

L'entretien des instruments nucléaires – problèmes, solutions, obstacles

par P.H. Vuister*

Dans les laboratoires de recherche, d'analyse d'échantillons et de diagnostic médical, l'entretien et le contrôle de la qualité des instruments sont indispensables si l'on veut obtenir des résultats fiables et un bon rendement des capitaux investis. La présence d'instruments mal entretenus ou inutilisables peut entraîner de graves dommages économiques et sociaux. Or les rapports d'experts, les demandes de coopération technique, les enquêtes récentes sur l'emploi et l'entretien des instruments de médecine nucléaire et nombre d'autres sources encore signalent fréquemment des pannes de matériel nucléaire, ainsi que l'insuffisance de son entretien et du contrôle de sa qualité. Les instruments de médecine nucléaire notamment, qui sont coûteux et relativement compliqués, exigent des vérifications périodiques et sont difficiles à entretenir en bon état de marche, surtout dans les pays en développement.

Presque tous les projets de coopération technique de l'AIEA ayant trait à la médecine nucléaire se heurtent à des difficultés au sujet de l'entretien des instruments. C'est pourquoi la Section des applications médicales de la Division des sciences biologiques de l'Agence a entrepris dans le domaine de l'entretien et du contrôle de la qualité une série d'actions afin de remédier à cette situation. Un groupe consultatif s'est réuni en décembre 1975 pour étudier l'entretien des instruments de médecine nucléaire dans les pays en développement. Se bornant à une description qualitative de la situation, il a recommandé d'entreprendre des enquêtes impartiales afin d'apporter plus de précisions quantitatives sur la nature et l'étendue des difficultés existantes [1].

L'Agence a effectué les enquêtes recommandées dans quelque 200 laboratoires d'Asie du sud-est, d'Amérique latine et d'Afrique, de 1977 à 1980. Ces enquêtes ont permis de comprendre beaucoup plus nettement les problèmes techniques de l'entretien des instruments et ont aussi mis en lumière les aspects humains de la question [2, 3].

En s'appuyant sur les résultats de ces enquêtes, l'Agence a entrepris dès 1979 une série d'actions destinées à améliorer le rendement, la fiabilité et la qualité des travaux exécutés dans les laboratoires qui emploient des instruments nucléaires. Cette campagne comporte trois éléments: conditionnement des laboratoires; perfectionnement des stratégies et pratiques d'entretien et de contrôle de la qualité; programmes de formation correspondants.

Les raisons des défaillances du matériel

Les enquêtes ont mis en lumière les faits suivants:

- Le matériel effectivement employé dans les laboratoires de médecine nucléaire est hors d'état de fonctionner pendant au moins 11% du temps;
- Quelques laboratoires seulement font des contrôles périodiques de la qualité et pratiquent un entretien préventif;
- Les pannes sont principalement dues à la mauvaise qualité de l'alimentation en courant alternatif, au manque d'entretien préventif et souvent à la forte humidité;
- Dans de nombreux cas, les instruments défectueux ne sont pas réparés faute de pièces détachées ou parce que le personnel du laboratoire et les techniciens représentants du constructeur n'ont pas une formation suffisante; bien souvent aussi les réparations urgentes sont retardées par les exigences du formalisme administratif.

On voit donc que la durée des arrêts de fonctionnement est plutôt due à la façon dont on traite les cas de réparation qu'à la qualité insuffisante des instruments. D'autres informations recueillies lors de récentes réunions régionales donnent à penser que les utilisateurs et manipulateurs du matériel, la direction et l'administration des établissements et les gouvernements ne se rendent pas compte de l'importance qui s'attache à l'entretien. Ils ne s'intéressent donc pas assez au contrôle de la qualité et à l'entretien préventif; on achète des instruments inutilement compliqués; les budgets ne provisionnent pas, en monnaie étrangère ou locale, les sommes nécessaires à l'entretien et aux pièces détachées; les salaires des techniciens d'entretien sont trop bas; l'achat des pièces détachées, sur place ou à l'étranger, doit passer par le maquis de la réglementation administrative.

En fonction de ces informations, on a élaboré et en partie appliqué des mesures tendant à remédier à la situation. Il s'agit du «conditionnement» des laboratoires, c'est à dire de l'environnement de leur matériel; de l'établissement et de la mise en œuvre de plans d'entretien; de la formation des utilisateurs, des opérateurs et du personnel d'entretien aux tâches de l'entretien et du contrôle de la qualité; de l'approvisionnement en pièces détachées; et de l'assouplissement des règlements administratifs qui régissent l'entretien et l'approvisionnement en pièces détachées. Les deux premières mesures, et en partie la troisième visent à réduire le nombre des pannes, alors que les autres sont faites pour réduire le temps d'immobilisation des instruments tombés en panne.

Les actions sont entreprises dans le cadre de deux programmes de recherche coordonnée: le projet

* M. Vuister appartient à la Section des applications médicales de la Division des sciences biologiques de l'Agence.

RCA* sur l'entretien des instruments nucléaires en Asie et dans la Pacifique; et le programme de recherche coordonnée sur l'établissement et la mise en œuvre de plans d'entretien en Amérique latine. L'un et l'autre sont soutenus et renforcés par le projet interrégional de coopération technique sur l'entretien des instruments nucléaires.

Dans le cadre des programmes coordonnés, seize coordonnateurs nationaux désignés par leurs gouvernements se sont engagés par contrat à organiser et à pratiquer l'entretien dans des laboratoires pilotes, ainsi qu'à assurer les activités de formation proposées dans les plans d'action adaptés aux conditions locales. Cette obligation encourage le développement nécessaire des activités au sein des laboratoires ou des pays en matière d'entretien des instruments, de contrôle de la qualité et de formation. Elle habitue les gens à se tirer d'affaire par leurs propres moyens, faute de quoi les activités en question ne sauraient s'insérer dans les plans de travail réguliers des laboratoires et des pays participants. Le projet de coopération technique vient à l'appui de ces activités au moyen de visites périodiques d'un expert itinérant et en fournissant le matériel nécessaire. L'association de ces deux activités a donné de très bons résultats.

L'avancement et les difficultés des projets font l'objet de discussions dans des réunions annuelles auxquelles prennent part les coordonnateurs nationaux, l'expert itinérant et le fonctionnaire chargé du projet. Les frais annuels de ces programmes se montent à environ 70 000 dollars pour les contrats, 20 000 pour les réunions, 90 000 pour la coopération technique et 5000 pour les déplacements du fonctionnaire chargé du projet.

Les résultats des enquêtes donnent à penser que l'on peut réduire sensiblement le nombre des défaillances du matériel en améliorant l'alimentation en courant alternatif, en réglant la température et l'humidité de l'air des laboratoires, et en empêchant la poussière d'y pénétrer. Pour y parvenir, quelques mesures techniques assez peu coûteuses suffisent.

Le conditionnement du courant alternatif

La qualité du courant électrique fourni aux laboratoires et aux habitations est très inférieure à ce qu'on croit généralement. Les causes en sont nombreuses: la demande sans cesse croissante de courant à usages industriel et domestique dans de nombreux pays entraîne une surcharge des centrales et des réseaux publics de distribution. Le courant destiné aux laboratoires, aux habitations et aux petites entreprises est souvent fourni par des transformateurs abaisseurs et des réseaux de distribution communs, ce qui entraîne des interférences entre les divers consommateurs. L'emploi croissant d'appareils électriques dans les laboratoires et notamment dans les hôpitaux entraîne une surcharge dans le réseau de distribution intérieur de ces établissements. Enfin, et ce n'est pas le facteur le moins important, dans les régions tropicales les contacts

sont sujets à la corrosion et les lignes de transport aériennes sont fréquemment exposées à la foudre.

Tout cela donne des fluctuations de tension, des sous- et survoltages de courte durée, des coupures de courant et des transitoires. Ces transitoires sont des impulsions très brèves (de 10 nanosecondes à quelques millisecondes) et très fortes (jusqu'à 10 000 V), dues par exemple au branchement et au débranchement de fortes charges ou à la foudre.

Les fluctuations de tension risquent de perturber le fonctionnement des instruments et parfois, dans les cas de surtension, de les mettre en panne. Les coupures de courant et les transitoires provoquent souvent des pannes. De plus, les transitoires peuvent aussi perturber gravement le fonctionnement des appareils de traitement des pulsions, des ordinateurs et des appareils commandés par microprocesseurs.

Le programme a comporté, dans tous les 40 laboratoires pilotes, l'enregistrement de la tension du courant alternatif, afin d'évaluer la qualité du courant fourni par le réseau et de déterminer les mesures préventives à prendre. La figure 1 donne un exemple d'enregistrement de la tension alternative pendant 72 heures dans un hôpital. Les mesures ont été effectuées toutes les deux secondes. La figure 1 montre que la tension moyenne s'est élevée à environ 220V le premier jour pendant les heures de travail, pour monter à 30V de plus la nuit. Pendant la journée, la tension n'a pas cessé de varier en raison des changements très irréguliers de la charge sur les lignes de distribution. Le fonctionnement intermittent du compresseur d'un climatiseur a occasionné des chutes de tension à intervalles réguliers. Le second jour des enregistrements était un jour férié pendant lequel la consommation industrielle d'électricité a été moindre. La tension moyenne a été supérieure à celle de la veille et les fluctuations ont été plus rares et moins intenses. Vers 17h 15 on a constaté une chute lente de tension due à l'augmentation de la consommation de courant pour l'éclairage. Le troisième jour, également férié, les fluctuations ont présenté une amplitude un peu plus forte et il semble que l'on ait alors de nouveau branché le climatiseur. Le matin du quatrième jour, jour ouvrable, on a constaté de fortes fluctuations et la tension moyenne est descendue à 220V. Les points bas enregistrés jusqu'à 20V au dessous de la moyenne, correspondent à la mise en marche de moteurs, par exemple ceux des climatiseurs. La très brève durée des transitoires n'a pas permis leur enregistrement mais il y en a certainement sur les lignes de distribution car ils accompagnent toujours les branchements et débranchements qui sont fréquents comme l'attestent les enregistrements.

Il est hors de doute que le laboratoire en question a besoin d'un conditionnement de son courant, c'est à dire qu'on stabilise la tension et qu'on filtre les transitoires. La plupart des enregistrements effectués dans d'autres laboratoires montrent des effets similaires: c'est donc que le besoin de conditionnement du courant est général. C'est pourquoi l'on a mis au point et essayé des dispositifs simples et robustes destinés à protéger les instruments contre les perturbations et les pannes dues aux fluctuations de tension, aux coupures de courant et aux transitoires. Ils comportent

* Accord régional de coopération sur la recherche, le développement et la formation dans le domaine de la science et de la technologie nucléaires en Asie et dans la région du Pacifique.

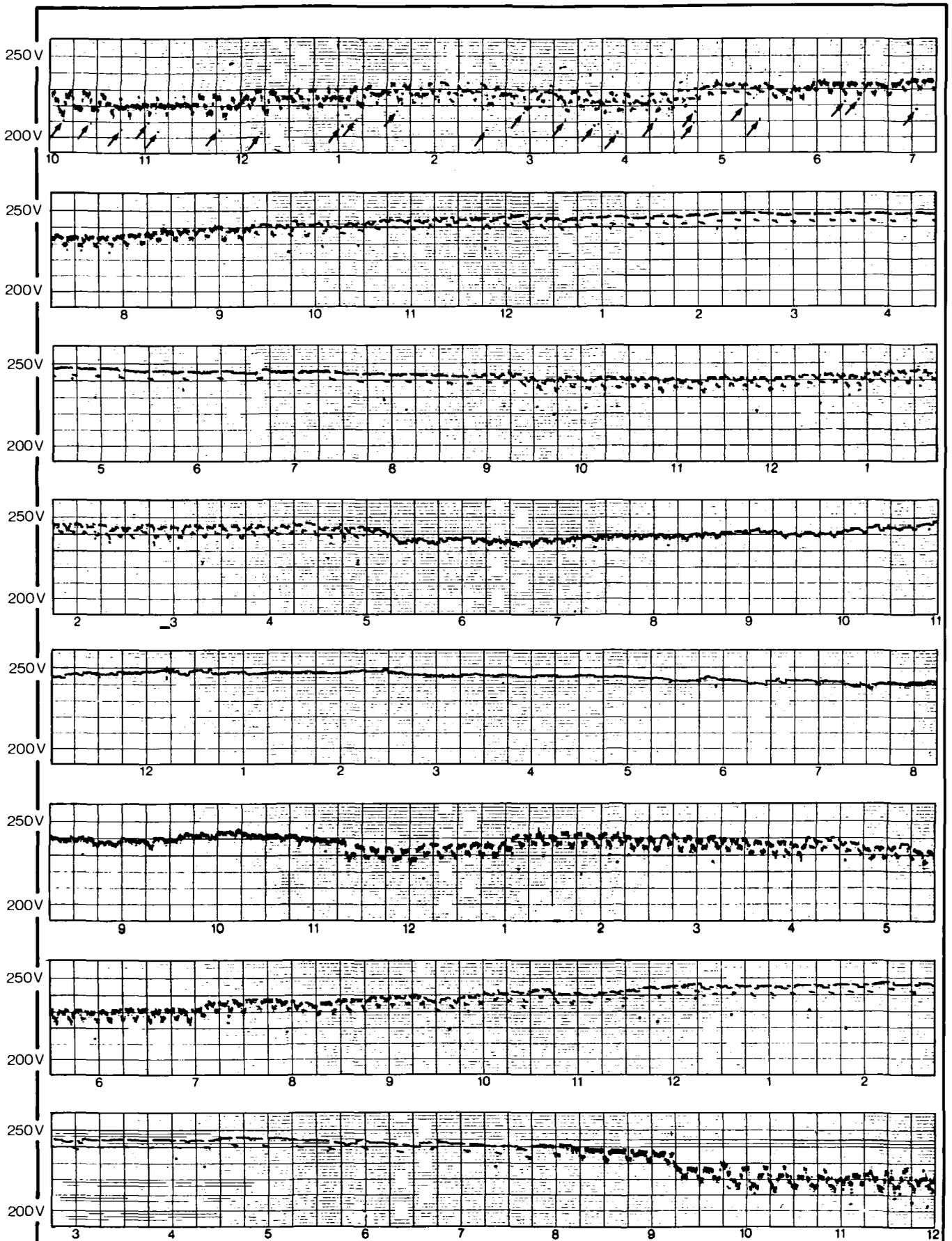


Figure 1. Enregistrement de la tension alternative dans un hôpital pendant 72 heures. Les fluctuations enregistrées sont dues à la surcharge et aux résistances parasites dans le réseau de distribution public et dans celui de l'établissement.

un relais de coupure, des varistors et des tubes à décharge à gaz, ainsi qu'un transformateur à tension de sortie constante d'une capacité et de caractéristiques appropriées aux conditions existant dans les laboratoires concernés. Le relais de coupure débranche un instrument au moment où le courant s'interrompt en sorte que l'instrument n'est pas exposé aux sur- et sous-tensions et transitoires qui accompagnent ordinairement la reprise. L'instrument peut être rebranché au réseau, automatiquement ou à la main, deux à trois minutes après la reprise du courant. Les varistors et les tubes à décharge à gaz limitent l'amplitude des transitoires et absorbent une grande part de l'énergie qu'ils contiennent. Les transformateurs à tension de sortie constante filtrent ce qui reste des transitoires et stabilisent la tension. Ces dispositifs de conditionnement peuvent être utilisés avec la plupart des instruments. On en

a installé plus de 50 dans les laboratoires pilotes. Il faut procéder de façon un peu différente pour les instruments comportant des moteurs qui prennent beaucoup de courant au démarrage. L'Agence est en train de rédiger une description des problèmes de courant alternatif et des mesures de conditionnement où est exposée la bonne façon de procéder pour les instruments comportant des moteurs.

La climatisation

On croit généralement que la climatisation n'est là que pour assurer le confort du personnel de laboratoire. Or le fonctionnement fiable et prolongé du matériel moderne exige une température stable et une humidité modérée de l'air. Lorsque les locaux sont climatisés, les gens supposent généralement que les climatiseurs

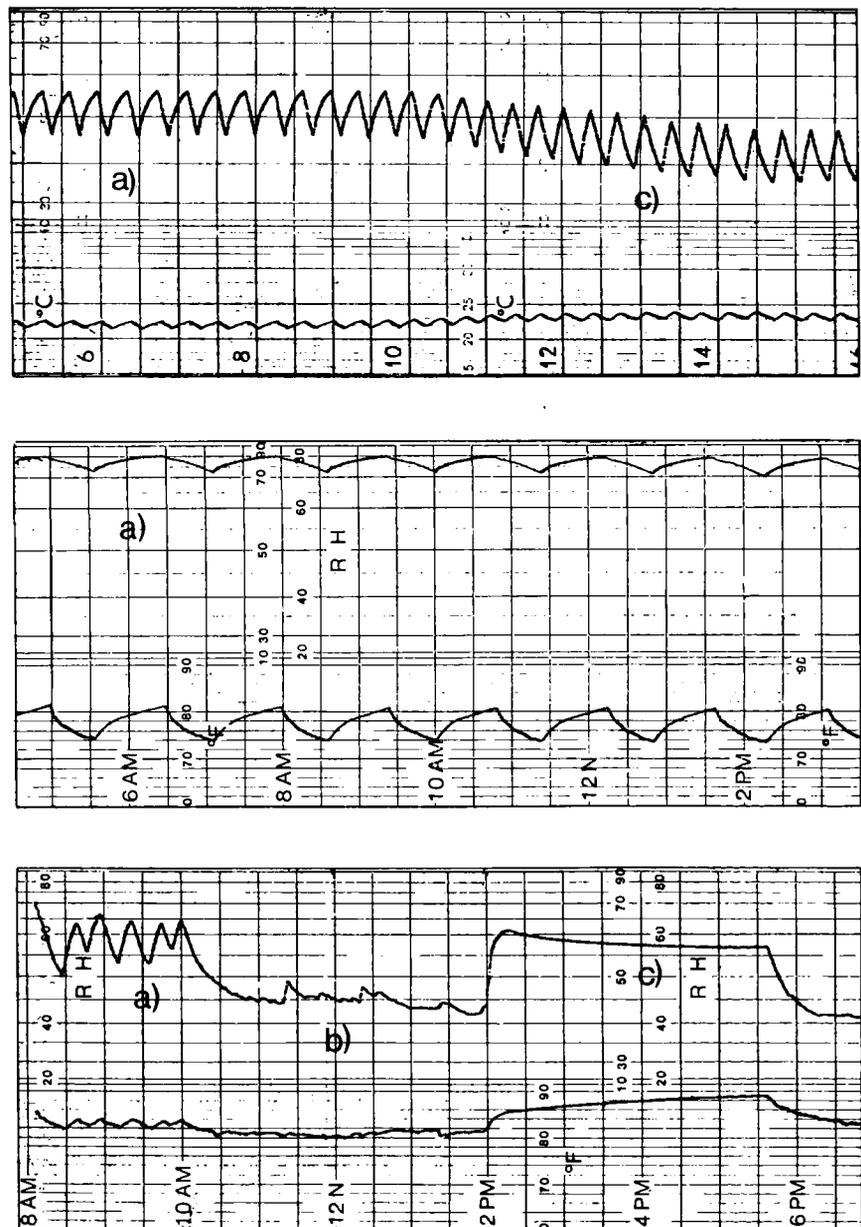


Figure 2. Enregistrements caractéristiques de l'humidité et de la température dans des locaux munis de climatiseurs posés aux fenêtres. a) On constate les élévations et les chutes d'humidité et de température correspondant aux périodes pendant lesquelles les climatiseurs sont commandés par leurs thermostats. b) Lorsque les climatiseurs refroidissent l'air sans interruption, on constate une faible humidité relative relativement constante. c) L'humidité relative moyenne baisse lorsque la température monte, comme on peut s'y attendre avec de l'air humide dans un local clos.

posés aux fenêtres suffisent à créer un environnement propice au bon fonctionnement des instruments, mais les mesures récemment effectuées dans le cadre des projets ont montré que tel n'est pas nécessairement le cas.

Le problème essentiel consiste en ceci que le matériel à haute tension subit des pannes fréquentes en milieu très humide. De plus, la moisissure et la corrosion ouvrent souvent la voie à des fuites de courant et détériorent les contacts, ce qui compromet le bon fonctionnement des instruments.

L'efficacité des systèmes de climatisation des laboratoires pilotes a été examinée et on a enregistré la température et l'humidité de l'air. On a constaté que la plupart des climatiseurs ne fonctionnent que pendant les heures de travail, ce qui entraîne une accumulation d'humidité et une condensation d'eau sur les surfaces froides des instruments pendant le reste de la journée. On a constaté aussi que la climatisation était insuffisante pendant les heures de travail en raison de la mauvaise isolation thermique des locaux et parce que les fenêtres et les portes n'étaient pas suffisamment étanches aux entrées fortuites d'air humide et chaud. On a également eu la grande surprise de découvrir que les climatiseurs posés aux fenêtres ne déshumidifient suffisamment l'air qu'à condition de le refroidir sans interruption. Lorsque le refroidissement est commandé par un thermostat, ce qui est ordinairement le cas, les périodes de décroissance et de croissance de l'humidité relative et de la température coïncident, ce qui peut créer des situations où l'humidité relative est supérieure à celle que peuvent tolérer les instruments. Cet effet est illustré dans la figure 2. Ce n'est pas l'air pénétrant dans le laboratoire par les portes et les fenêtres qui ferment mal qui pourrait entraîner cet effet. Il semble que l'humidité soit introduite dans le laboratoire par les climatiseurs posés aux fenêtres eux-mêmes lorsque, pendant les périodes d'arrêt du refroidissement, l'eau qui s'est auparavant condensée sur les grilles froides s'évapore à nouveau.

Le projet de l'Agence comporte des mesures simples pour réduire l'entrée de chaleur et d'air humide dans les laboratoires. Elles consistent principalement à monter des dispositifs de fermeture automatique des portes et à doubler les fenêtres au moyen de feuilles de plastique transparent. Bien montées, ces feuilles empêchent l'air humide et la poussière de pénétrer dans le laboratoire et réduisent sensiblement l'entrée de chaleur par conduction car la couche d'air entre la vitre et la feuille sert d'isolant. On procède dans les laboratoires pilotes à des essais destinés à déterminer l'efficacité de ces mesures. On envisage aussi de rechercher s'il est possible de réduire les fortes fluctuations de l'humidité en utilisant deux climatiseurs à faible capacité au lieu d'un seul à grande capacité, l'un servant à refroidir l'air sans interruption nuit et jour et l'autre ne fonctionnant que pendant les heures de travail. On doit également faire des recherches sur les économies d'énergie que procurent les mesures envisagées.

La gestion de l'entretien et ses difficultés

On ne s'attendrait guère à rencontrer beaucoup de difficultés à établir et à exécuter un plan d'entretien du laboratoire comportant un calendrier et une description de toutes les opérations de contrôle de la qualité et

d'entretien préventif à exécuter pour assurer l'emploi efficace et approprié de tous les instruments et matériels. Le travail auquel servent les instruments, ainsi que leurs manuels d'entretien, indiquent assez ce qu'il y a à faire. On ne s'attendrait guère non plus à ce qu'un médecin ou un chercheur qui utilise les instruments ait beaucoup de difficulté à faire exécuter les plans en question. Or les enquêtes et les investigations ont montré que ces difficultés se présentent couramment.

On a enseigné et discuté les principes du contrôle de la qualité et de l'entretien préventif dans trois cours de formation, deux séminaires, plusieurs cours de formation locaux et cinq réunions de coordination. Un expert itinérant et le fonctionnaire chargé du projet ont visité presque tous les laboratoires pilotes. Les coordonnateurs nationaux n'ont cessé de s'efforcer de faire adopter des stratégies d'entretien. On a établi des tableaux schématiques, des organigrammes ainsi que des programmes et des protocoles d'entretien et de contrôle de la qualité. Et malgré tout cela, quatre seulement sur quarante laboratoires ont été en mesure de pratiquer des programmes de contrôle de la qualité et d'entretien préventif.

Quel est le pourquoi de cette résistance au contrôle de la qualité et à l'entretien préventif? A l'heure qu'il est on ne possède que les observations et les conclusions préliminaires des réunions régionales du projet. Nombreux sont les utilisateurs d'instruments et les chefs de laboratoire qui ne paraissent pas se rendre compte de l'importance que présentent le contrôle de la qualité et l'entretien préventif pour le bon fonctionnement de leurs laboratoires. Ils ne paraissent pas se rendre compte de l'influence bénéfique que ces opérations peuvent exercer sur leur travail. Du côté de la direction et de l'administration on entend souvent des plaintes sur le manque d'entretien. Et pourtant les administrateurs laissent souvent sans réponse les demandes du personnel d'entretien: crédits, pièces détachées, argent en monnaie locale et étrangère pour pouvoir acheter des pièces de rechange dont on a un besoin urgent, augmentation des effectifs du personnel d'entretien, meilleurs salaires pour les techniciens, plus de coopération avec le personnel d'entretien et davantage de formation, meilleurs outils et ateliers mieux installés, etc.

D'autres circonstances encore font obstacle à la mise en œuvre des programmes de contrôle de la qualité et d'entretien préventif: l'instabilité du personnel due à la «fuite des cerveaux» vers des emplois mieux rémunérés dans des entreprises ou des industries privées; l'insuffisante motivation des opérateurs et techniciens d'entretien qui sont mal payés; le peu de considération qu'on manifeste à l'égard de leur travail et de leur situation; les frustrations qu'engendre chez le personnel d'entretien le défaut de coopération de la part de l'administration; l'insuffisance des aptitudes à l'entretien des instruments les plus compliqués, enfin la pénurie d'outils et de pièces détachées pour l'entretien.

En dépit de toutes ces difficultés, les coordonnateurs nationaux poursuivent leurs efforts pour la mise en œuvre de stratégies d'entretien dans les laboratoires pilotes. Ils insistent auprès de tous les administrateurs, directeurs et fonctionnaires concernés pour qu'ils

accordent le soutien nécessaire aux efforts entrepris pour créer des laboratoires qui marchent bien, pour éviter la perte de gros investissements et mettre fin aux déceptions de tant de gens qui souffrent de la situation actuelle, par exemple les malades qui viennent consulter à l'hôpital et dont la maladie est mal diagnostiquée ou n'est pas diagnostiquée du tout parce que le matériel est défectueux.

Former les formateurs

La formation est le meilleur investissement qu'on puisse faire dans l'entretien et le contrôle de la qualité. Plus il y a de personnes possédant les meilleures connaissances sur l'entretien et le contrôle de la qualité, plus l'importance de l'entretien et du contrôle s'imposera, meilleure sera la qualité du travail et moindres seront les pertes subies sur les sommes investies en laboratoires et en instruments.

L'Agence a toujours été consciente de l'importance de la formation, qui constitue une part importante de son programme de coopération technique [4]. Mais on a besoin de beaucoup plus de formation que l'Agence n'en peut fournir et les Etats Membres n'atteindront jamais l'autosuffisance dans le domaine nucléaire s'ils ne sont pas capables de former leur personnel aux principaux aspects de l'instrumentation nucléaire. La formation à l'étranger coûte très cher. Trois mois de stage de formation pour un étudiant coûtent aussi cher qu'une mission d'expert de six semaines. Or en six semaines un expert peut aider des enseignants locaux à créer des cours sur place pour dix techniciens ou davantage et si nécessaire contribuer lui-même à les faire démarrer. Si l'on ajoute à cela le fait que les frais de nourriture et de logement sont beaucoup moins élevés sur place qu'à l'étranger, on voit que la formation ainsi organisée aurait un bien meilleur rendement. La formation locale aurait encore d'autres avantages. Elle favoriserait le développement des aptitudes et de l'infrastructure locales nécessaires à la formation. Elle ferait de la formation ce qu'elle doit être, à savoir une partie naturelle et intégrante des établissements nucléaires. Elle permettrait de parer à la fuite fréquente du personnel qualifié vers des emplois mieux rémunérés. Enfin elle permettrait d'économiser de l'argent pour la formation de pointe qui ne peut être donnée qu'à l'étranger. De plus, les candidats à cette formation de pointe pourraient être mieux sélectionnés en fonction de leurs aptitudes et de leur disposition à regagner leur établissement d'origine après leurs études à l'étranger.

Afin de promouvoir la formation locale on a tenu en 1981 à Kuala Lumpur (Malaysia) un Séminaire de formation des formateurs dans le cadre du projet RCA sur l'entretien des instruments nucléaires, en coopération avec le projet industriel RCA/PNUD. Vingt participants venus de dix pays différents ont discuté et essayé de multiples procédés de préparation et de tenue de cours de formation destinés aux techniciens d'entretien ainsi qu'aux utilisateurs et opérateurs d'instruments.

En 1981 et 1982 d'anciens participants à ce séminaire ont préparé et donné 14 cours locaux de formation. On a particulièrement mis l'accent sur les travaux pratiques ainsi que sur les essais mécaniques, électriques et électroniques et l'entretien des instruments. Dans deux

des pays participants les cours ont été donnés dans la langue locale. L'expert itinérant du projet interrégional de coopération technique et deux autres experts ont apporté leur concours à dix de ces cours en traitant eux-mêmes les sujets pour lesquels les aptitudes des formateurs locaux n'étaient pas encore suffisantes. Le projet interrégional a également fourni une partie des composants électroniques et du matériel nécessaires pour ces enseignements.

Les programmes, les résultats et les améliorations possibles de ces cours ont fait l'objet de débats lors des réunions annuelles. Un des perfectionnements proposés a été de remplacer par des cours d'une semaine consacrés à un seul sujet les cours de quatre à six semaines sur plusieurs sujets donnés jusqu'à présent. Cette formule générerait moins les activités normales des enseignants et améliorerait la sélection des élèves.

Le Séminaire de formation des formateurs et les cours locaux qui ont suivi ont permis de constater l'existence dans la région d'Asie et du Pacifique de nombreuses aptitudes et d'un grand intérêt pour la formation.

Les projets régionaux pour l'amélioration ou l'introduction de l'entretien des instruments et du contrôle de la qualité dans des laboratoires pilotes d'Asie et du Pacifique ainsi qu'en Amérique latine ont connu un succès partiel. Des progrès sensibles ont été réalisés dans les domaines du conditionnement du courant alternatif et de la climatisation, ainsi que dans celui de la formation sur place de techniciens d'entretien. L'exécution des programmes d'entretien préventif de contrôle de la qualité souffre toujours du peu d'importance qu'on attache à leur valeur. Des projets concernant l'approvisionnement en pièces détachées et l'assouplissement des réglementations administratives sont en cours de préparation. L'association des programmes de recherche coordonnée (qui nécessitent chez le personnel une mentalité qui le porte à se tirer d'affaire par ses propres moyens et qui encourage une émulation amicale grâce aux réunions régionales d'évaluation annuelles) avec un projet interrégional de coopération technique (fournissant l'assistance d'un expert itinérant et du matériel) a donné d'excellents résultats. Tous les participants aux projets sont d'avis que la planification et l'exécution de l'entretien ne pourront vraiment aller de l'avant que lorsque l'administration et la direction des établissements et les gouvernements donneront leur plein appui à ces actions d'une grande importance économique et sociale.

Références

- [1] *Maintenance of nuclear medicine instruments* IAEA-TECDOC-184 (1976).
- [2] P.H. Vuister et B. Hoop *Entretien des instruments nucléaires en Asie du Sud-Est* Bulletin de l'AIEA, Vol. 21, N° 5, p. 48 (1979).
- [3] *Use and maintenance of nuclear medicine instruments in Southeast Asia* IAEA-TECDOC-281 (1983).
- [4] J. Dolnicar *Formation à l'entretien et à la réparation des appareils nucléaires* Bulletin de l'AIEA, Vol. 25, N° 1, p. 8 (1983).