au long d'une période d'exploitation (environ un mois). On peut constater que l'évolution est relativement faible, en tout cas bien moindre que celle que l'on peut constater avec des techniques de développement manuel (ou semi-automatique) en paniers.

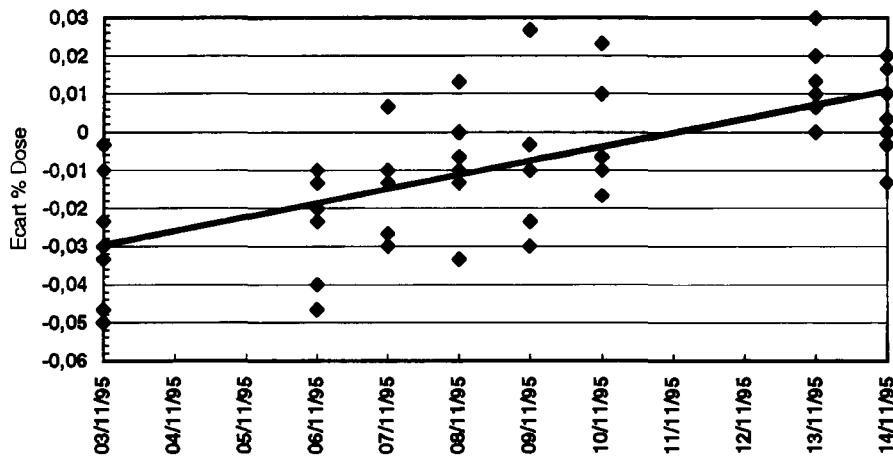


Figure 5 : Stabilité du développement. Dose = 3 mSv, DO moy. = 1,312 (1^{ère} émulsion)

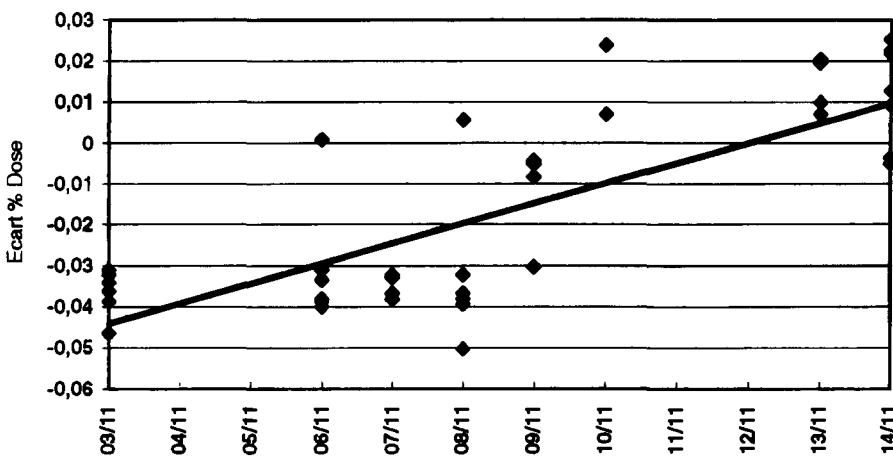


Figure 6 : Stabilité du développement. Dose = 100 mSv, DO moy. = 1,738 (2^{ème} émulsion)

La simple circulation du ruban dans les cuves (qui place chaque film dans des conditions strictement identiques de développement) induit l'homogénéisation des bains. Il n'est plus nécessaire de recourir aux techniques de barbotage de gaz ou de vibration de paniers.

Nous avons constaté que la longévité des bains s'en trouve accrue d'une manière conséquente. Elle est portée à trois mois, voire plus, alors que par les méthodes traditionnelles, le renouvellement mensuel des bains est une pratique courante.

En termes de sécurité, cette dévelopeuse est alimentée par un onduleur, permettant à lui seul de traiter un ruban complet en l'absence d'énergie électrique. Enfin, toutes les canalisations sont parfaitement étanches et toutes les cuves sont installées sur un bac de rétention pouvant contenir la capacité totale des bains en cas de fuites de cuves ou de tuyauteries. Une cellule placée à la sortie de l'armoire de séchage dénombre la quantité d'émulsions développées et permet de détecter une éventuelle perte d'émulsions dans les bains.

Enfin, le développement des films s'effectue dans un local éclairé en lumière naturelle et se déroule sans opérateur, ce qui constitue un avantage appréciable en termes d'ergonomie, par rapport aux techniques habituelles nécessitant le travail d'au moins une personne en chambre noire sous lumière inactinique.

6. LECTURE

6.1. Description du lecteur

Le densitomètre automatique (fig. n°7, page suivante) déroule le ruban développé et place chaque émulsion face à quatorze têtes de lecture (source et cellule infrarouge) associées à un ensemble électronique d'acquisition très performant. Un micro-ordinateur assure simultanément, en fonction des données enregistrées dans le fichier de rubanage (nombre d'émulsion, position de chaque film cf. § 4), la gestion de l'automate du lecteur et la mémorisation des résultats de mesure.

La détection d'une fin d'émulsion par une cellule photoélectrique provoque le déplacement du ruban de manière à placer rigoureusement cette émulsion face aux têtes de lecture. On détermine par incrémentation d'un compteur la position (ou le rang) de l'émulsion dans le ruban et, par conséquent, d'après les indications du fichier de rubanage, le numéro de dosimètre.

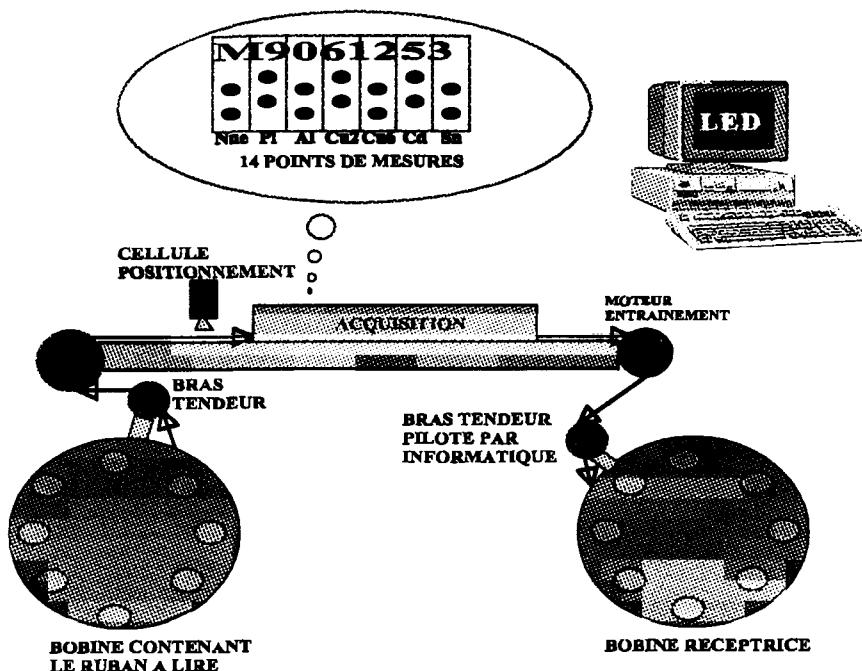


Figure 7 : Lecteur automatique GENARYS

La lecture proprement dite comprend 512 cycles (offset - éclairement) élémentaires successifs d'acquisition. Les lectures brutes (offset déduit) sont traduites en densité optique grâce à un étalonnage préalable (en début de ruban) obtenu par mémorisation des lectures à 100 % de transmission de chaque voie.

Deux lectures sont obtenues simultanément en deux points distincts de chaque plage de l'émulsion (correspondant aux écrans du boîtier) ; à l'issue des contrôles d'homogénéité, la densité optique attribuée à la plage est la moyenne des deux lectures. Grâce aux quatorze têtes de lecture, on procède donc à la lecture simultanée des sept plages de l'émulsion.

6.2. Mesures

Le temps d'acquisition par émulsion (donc pour les quatorze voies de mesure) est de l'ordre de la seconde pour des densités optiques faibles. Pour des densités optiques élevées (> 4.000), des acquisitions successives se produisent avec des gains d'amplification croissant jusqu'à l'obtention d'un signal significatif. Le temps d'acquisition peut alors atteindre environ trois secondes. Le rythme moyen de lecture (déplacement et acquisition) est voisin de 400 films par heure (ou 800 émulsions).

Toutes les émulsions, donc tous les films d'un ruban, sont mesurées en dehors de tout tri visuel (donc un gain de temps dans le processus global et une absence d'appréciation visuelle imprécise). La fiabilité du système permet de réaliser de nuit (ou en heures non ouvrables) le traitement d'un ruban.

La gamme des DO mesurées s'étend de 0 à 6,5 (soit, en intensité lumineuse, un facteur de 10^7). Elle permet de mesurer ainsi, sur la seule première émulsion du film AGFA, des doses allant jusqu'à 50 mSv en ^{60}Co (fig. n°8).

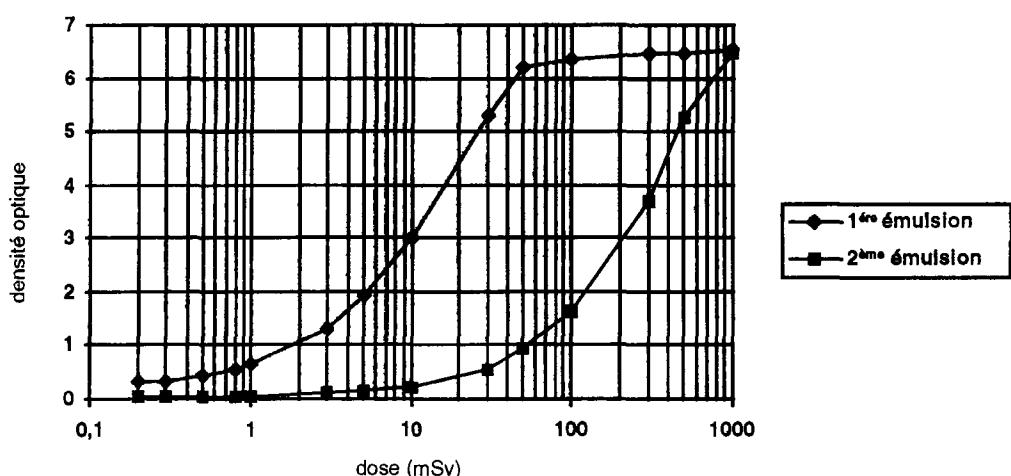


Figure 8 : Courbe d'étalonnage automatique

Les densités optiques sont calculées avec trois décimales significatives et la stabilité des mesures est assurée sur la seconde décimale (soit $\pm 0,01$). Nous avons pu constater que la variation des mesures sur une durée de plus de 12 heures est de l'ordre de 0,5 % (fig. n° 9 et 10).

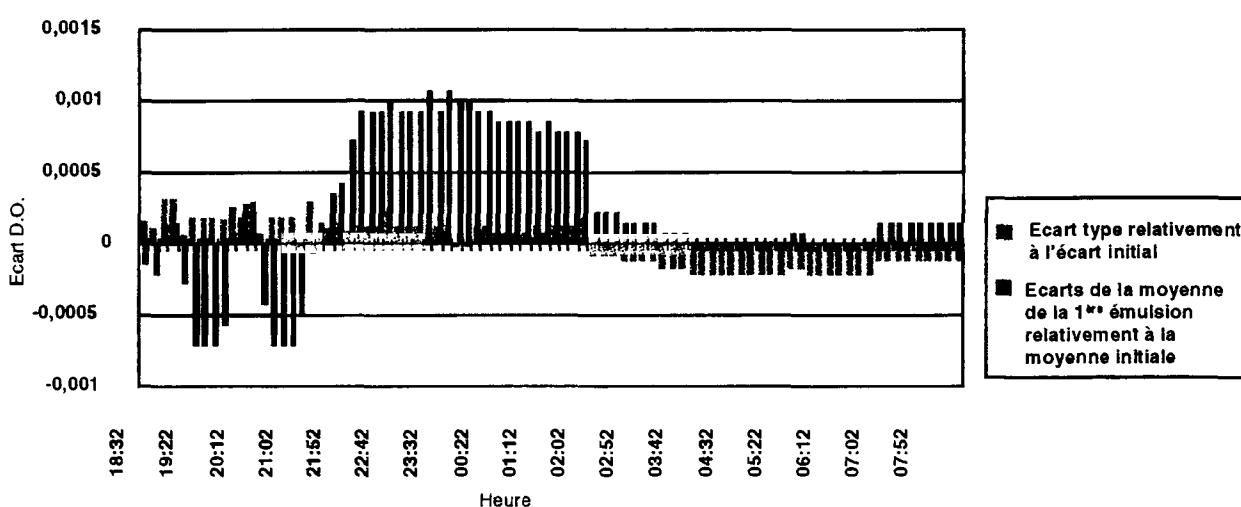


Figure 9 : Stabilité des mesures (DO moyenne initiale = 0,300, écart type initial = 0,020)

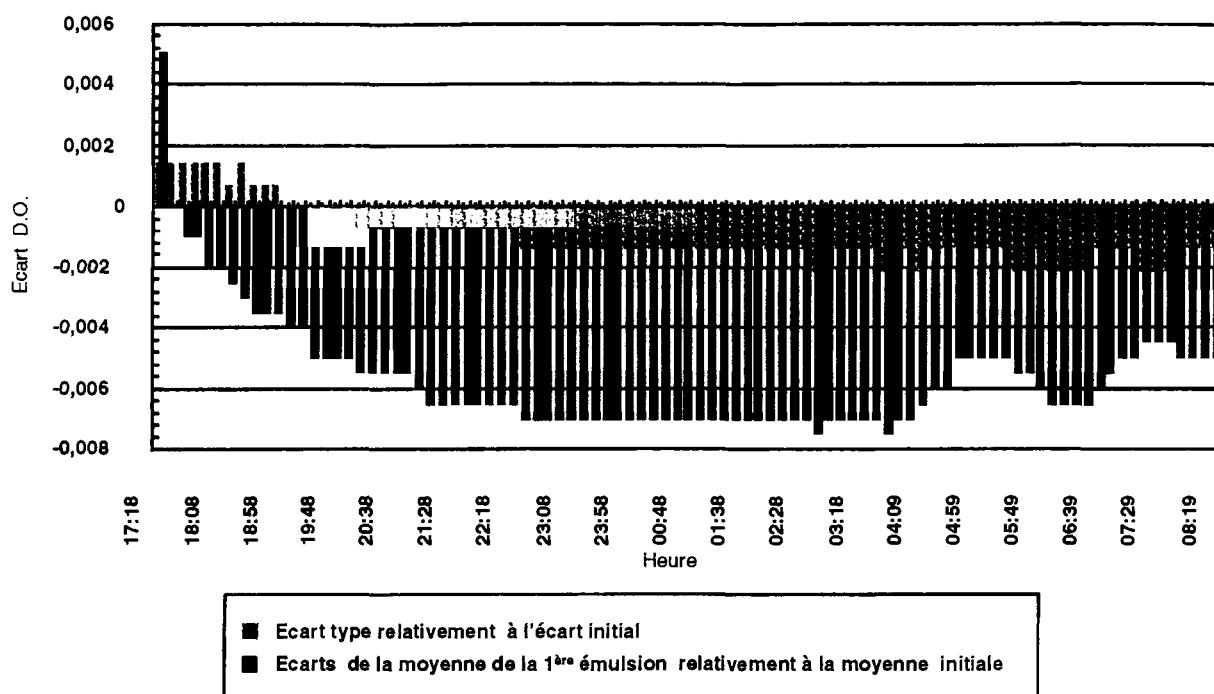


Figure 10 : Stabilité des mesures (DO moyenne initiale = 1,000, écart type initial = 0,23)

6.3. Contrôle des lectures

La disposition des émulsions collées sur les deux cotés d'un ruban garantit un passage régulier dans la tête de lecture, minimisant tout risque de blocage d'une émulsion à l'entrée de la chambre de lecture, contrairement à certaines techniques telles que l'émulsion n'est fixée que sur un côté ou est placée dans un chargeur vertical et amenée devant les systèmes de lectures par des bras poussoirs.

L'identification du dosimètre, à partir de l'incrémentation de la position sur le ruban suppose qu'aucune émulsion ne peut se détacher du ruban tout au long du processus. Entre chaque émulsion, la distance parcourue par le ruban est contrôlée. Au delà d'une certaine valeur (sauf en cas d'indication de raccord), le lecteur est arrêté afin de permettre à l'opérateur de s'assurer de la présence (ou non) de l'émulsion à traiter.

La perte d'une émulsion se traduit également par la rupture des alternances 1^{ère} et 2^{ème} émulsion (quelle que soit la dose enregistrée par le film, la densité optique de la 1^{ère} émulsion est supérieure à celle de la seconde). Au cours des acquisitions successives, si cette séquence n'est pas respectée plus de cinq fois consécutives, le déroulement s'interrompt pour une intervention de l'opérateur (cf. § 4).

A la fin de la lecture du ruban, des programmes traitent le fichier de mesures obtenu pour

- contrôler l'ordre des émulsions,
- vérifier l'orientation des émulsions (la plage nue de l'émulsion dont la densité optique est la plus élevée, doit être "en tête" de l'émulsion par rapport au sens de déroulement du ruban),
- vérifier le sens de l'émulsion (la fenêtre d'identification du film est sur la "gauche" de l'émulsion suivant le sens de déroulement du ruban),
- vérifier l'homogénéité des lectures par voie.

Un dernier traitement détermine le type de rayonnement auquel a été soumis le film suivant des règles particulières liées à la nature des écrans du boîtier PS1.

6.4. Contrôles qualité

Les contrôles qualité portent essentiellement sur la stabilité des mesures dans le temps par rapport à des références de densité optique.

Le LED est équipé de densitomètres manuels XRITE dont la stabilité peut être quotidiennement vérifiée grâce à des échantillons étalons en densité optique fournis et certifiés par la société XRITE. On constitue ainsi un référentiel sur lequel reposent toutes les mesures.

Nous avons préparé un ruban test à partir de dosimètres irradiés dans un laboratoire secondaire agréé par le BNM (LCIE) sous différentes énergies (γ et X). Ce ruban est conservé dans des conditions strictes d'entreposage. Il est mesuré sur un densitomètre XRITE pour constituer ainsi une série de "lectures manuelles de référence" en accord avec le référentiel XRITE.

Ce ruban est lu chaque mois (ou après toute intervention sur le système d'acquisition) sur le lecteur automatique ; les densités optiques obtenues sur chaque film sont validées par rapport aux lectures manuelles de référence correspondantes. Avant chaque session d'exploitation (ou quotidiennement), ce même ruban est lu sur le lecteur automatique et la stabilité des mesures est vérifiée par rapport aux valeurs test du mois (fig. n° 11 et 12 page suivante : compte-rendu des tests mensuels et journaliers).

VALIDATION DU TEST MENSUEL DU LECTEUR AUTOMATIQUE GENERYS							
PERIODE A TRAITER	D/96	DATE TEST :	05/02/1997				
<u>ETALONNAGE</u>	moyenne	31509	stabilisation	14	(/14 têtes)	valeur référence	31500
	écart type	290	mesure	14	(/14 têtes)	validation	OUI
<u>2 nde EMULSION</u>	moyenne	0,030	validation				
<u>VIERGE</u>	écart type	0,003	OUI				
<u>TEST POSITION CELLULE</u>	voie3	voie11	voie2	voie10	voie1	voie9	voie0
	écart type	0,003	0,004	0,007	0,009	0,005	0,002
	moyenne	0,037	0,037	0,047	0,061	0,025	0,029
	validation	OUI					0,032
<u>COMPARAISON AUTOMATIQUE / MANUEL</u>				automatique	lecture xrite		
		1ère	2ème	1ère	2ème		
<u>validation</u>	<u>OUI</u>	valeur limite faible dose	0,252	0,037	0,278	0,119	
		valeur limite forte dose	5,883	5,633	5,235	4,408	
<u>VALIDATIONS</u>		nom	date	signature			
<u>RESPONSABLE SAV GENERYS</u>							
<u>RESPONSABLE TECHNIQUE FILMS</u>		J-L. Godefroit					
<u>RESPONSABLE QUALITE</u>		D. Devillard					
<u>CHEF DU LED</u>		Y. Magri					

REGLAGES VALIDES

Figure 11 : Exemple de compte-rendu de validation du test mensuel du lecteur automatique GENERYS

VALIDATION DU TEST JOURNALIER DU LECTEUR AUTOMATIQUE GENERYS									
<u>ETALONNAGE</u>	moyenne	30668	stabilité	13	(/14 têtes)	validation	Date test : 05/02/1997		
	ecart type	170	mesure	14	(/14 têtes)	OUI			
<u>TEST POSITION CELLULE</u>	voie	voie3	voie11	voie2	voie10	voie1	voie9		
							voie0		
							voie8		
							Total		
							% erreur		
	Nbe erreurs	0	0	0	0	0	0	0,0%	
<u>REPOSE GAMMA</u>	Test réponse gamma	Ecart-type	Moyenne	D.O limite	Lecture	Référence	Lecture	Référence	validation
	Nombre d'erreurs	2	1	Dose nulle	0,235	0,238	0,039	0,043	OUI
	% d'erreurs	6,7%	3,3%	Dose max	6,741	6,542	6,661	6,482	
<u>TEST PENTE REPONSE X</u>	Test pente réponse X				validation				
	Nombre d'erreurs	0			OUI				
	% d'erreurs	0,0%							
<u>TEST PENTE REPONSE GAMMA</u>	Test pente réponse Gamma				Lecture	Référence	validation		
	1ère émul (0, 3 mGy)	0,355		0,355	OUI				
	1ère émul (5, 50 mGy)	0,105		0,101					
	2ème émul (300, 1000 mGy)	4,922		5,053					
<u>REGLAGES VALIDES</u>				Responsables					
	Lecture	Technique Films	Qualité	Chef du LED					
		J-L. Godefroit	D. Devillard	Y. Magri					

Figure 12 : Exemple de compte-rendu de validation du test journalier du lecteur automatique GENERYS

6.5. Calcul des doses

Les densités optiques sont ensuite traduites en dose apparente en ^{60}Co par le traitement habituel du LED ; celui-ci consiste à déterminer la dose apparente grâce à des courbes d'étalonnage spécialement établies chaque mois. Les doses individuelles en fonction du type réel de rayonnement sont ensuite évaluées.

L'ensemble des traitements est entièrement informatisé ; il n'y a aucune saisie manuelle de résultats par un opérateur. Toutefois, lorsque le traitement informatique s'avère insuffisant, le dosimètre incriminé peut être lu sur le densitomètre XRITE (utilisé en référentiel cf. § 6-4), il s'agit en particulier de dosimètres irradiés sous rayonnement de neutrons thermiques ou β pour lesquels la détermination du type de rayonnement reste encore peu sûre. De même, des films fortement irradiés (qui induisent une enquête dosimétrique) sont contrôlés sur un lecteur manuel par un opérateur expérimenté. Ces contrôles représentent moins de 0,1 % des dosimètres exploités.

7. CONCLUSIONS

La mise au point de ce système d'exploitation entièrement automatique des dosimètres photographiques a permis un gain substantiel en productivité (essentiellement en effectif), une diminution des délais d'obtention des résultats (d'environ 8 jours par mois pour traiter 18.000 films), une amélioration de la qualité des résultats.

L'automatisation complète des lectures des films nous permet d'effectuer des études plus approfondies que nous ne pouvions réaliser avec des traitements manuels. L'étalonnage des films pour l'estimation des nouvelles grandeurs opérationnelles a pu être mené à bien malgré le nombre élevé de lectures nécessaires.

Nous pouvons envisager d'améliorer les calculs des doses dans le cas de films irradiés sous rayonnement polyénergétiques. L'application de la méthode de calcul de type SIMPLEX mise au point au LED (MM. BERMANN, BARTHE) nécessite les mesures de toutes les plages du film, fastidieuses avec un système manuel ; l'automatisation des lectures permettra de généraliser cette méthode dans notre processus d'exploitation des dosimètres individuels.

Remerciements :

Nous tenons à remercier Mme M.F. Vidaud, MM F. Bahri, J.C. Foulfoin (LED) pour leur participation à la mise au point de ce système, ainsi que MM Engalec (ENERYS), Poulain (ARINTER), Ledoux (LOGOPAK), Cottet (MEIJE), Savriapen (BGR2) pour leur contribution à la réalisation des équipements et des logiciels intégrés dans cet ensemble instrumental.