

Entretien des instruments nucléaires en Asie du Sud-Est

par P.H. Vuister et B. Hoop

INTRODUCTION

Chacun sait que l'entretien des instruments scientifiques de toute nature pose de nombreux problèmes dans les pays en développement et que ces problèmes ont des causes très diverses: conditions d'environnement rigoureuses, absence de services après vente, pénurie de techniciens locaux, manque de pièces de rechange, complications administratives, problèmes financiers, etc. L'insuffisance d'entretien entraîne à son tour une déperdition de ressources humaines et matérielles déjà elles-mêmes insuffisantes: le médecin est dans l'incapacité de formuler un diagnostic, la recherche est interrompue, les instruments se détériorent, le personnel est sous-employé et les laboratoires ne sont pas utilisés comme ils devraient l'être.

Pour mesurer l'étendue de ces problèmes dans le domaine de la médecine nucléaire et pour aider les laboratoires à y apporter une solution réaliste, la Section des applications médicales de l'Agence internationale de l'énergie atomique a mené une enquête sur l'entretien des instruments de médecine nucléaire en Asie du Sud-Est. Des enquêtes concernant d'autres régions sont actuellement en cours ou en préparation.

Le présent article résume les résultats de cette enquête et expose le programme actuellement élaboré pour améliorer l'entretien des instruments nucléaires en Asie du Sud-Est dans le cadre de l'Accord régional de coopération.

CONCEPTION DE L'ENQUETE

Etant donné que c'est d'abord aux propriétaires et aux opérateurs qu'il incombe de prévenir et de détecter les pannes et de réparer eux-mêmes ou de faire réparer les appareils défectueux, l'enquête a été conçue de manière à faire intervenir d'une manière aussi directe que possible le personnel de laboratoire et les spécialistes nationaux.

Huit coordonnateurs nationaux, désignés à la demande de l'Agence par les gouvernements de Bangladesh, Inde, Malaysia, Pakistan, Philippines, Singapour, Sri Lanka et Thaïlande, ont participé à l'enquête. Ils ont aidé le personnel des laboratoires intéressés à remplir les questionnaires et les formulaires de rapport et ont rendu compte par écrit de leurs conclusions concernant leurs pays respectifs. Au total, 93 services de médecine nucléaire ont participé à l'enquête en fournissant la totalité ou une partie des renseignements demandés.

M. Vuister appartient à la Section des applications médicales de la Division des sciences biologiques de l'AIEA. M. Hoop fait actuellement partie du Service pulmonaire du Laboratoire de recherche physique de l'Hôpital général du Massachusetts; il appartenait auparavant à la Division des sciences biologiques de l'AIEA.

L'enquête avait pour but de recueillir des renseignements dans trois domaines distincts. Il était demandé aux laboratoires, dans un premier questionnaire, de fournir les renseignements suivants: situation géographique, durée d'existence, personnel, mode d'obtention des radionucléides, mode de financement et moyens d'entretien, nombre et nature des procédures de médecine nucléaire. Un deuxième questionnaire leur demandait les détails suivants sur chaque instrument: type, fabricant, âge, environnement, existence de manuels d'instructions et d'entretien et de pièces de rechange, fonctionnement, essais et entretien. Enfin, il leur a été remis six formules de rapport mensuel dans lesquelles ils devaient consigner, pour chaque instrument, les périodes de fonctionnement et de panne entre octobre 1977 et mars 1978. Comme il fallait s'y attendre, les questions ont été parfois interprétées de manière différente et il n'y a pas toujours été répondu avec la même conscience, mais les renseignements obtenus n'en permettent pas moins de se faire, sur le plan quantitatif, une idée plus exacte des problèmes d'entretien.

Outre qu'elle a permis de recueillir ces renseignements, l'enquête a également eu le mérite d'amener chaque laboratoire à prendre conscience de ses problèmes d'entretien et à repenser les moyens de les résoudre.

EVALUATION DES RENSEIGNEMENTS

L'évaluation qui suit porte sur 289 instruments au sujet desquels 70 laboratoires de médecine nucléaire de huit pays ont fourni tous les renseignements demandés. On peut considérer que ces 289 instruments représentent au total une valeur d'environ cinq millions de dollars. Leur mise en service a certainement exigé des dépenses supplémentaires qui sont loin d'être négligeables: installations de laboratoire, formation de personnel, etc. On peut donc dire que, si ces instruments ne sont pas bien entretenus, ce sont des millions de dollars qui auront été investis en vain.

Applications de la médecine nucléaire

Les applications de la médecine nucléaire dans les pays visés par l'enquête tendent à être les mêmes que dans les pays industrialisés. Sauf dans le cas spécial d'une étude sur la présence de morphine dans l'urine pratiquée sur des sujets appartenant à l'armée dans deux pays (260 000 échantillons)*, les études du système endocrinien (et surtout de la thyroïde) ont été les plus nombreuses. Les trois techniques de mesure les plus utilisées ont été la mesure de la fixation d' ^{131}I par la thyroïde au moyen de dispositifs à sonde (60 000 patients), l'emploi de dispositifs à image (le plus souvent des scintigraphes rectilignes) pour l'étude de la thyroïde, du foie et du cerveau (40 000, 25 000 et 13 000 patients respectivement) et, enfin, la mesure de la concentration de diverses substances biologiques dans des fluides biologiques par des analyses *in vitro* (75 000 échantillons), au moyen de compteurs à scintillation à puits et d' ^{125}I .

Instruments sur lesquels a porté l'enquête

Les instruments sur lesquels a porté l'enquête sont groupés dans le tableau 1 pour l'ensemble des huit pays et par pays dans le tableau 2. Les instruments rencontrés le plus souvent (deuxième colonne du tableau 1) ont été: 1) les compteurs à scintillation à sonde utilisés pour évaluer par des mesures externes la quantité d'indicateur radioactif présente dans un organe du corps (par exemple la thyroïde), 2) les compteurs à scintillation à puits utilisés pour mesurer le niveau d'activité de petits échantillons (de sang, par exemple) et 3) les

* Tous les chiffres cités dans ce paragraphe portent sur une période d'un an.

Tableau 1. Pannes par type d'instrument

Type	Nombre d'instruments	Nombre de pannes (de longue durée)	Taux moyen de non-disponibilité (%)
A scintillateur liquide	15	16 (7)	30
A puits (manuel)	45	13 (4)	6
A puits (automatique)	25	25 (4)	8
A sonde (simple)	49	14 (5)	6
A sonde (double)	32	23 (9)	11
Scintigraphe (Scanner)	66	68 (14)	11
Caméra	14	14 (5)	24
Activimètre	31	7 (5)	11
Divers	12	1 (1)	8
Total	289	181 (54)	11

scintigraphes rectilignes à image qui servent à étudier la répartition de l'indicateur radioactif dans une partie du corps. Ces instruments se retrouvaient dans tous les pays (tableau 2) en nombre à peu près proportionnel à celui de laboratoires de médecine nucléaire. Il est intéressant de noter que les caméras gamma, dispositifs à image aujourd'hui le plus couramment utilisés dans les pays industrialisés, n'étaient pas très répandues dans cette région.

Trois fabricants ont fourni 66% de tous les instruments, sept fabricants en ont fourni 22% et 21 12%. Il suffirait donc de la coopération de dix fabricants pour améliorer les conditions d'entretien et de fourniture de pièces de rechange pour près de 90% des instruments. Tous les instruments, à l'exception de 75% de ceux qui existent en Inde, ont été fabriqués à l'étranger. La moitié datait de plus de cinq ans et le quart de plus de dix ans.

Environnement des instruments

Deux facteurs environnementaux peuvent nuire gravement à la bonne marche des instruments: l'atmosphère dans laquelle ils sont maintenus et l'alimentation en courant alternatif. L'enquête a montré que 75% des instruments étaient utilisés dans des pièces climatisées mais que plus de 60% des climatiseurs étaient arrêtés la nuit, les fins de semaine et les jours fériés, ce qui entraîne une accumulation d'humidité dans l'air et une condensation qui sont très nuisibles aux instruments.

Les pannes de courant sont chose fréquente. Un laboratoire a signalé qu'il y avait eu jusqu'à 27 pannes pendant la période de six mois couverte par l'enquête. Les très fortes variations de tension et les surtensions transitoires qui se produisent au retour du courant peuvent être

Tableau 2. Pannes par type d'instrument et par pays

Pays	A		B		C		D		E		F		G		H	
	NI	NP	NI	NP	NI	NP	NI	NP	NI	NP	NI	NP	NI	NP	NI	NP
A scintillateur liquide	1	1	1	1	0	0	1	1	2	2	1	0	6	7	3	4
A puits (manuel)	4	1	2	0	4	1	7	1	2	0	0	0	8	0	18	9
A puits (automatique)	0	0	2	1	1	2	5	3	4	1	1	0	10	16	2	2
A sonde (simple)	3	2	2	0	7	1	11	1	1	0	2	1	8	4	15	6
A sonde (double)	3	2	1	0	2	0	3	0	0	0	1	1	9	4	13	16
Scintigraphe (Scanner)	2	3	3	0	8	1	10	4	1	0	2	3	19	27	21	30
Caméra	0	0	0	0	4	6	4	5	1	0	0	0	4	3	1	0
Activimètre	2	0	1	0	5	2	9	2	0	0	1	2	10	0	3	1
Divers	4	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	2	0	2	1
Total:	19	9	12	2	31	13	53	17	12	3	8	7	76	61	78	69
Pannes de longue durée	4		1		3		8		0		6		12		18	
Taux moyen de non-disponibilité	10%		4%		9%		8%		1%		34%		8%		14%	

NI = nombre d'instruments

NP = nombre de pannes

catastrophiques pour les instruments électroniques. Aucun renseignement n'a été recueilli sur les variations de tension et les surtensions transitoires.

Pannes

L'enquête a permis d'obtenir des renseignements sur la fréquence des défaillances, la durée des arrêts de fonctionnement qui en résulte ("durée de panne") et la nature des défaillances. Elle a permis, en outre, de classer les durées de panne par types d'instruments et d'établir une distinction entre pannes de courte durée (≤ 15 journées de travail) et pannes de longue durée (> 15 journées de travail).

Le tableau 1 (deuxième colonne) indique le nombre total des pannes pour l'ensemble des pays, le chiffre entre parenthèses indiquant le nombre de pannes de "longue durée". Le tableau 2 indique le nombre de pannes qui ont été signalées dans chaque pays. La fréquence moyenne des défaillances pour tous les instruments de tous les pays sauf un, est d'environ une panne par an. Si l'on groupe les instruments par catégorie, la fréquence de défaillances des compteurs manuels à puits, des dispositifs à sonde et des activimètres considérés dans leur ensemble est d'une panne tous les deux ans, tandis que pour l'ensemble des compteurs automatiques à scintillation à liquide, des compteurs automatiques à puits, des scintigraphes et des caméras gamma, le nombre moyen de pannes est de deux par an. Dans le pays mis à part, des circonstances particulières font que les renseignements obtenus ne sont pas statistiquement comparables. La fréquence des défaillances y a été presque deux fois plus grande que dans les autres pays.

On a combiné les renseignements concernant la fréquence des défaillances et la durée des pannes pour obtenir la durée totale de non-fonctionnement des instruments. En divisant le résultat par la durée de l'enquête, on a obtenu le pourcentage de temps pendant lequel l'instrument a été inutilisable. Ces renseignements, groupés par type d'instrument, figurent à la dernière colonne du tableau 1. En classant les instruments par pays (tableau 2) on a relevé des différences assez importantes entre les pays, qui semblent correspondre à la réalité. Les chiffres ne fournissent aucune indication sur la raison de ces différences, mais il est intéressant de constater que les pays dont les résultats sont les meilleurs sont ceux où existe un service central d'entretien qui fonctionne bien. Les différences entre laboratoires étaient même plus grandes que les différences entre pays: dans trois laboratoires le pourcentage moyen de non-disponibilité de tous les instruments était supérieur à 50%, dans six, il variait entre 26 et 35%, dans sept entre 16 et 25%, dans huit entre 6 et 15% et dans 23 entre 0 et 5%. Vingt-trois laboratoires n'ont signalé aucune panne.

Pour ce qui est de la nature des défaillances, parmi les 181 défaillances signalées, 73 étaient dues essentiellement à des défaillances mécaniques de moteurs, de dispositifs de lecture, de changeurs d'échantillons, etc. Elles étaient beaucoup plus nombreuses que les 31 défaillances de systèmes de détection (alimentation à haute tension, détecteurs, photomultiplicateurs et préamplificateurs), les 15 pannes de l'alimentation en courant à basse tension et les 15 défaillances de circuits électroniques. Le nombre relativement élevé de défaillances des dispositifs de détection permet de penser que l'humidité joue probablement un rôle important parmi les causes de panne. Les défaillances de l'alimentation à basse tension sont peut-être dues en partie aux variations de tension et aux surtensions transitoires de l'alimentation en courant alternatif.

Les tableaux montrent que les instruments complexes du point de vue mécanique (compteurs automatiques d'échantillons, compteurs à sondes doubles, scintigraphes) et les caméras gamma sont plus sujets aux pannes que des appareils plus simples, mais que ces pannes n'ont pas nécessairement pour effet d'allonger la durée moyenne de non-fonctionnement. Seuls les compteurs automatiques à scintillation à liquide et les caméras gamma

paraissent avoir le plus souvent de longues durées moyennes de non-disponibilité. En revanche, il semble possible de réparer la plupart des autres instruments en l'espace de quelques jours.

Le groupe de pannes de courte durée (≤ 15 jours) comprenait 127 défaillances, la durée moyenne de panne correspondant à quatre journées de travail. Le groupe de pannes de longue durée (> 15 jours) comprenait 54 défaillances, ayant une durée moyenne de panne supérieure à trois mois. Les renseignements fournis dans l'enquête ont permis de connaître en partie les causes des longs arrêts, à savoir:

Nécessité d'attendre des pièces de rechange (18)

Nécessité d'attendre des pièces mécaniques devant être produites sur place (2)

Incapacité de l'agent du fabricant de résoudre le problème (9)

Manque de connaissances techniques du personnel de laboratoire (5)

Complexité bureaucratique et lenteur des services officiels de réparation (8)

Lenteur des services de réparation du fabricant (3)

Vice de fabrication (1)

Aucune indication des raisons pour lesquelles la réparation a exigé aussi longtemps (16).

Il apparaît donc que l'approvisionnement en pièces de rechange, l'absence de connaissances techniques, l'inefficacité des services de réparation et la bureaucratie sont les principaux obstacles en matière d'entretien.

Pièces de rechange

On estime finalement — et l'enquête l'a confirmé — que les difficultés d'approvisionnement en pièces de rechange constituent l'une des raisons majeures de la lenteur des réparations. L'enquête a montré qu'il n'existait une liste de pièces de rechange que pour la moitié des instruments et un stock de pièces que pour le quart seulement. La valeur du stock pour 43 instruments représentait 63 000 dollars. Le coût des pièces de rechange nécessaires pour remédier aux 112 pannes de 211 instruments signalées dans sept des huit pays concernés est estimé très approximativement à 17 000 dollars, tandis que celui des pièces de rechange nécessaires pour remédier aux 34 pannes de longue durée est estimé à 8000 dollars des Etats-Unis. Sur le stock de pièces de rechange de 63 000 dollars, les pièces qui ont pu effectivement être utilisées en cas de panne ne représentent pas plus de quelques milliers de dollars. Le stockage est donc un moyen beaucoup trop onéreux de s'assurer que l'on disposera des pièces voulues. La conclusion qui s'impose est que les problèmes d'approvisionnement en pièces détachées sont davantage des problèmes d'organisation et d'administration que des problèmes financiers: procédures de commande difficiles ou compliquées, absence de crédits, règlements douaniers trop stricts, rapports difficiles avec les fabricants, pièces difficiles à identifier, problèmes de paiement des pièces livrées, etc.

Installations et spécialistes de l'entretien

Les résultats de l'enquête montrent qu'il a été remédié à 70% des défaillances signalées dans un délai de quatre jours de travail en moyenne, ce qui prouve que les pays disposent dans une certaine mesure du personnel compétent et des moyens nécessaires. Par contre, un quart des réparations restantes n'ont pu être effectuées parce que les agents du fabricant ou le personnel de laboratoire n'avaient pas les connaissances techniques nécessaires. L'enquête a révélé également qu'un quart des laboratoires possédaient un local ou un atelier affecté spécialement à l'entretien des instruments et que les deux tiers d'entre eux seulement disposaient de plus de la moitié des pièces indispensables figurant sur une liste sommaire de matériels couramment utilisés à cette fin (pincettes, tournevis, clefs, matériel de soudage, perceuse, voltmètre-ampèremètre-ohmmètre, oscilloscope). On voit ainsi nettement à quel

point les laboratoires sont tributaires de l'extérieur, même pour des réparations simples. Des contrats d'entretien ont été conclus pour 15% des instruments seulement. Pour 70% de tous les instruments visés par l'enquête, les laboratoires se sont déclarés satisfaits des services d'entretien qui leur ont été fournis au cours des deux dernières années. L'enquête n'a pas permis d'obtenir de renseignements sur le niveau de compétence et d'expérience du personnel chargé de l'entretien.

Vérification des instruments et contrôle de qualité

Un quart environ des instruments faisaient l'objet de contrôles quotidiens, un quart à des contrôles hebdomadaires, le reste était contrôlé seulement une fois par mois ou de façon sporadique. Il ressort de ces chiffres qu'en introduisant un contrôle de qualité de tous les instruments, on arriverait certainement à un nombre de défaillances supérieur aux chiffres actuels et à des résultats de mesure plus conformes à la réalité.

MESURES A PRENDRE

Les mesures à prendre doivent tendre à réduire la fréquence et la durée des pannes.

La fréquence des défaillances peut être réduite par la réalisation des conditions d'environnements appropriées. L'humidité de l'air et la température devraient être maintenues à un niveau acceptable pendant toute l'année. La poussière et, pour les établissements situés près de la mer, le sel, devraient être éliminés par filtrage. Utilisés seuls, les climatiseurs sont souvent insuffisants; il faut alors faire appel à des déshumidificateurs et parfois à des filtres spéciaux. En outre, il faudrait remédier en partie à la brutalité des surtensions transitoires et des variations de tension du courant alternatif en installant des réseaux spéciaux, des prises de terre séparées, des régulateurs de tension, des transformateurs à bobinage isolé, des amortisseurs de surtensions transitoires et des disjoncteurs conditionnels. Les laboratoires qui voudraient se doter d'une alimentation en courant alternatif appropriée devraient choisir les solutions qui leur conviennent le mieux. La fréquence des défaillances pourrait aussi être réduite par un entretien préventif, par un soin continu des instruments et par une formation adéquate des opérateurs.

Pour réduire la durée des pannes, il faudrait notamment veiller à ce que les pièces de rechange soient livrées rapidement, former ou affecter du personnel à l'entretien, prévoir des installations et un outillage appropriés, coordonner les contacts avec les fabricants pour améliorer les services après vente, enfin simplifier les règlements budgétaires, les procédures d'achat et les formalités douanières.

La réduction de la fréquence des défaillances est un problème technique, facile à résoudre en principe bien qu'il exige certaines mises de fonds. La diminution de la durée des pannes est plus complexe, car, en dehors de la formation, toutes les mesures que l'on doit prendre exigent une amélioration des règles administratives et des filières de communication.

PROJET D'ACCORD REGIONAL DE COOPERATION

La Section des applications médicales a mené cette enquête afin de pouvoir recommander des mesures correctives concernant l'entretien des instruments de médecine nucléaire. Les laboratoires non médicaux se trouvant certainement dans la même situation, l'Agence élabore actuellement des projets régionaux destinés à aider les Etats Membres à résoudre des problèmes d'entretien qui se posent dans toutes les sortes de laboratoires nucléaires. Le premier de ces projets intéressera l'Asie du Sud-Est et sera mis en œuvre dans le cadre de l'Accord régional de coopération sur le développement, la recherche et la formation dans le domaine de la science et de la technologie nucléaires. Au mois d'octobre 1979, huit

Etats Membres de la région avaient fait savoir à l'Agence qu'ils souhaitaient participer au projet.

Ce projet régional est destiné à aider les pays et les laboratoires à améliorer l'efficacité, la fiabilité et la qualité du travail exécuté dans les laboratoires nucléaires par l'introduction ou l'amélioration des stratégies d'entretien et par la rationalisation de l'assistance technique et des programmes de formation qui s'y rattachent. Le projet portera sur la réalisation des conditions adéquates d'environnement, l'entretien préventif, le contrôle de qualité, la fourniture des pièces de rechange, la formation du personnel d'entretien et des opérateurs, le choix des instruments et la simplification des règlements administratifs. Le projet encouragera en outre la collaboration entre les laboratoires de chaque pays participant et entre les pays de la région puisque tous les laboratoires ne sont pas en mesure de s'assurer les services d'ingénieurs d'entretien de haut niveau et tous les pays ne peuvent pas disposer de la totalité des moyens de formation nécessaires.

Le projet commencera par une réunion des coordonnateurs nationaux qui se tiendra en décembre 1979 et qui aura pour objet d'élaborer des plans d'entretien au niveau des laboratoires, des pays et de la région. L'exécution de ces plans commencera en 1980.