

Radioisotopes et rayonnements pour l'industrie moderne

par S. Machi, H.C. Yuan et Y.G. Sevastyanov*

La technologie des radioisotopes et des rayonnements est indispensable pour la modernisation de l'industrie. L'utilisation de cette technologie permet d'économiser les matières premières et l'énergie, d'améliorer la qualité des produits et la sécurité de fonctionnement des installations et de protéger l'environnement, autant de facteurs qui sont synonymes d'avantages économiques et sociaux tant pour les pays développés que pour les pays en développement.

Lors de la Conférence internationale sur les applications industrielles de la technologie des radioisotopes et des rayonnements, organisée par l'AIEA en France en 1981, on a fait remarquer que l'utilisation croissante de cette technologie au cours des dix dernières années s'expliquait par le développement de nouvelles applications et par la fiabilité accrue des appareils et du matériel. Les ventes annuelles de produits ayant subi un radiotraitement se situent entre 2 et 3 millions de dollars des Etats-Unis. L'activité totale des sources au cobalt 60 installées à des fins industrielles est d'environ 70 MCi et la capacité installée des accélérateurs industriels à faisceaux d'électrons dépasse 14 MW. La

technologie des rayonnements fournit un moyen de traitement exceptionnel qui présente les avantages suivants: aucune influence de la température, possibilités de traitement à faibles températures, supervision aisée, pas de catalyseurs, possibilité de traitement de substrats solides et réactions rapides.

Le tableau 1 contient une liste des principaux produits et procédés industriels de la technologie des rayonnements: ils représentent une large gamme d'applications et d'utilisations dans la vie quotidienne. Dans de nombreux cas, on a constaté que le radiotraitement possède des caractéristiques nettement supérieures, permettant notamment des économies d'énergie, la diminution de la pollution, la simplification des processus et l'uniformité des produits.

Afin de développer de nouvelles applications de la radiochimie et du radiotraitement, l'Agence internationale de l'énergie atomique met en œuvre à l'heure actuelle deux programmes de recherche coordonnée. L'un porte sur l'utilisation de la technologie des rayonnements pour l'immobilisation des espèces bioactives, telles que les enzymes, les anticorps, les antigènes, les cellules de tissus et les médicaments. Grâce au radiotraitement, la biocomposante n'est ni désactivée ni contaminée étant donné que l'immobilisation s'effectue à basse température et sans catalyseur. Les applications poten-

* M. Machi est Chef de la Section des applications industrielles et de la chimie de la Division de la recherche et des laboratoires. M. Yuan et M. Sevastyanov travaillent à la Section des applications industrielles et de la chimie.

Tableau 1. Applications industrielles de la technologie des rayonnements

Produits et procédés	Utilisations	Sources de rayonnement
Réticulation des isolants de fils et de câbles	Fils et câbles thermorésistants	accélérateur
Mousse de polyéthylène	Isolation thermique, rembourage, tapis, vêtements de sport, etc.	accélérateur
Traitement des revêtements	Panneaux de bois, acier, carreaux de faïence, pellicules plastiques, papier, etc.	accélérateur
Tubes et feuilles thermorétrécissables	Isolation électrique, protection des conduites contre la corrosion, emballage de denrées alimentaires	accélérateur
Composé bois/plastique	Sols, meubles, articles de sport, etc.	cobalt 60
Polyéthylène par greffage d'acide acrylique	Laminage de feuilles métalliques	accélérateur
Dégradation du polytétrafluoréthylène (PTFE)	Lubrifiants solides	cobalt 60, accélérateur
Floculant polymère	Traitement des eaux usées	cobalt 60
Synthèse de produits chimiques	Détergents synthétiques, paraffine chlorée, etc.	cobalt 60, accélérateur
Produits très absorbants	Langes à jeter, plaquettes désodorisantes, etc.	accélérateur
Caoutchouc prévulcanisé	Pneumatiques d'automobiles	accélérateur
Conservation des objets historiques	Objets en bois et en pierre	cobalt 60
Stérilisation de fournitures médicales	Aiguilles, seringues, sutures, lames, appareils de dialyse, bandages, etc.	cobalt 60, accélérateur
Irradiation des denrées alimentaires	Pommes de terre, oignons, crevettes, etc.	cobalt 60

tielles de l'immobilisation des espèces bioactives sont nombreuses tant dans les industries chimiques et alimentaires qu'en médecine. Le deuxième programme concerne la création, au moyen de techniques de greffage par rayonnement, de nouveaux matériaux, tels que des membranes de séparation (que l'on utilisera par exemple pour le dessalement) et de matériaux biocompatibles.

Dans le cadre de l'Accord régional de coopération (RCA)*, l'AIEA et le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) mettent en œuvre à l'heure actuelle en Indonésie un vaste projet expérimental sur la technologie des rayonnements, en vue du transfert de technologie aux Etats Membres en développement. Au titre de ce projet, trois techniques sont transférées pour le moment: vulcanisation par irradiation du caoutchouc naturel, traitement par faisceaux d'électrons des revêtements des produits à base de bois et réticulation des isolants de fils électriques. Des installations d'expérimentation à échelle semi-commerciale, utilisant le cobalt 60 pour la vulcanisation du caoutchouc et des accélérateurs de faisceaux d'électrons pour les revêtements, seront mises en service en 1983. Ces installations offriront des services de formation en cours d'emploi et de commercialisation des produits dans 13 Etats Membres parties au RCA. Un autre projet de grande envergure sur les applications des faisceaux d'électrons dans l'industrie, financé par le PNUD, est mis en œuvre à l'heure actuelle en Egypte.

Stérilisation des fournitures médicales

La stérilité est le critère de qualité primordial pour de nombreuses fournitures médicales. Dans une installation de radiostérilisation, les produits enfermés hermétiquement dans des emballages en carton, passent plusieurs fois grâce à un système transporteur devant une source au cobalt 60. Les rayonnements émis par le cobalt 60 traversent le matériau d'emballage, détruisent les pathogènes microbiens dans le produit et le rendent ainsi stérile. Comparée aux techniques classiques, la radiostérilisation présente les avantages suivants: fonctionnement en continu de l'installation d'irradiation avec un entretien et une main d'œuvre réduits, haute fiabilité de fonctionnement, garantie d'un degré élevé de stérilisation, pas d'utilisation de produits chimiques toxiques et possibilité de stérilisation de nombreux articles en matière plastique à usage unique.

A l'heure actuelle, près de 70 installations en exploitation dans toutes les parties du monde offrent sur une base régulière des services étendus d'irradiation. Certaines ont une capacité importante, se situant entre 4 et 6 MCi de cobalt 60. Aussi dispose-t-on partout de fournitures médicales à usage unique de haute qualité, ce qui a permis d'améliorer considérablement la qualité des services de santé.

Depuis 1970, l'AIEA, avec l'assistance du PNUD, a fait progresser l'emploi de la radiostérilisation dans les

Etats Membres en développement, notamment en Egypte, en Hongrie, en Inde, en République de Corée et en Yougoslavie. L'assistance fournie par l'AIEA et le PNUD dans le cadre de ces projets allait au-delà de la simple expérimentation de techniques et de la fourniture de matériel: l'objectif était de créer des services commerciaux d'irradiation et d'en démontrer la rentabilité économique. Les installations implantées dans les cinq pays mentionnés ci-dessus ont toutes été conçues pour recevoir une source au cobalt 60 d'un mégacurie. Récemment, la République islamique d'Iran a également bénéficié de l'assistance de l'AIEA et du PNUD en vue de réaliser de façon similaire un projet de radiostérilisation. Au titre du programme ordinaire de coopération technique, l'Agence a aidé le Bangladesh, le Ghana, les Philippines et le Portugal pour la création d'installations d'irradiation pilotes pour la radiostérilisation. Dans le cadre du RCA, trois cours de formation sur la radiostérilisation seront organisés en Inde et en République de Corée en 1983, 1984 et 1985.

La participation de l'Agence à ces projets de radiostérilisation a entraîné des avantages tant techniques qu'économiques. On peut citer notamment: le transfert de connaissances techniques pour la construction et l'exploitation des installations, l'amélioration de l'efficacité de l'irradiation et de l'uniformité des doses pour les irradiateurs au cobalt 60 d'une capacité de l'ordre du mégacurie et la fabrication de fournitures médicales stérilisées à usage unique par les industriels locaux qui ont été encouragés à utiliser des services de radiotraitement et à diversifier leurs produits ou leurs exportations.

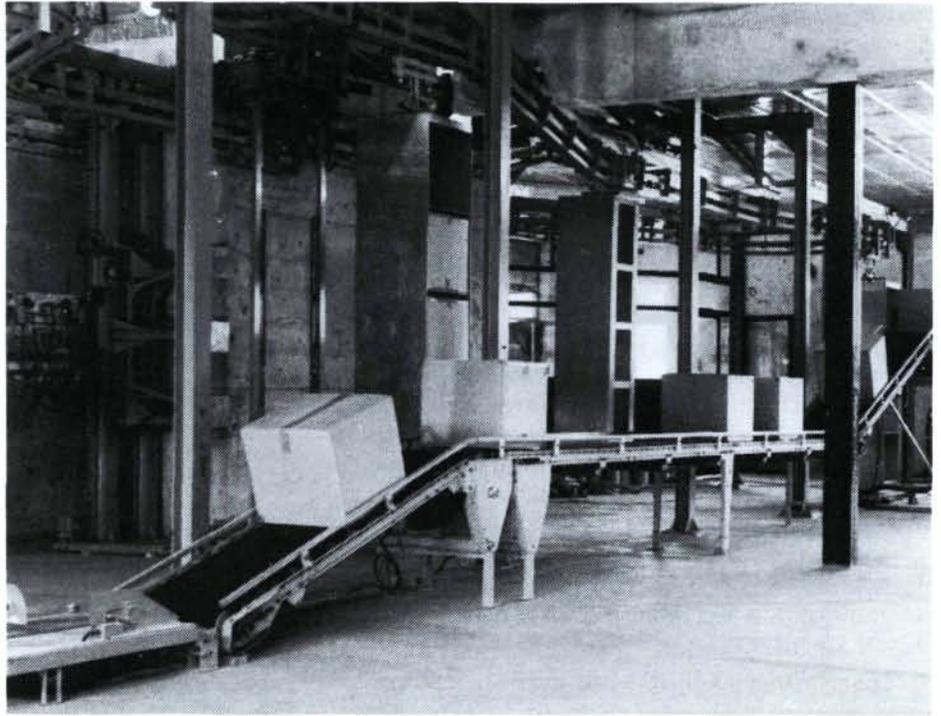
Essais non destructifs par radiographie

De plus en plus, les industriels se préoccupent d'améliorer la fiabilité et la sécurité des machines et des systèmes, ce qui permet d'éviter des accidents graves ou des pannes dans les chaînes de production. La radiographie au moyen de l'iridium 192, du césium 137, du cobalt 60 ou d'autres isotopes a été largement utilisée pour contrôler la qualité des soudures et des moulages de pièces mécaniques, de pipelines et de composants de chaudières. L'importance de la radiographie industrielle a été pleinement démontrée dans d'importants projets de construction de centrales nucléaires et de centrales à combustibles fossiles, de raffineries de pétrole, d'usines pétrochimiques et de pipelines de transport de gaz naturel et de produits pétroliers.

Au début des années 70, l'AIEA a mis en œuvre en Argentine un projet de grande ampleur du PNUD sur les essais non destructifs dans le but de former la main d'œuvre nécessaire pour l'industrie lourde et les projets nucléo-énergétiques. Ce projet a été récemment associé à un projet régional pour l'Amérique latine destiné à assurer la formation de spécialistes de l'assurance de la qualité dans les pays d'Amérique latine. En fournissant des équipements, des experts et des bourses, l'AIEA a aidé l'Egypte, l'Equateur, la Malaisie, le Pakistan, Singapour, Sri Lanka et la Tunisie à utiliser la radiographie industrielle pour la construction d'usines et de pipelines. Dans le cadre du RCA avec l'assistance du PNUD, trois cours de formation en matière de contrôle par radiographie et ultrasons seront organisés d'ici à 1987.

* Treize pays de la région Asie et Pacifique sont parties à l'Accord régional de coopération sur la recherche, le développement et la formation dans le domaine de la science et de la technologie nucléaires.

Installation de radiostérilisation de fournitures médicales à l'aide d'une source au cobalt 60 construite en Yougoslavie avec l'assistance de l'AIEA et du PNUD. La protection et le transporteur sont conçus pour une charge maximale de 1 M Ci de cobalt 60.



Etudes sur l'usure et la corrosion

Les industriels pourraient augmenter considérablement le rendement de leurs activités s'ils pouvaient diminuer la corrosion du matériel de traitement et l'usure des pompes et des compresseurs. Les matériaux destinés à la construction doivent être essayés avant la sélection définitive et l'usure ou la corrosion des composants critiques doivent être contrôlés pendant le fonctionnement. La mise au point du procédé de contrôle par activation d'une couche mince a permis de résoudre ces problèmes.

Le matériau faisant l'objet de l'essai est activé en surface au moyen de particules de quelques microcuries de radioactivité sur une profondeur comprise entre 25 et 300 μm et une superficie de 1 cm^2 . Le niveau d'activité est très faible et ne perturbe pas le fonctionnement des installations, ce qui permet donc de placer les composants irradiés dans les installations, dans les conditions normales de fonctionnement. En contrôlant les variations des niveaux de radioactivité, on peut observer, lors d'essais sur place, le taux d'usure ou de corrosion. Dans le cadre de programmes de recherche coordonnée de l'AIEA, des études portant sur l'usure de moteurs et de machines-outils, réalisées en Hongrie et en Yougoslavie, ont donné de bons résultats.

Contrôles en cours de fonctionnement

Il est possible, à l'aide de jauges nucléaires, de mesurer les paramètres de fabrication ou de contrôler les spécifications de produits en cours de fonctionnement des installations. Ces opérations de contrôle permettent de mesurer les niveaux des liquides ou des solides en stock, la densité des fluides et des boues, l'épaisseur des matériaux en feuille et l'humidité. Les applications sont

nombreuses, qu'il s'agisse de vérifier la densité et l'humidité du béton et des sols sur un chantier de travaux publics ou l'épaisseur du papier, de pellicules plastiques et de feuilles métalliques produits à très grande vitesse dans des usines entièrement automatisées. Dans ce dernier cas, il est possible de mesurer et de contrôler de façon précise l'épaisseur sans contact physique avec les matériaux, qu'ils soient chauds, humides, mous ou plastiques. L'évolution de la technique des microprocesseurs a radicalement modifié la conception de ce type de jauge.

Dans le cadre du RCA, l'AIEA parraine à l'heure actuelle la mise en œuvre en Inde et en Thaïlande d'un vaste projet expérimental, financé par le PNUD, sur le transfert de la technologie des systèmes de contrôle nucléaire utilisés dans l'industrie du papier et dans la sidérurgie. Ce projet est surtout axé sur la formation de personnel, sur l'expérimentation de ces techniques et sur leurs avantages. La première année d'exploitation de l'usine d'expérimentation de la Siam Kraft Paper Company a montré que le système de contrôle nucléaire peut être rentabilisé en moins d'un an, principalement en raison des économies de matières premières et d'énergie qu'il permet de réaliser.

Technique des traceurs dans l'industrie

Dans l'industrie, on utilise les traceurs pour étudier le transport des matières dans les systèmes de traitement lorsque les flux et les phénomènes de mélange sont d'un très grand intérêt pour la conception et l'exploitation. Le fait que l'industrie ait adopté cette technique pour l'exploitation des installations montre clairement les avantages qu'elle peut offrir tant au stade de la mise en

Applications de la technologie nucléaire autres que l'énergie

service d'une installation que pour l'amélioration du fonctionnement des équipements. Dans l'usine de craquage (d'une capacité de 500 000 t/an) de Wilton au Royaume-Uni, les radioisotopes ont contribué considérablement à la réussite du programme de mise en service. Dans le cadre du RCA, l'AIEA et le PNUD organiseront entre 1984 et 1986, en Inde et à Singapour, trois cours de formation et trois ateliers d'expérimentation sur la technique des traceurs.

Prospection et extraction des minéraux

L'exploitation minière est l'une des activités fondamentales de l'homme au même titre que l'agriculture, la pêche, la chasse et l'exploitation forestière, mais c'est la seule que l'on ne pourra pas poursuivre indéfiniment. En effet, les ressources minérales ne sont pas inépuisables et certaines d'entre elles sont déjà épuisées. Il est donc vital de tenter dès maintenant de découvrir de nouveaux gisements, et d'extraire et de traiter les minéraux importants aussi efficacement que possible. Les techniques nucléaires jouent un grand rôle dans la prospection et la mise en valeur des ressources minérales.

Les industries pétrolière et charbonnière ont rapidement adopté les techniques nucléaires qui permettent d'augmenter l'efficacité et de réduire les coûts, que ce soit au stade du forage, de la production ou du raffinage; ces industries sont certainement à l'heure actuelle parmi les plus grands utilisateurs des méthodes fondées sur les radioisotopes. Dans le cas spécial de l'uranium, on commence à employer régulièrement de nouvelles techniques de carottage qui permettent de mesurer directement l'uranium. Les techniques nucléaires sont de plus en plus utilisées pour la prospection et la mise en valeur de ressources minérales plus traditionnelles telles que l'aluminium, la bauxite, le cuivre, le cobalt, le nickel, le plomb, le zinc, le fer et le manganèse, etc.

Le transfert de ces techniques à des Etats Membres en développement qui n'ont pas encore prospecté entièrement leurs ressources est une tâche importante de l'AIEA. L'Agence a organisé avec succès un cours de formation régional sur l'utilisation des techniques nucléaires dans l'industrie minière en Australie, en 1980, et un séminaire international sur le même sujet au Canada, en 1982, en vue de la formation d'une main d'oeuvre qualifiée dans ce domaine. Grâce à ses programmes de recherche coordonnée, l'AIEA contribue à la mise au point de nouvelles techniques nucléaires pour la prospection, l'exploitation et le traitement des minéraux. Par

exemple, une nouvelle technique fondée sur la fluorescence X provoquée par des radioisotopes a été mise au point pour mesurer en cours d'opération la concentration de zinc dans les boues contenant du minerai de zinc. Dans le cadre du RCA, les techniques nucléaires mises au point en Australie pour mesurer la concentration de cuivre dans les gisements seront transférées aux Philippines et dans d'autres pays d'Asie, au titre d'un projet AIEA/PNUD.

Avantages économiques

Lors d'une conférence de l'AIEA tenue en 1981, on a souligné les avantages économiques importants qu'offrent les systèmes de contrôle nucléaire et la technique des traceurs utilisés dans l'industrie (tableau 2), en raison principalement des économies de matières premières, d'énergie et de main d'oeuvre.

Tableau 2. Rapport coût-avantage de l'utilisation de systèmes de contrôle nucléaire et de la technique des traceurs

Applications	Rapport coût-avantage
Contrôle de l'épaisseur et de l'humidité du papier	1-9
Contrôle du zingage	1-30
Contrôle de la teneur en soufre du pétrole dans des installations de désulfurisation	1-10
Détection par radiotraceurs des fuites des systèmes de chauffage central d'appartement	1-7

Pendant cette même conférence, plusieurs participants représentant le secteur industriel ont présenté des études de cas sur les aspects économiques du radio-traitement. On a établi par exemple que pour la réticulation par irradiation du matériau isolant d'un câble de 6,6 kV au moyen d'accélérateurs d'électrons, le coût total du traitement est inférieur à celui du traitement chimique pour un rythme de production élevé (600 km/mois), mais est pratiquement le même pour un rythme de production inférieur (300 km/mois). Il s'agit d'une règle générale si l'on compare les coûts afférents aux deux méthodes étant donné que, dans le cas des installations d'irradiation, les investissements sont plus importants, mais les dépenses au titre des matières premières et de l'énergie sont plus faibles.