

LES RADIOISOTOPES ET LEUR INTERET DANS L'INDUSTRIE

C'est par l'emploi des radioisotopes dans l'industrie que l'énergie atomique peut contribuer le plus rapidement à l'économie d'un pays. Dans la recherche, les radioisotopes peuvent fournir des renseignements inédits sur la nature des réactions chimiques et ils permettent d'obtenir plus rapidement et à bon compte des indications plus précises que celles que l'on obtient par d'autres méthodes. Dans l'industrie manufacturière, on les emploie pour contrôler et régler de nombreux procédés, assurant ainsi une meilleure qualité du produit ou une meilleure utilisation des matières premières. Les radioisotopes permettent en outre un contrôle non destructif du produit fini et garantissent ainsi la bonne qualité des marchandises mises sur le marché.

Toutes ces méthodes sont fréquemment décrites dans des publications scientifiques et techniques et maintes organisations nationales et internationales encouragent leurs applications. Il semble, toutefois, que l'industrie hésite parfois quelque peu à utiliser ces méthodes.

L'Agence internationale de l'énergie atomique s'est efforcée, dès sa création, d'encourager l'utilisation des radioisotopes dans l'industrie. Elle a notamment organisé des conférences scientifiques sur divers aspects du problème et elle a fait un choix de renseignements de caractère général et les a diffusés dans ses publications.

L'attitude de l'industrie devant une innovation est toujours la même dans le monde entier : le nouveau procédé est-il rentable ? Aussi l'Agence a-t-elle décidé de rassembler une documentation sur les avantages économiques que l'industrie peut tirer des radioisotopes, avantages qui se résument en "économies". Elle a entrepris une enquête internationale sur ce sujet tout en recueillant des renseignements sur les applications actuelles des radioéléments.

En avril 1962, l'Agence a invité certains Etats Membres à participer à cette enquête ; pour obtenir des renseignements détaillés, les gouvernements se sont adressés à des entreprises industrielles dans les domaines de la prospection, de l'extraction et de la transformation. Les techniques radioisotopiques ont été classées sous les rubriques suivantes : mesures faites au moyen des radioisotopes, gammagraphie, ionisation, radioindicateurs, irradiation industrielle et applications diverses. L'Agence vient de recevoir les rapports des pays participants et elle prépare une étude très complète sur l'utilisation et

les avantages économiques des radioisotopes. L'Agence a réuni un groupe d'étude à Vienne, du 16 au 20 mars 1964, afin d'examiner le contenu des différents rapports et de déterminer les meilleurs moyens d'interpréter et de présenter les renseignements reçus. Environ 60 participants envoyés par des Etats Membres et des institutions internationales ont étudié les rapports, les progrès récents accomplis dans le domaine des applications des radioisotopes et les moyens d'encourager encore l'utilisation des radioisotopes dans l'industrie.

L'enquête a été très soigneusement préparée, car il existait fort peu de précédents sur lesquels se fonder pour mener à bien un travail de cette ampleur. Bien que l'étude ait essentiellement pour objet de déterminer les avantages économiques des procédés en question, elle a nécessairement dû commencer par une étude des aspects techniques de ces procédés.

Méthode d'enquête

L'évaluation par chaque pays des économies réalisées grâce à l'utilisation des radioisotopes dans l'industrie se fondait récemment encore sur des hypothèses et des méthodes très différentes. Dans un même pays, les résultats des différentes estimations variaient parfois dans une proportion de 1 à 10. Il a fallu veiller à ce que toutes les estimations soient faites sur les mêmes bases, afin de permettre des comparaisons valables. C'est ainsi, par exemple, que l'enquête ne tient compte que d'un nombre limité d'établissements industriels capables de calculer avec une précision suffisante les économies qu'ils ont réalisées ; on s'est efforcé cependant d'interroger le plus grand nombre possible d'entreprises.

Il a fallu en outre adopter une définition assez rigoureuse du mot "économies" aux fins de cette étude. Il a été convenu que ce terme exprimerait la différence mesurable de prix de revient entre la méthode utilisée avant l'emploi des radioisotopes et la nouvelle méthode radioisotopique. Dans ce cadre, on distingue les "économies directes" réalisées sur les matières premières, les déchets de fabrication, la main-d'oeuvre, etc., et les "économies indirectes", c'est-à-dire un meilleur contrôle de la fabrication, l'élimination des arrêts de fabrication, etc. En outre, des questions ont été posées pour permettre de calculer les "économies possibles" que réaliseraient les industries d'une catégorie donnée si toutes les entreprises de cette catégorie utilisaient les techniques radioisotopiques dans la même mesure que celles qui ont servi de base à l'étude. Enfin, les "économies à

l'avantage du consommateur" et les "économies invisibles" n'ont pas été retenues dans le questionnaire.

Les organismes nationaux se sont efforcés de traiter tout le domaine des applications industrielles, afin de pouvoir présenter une sorte de bilan national. Ils ont également effectué quelques enquêtes approfondies et ont cité un certain nombre de cas particuliers d'applications courantes. Ces éléments permettent une analyse plus détaillée des données, car ils procurent aux organismes nationaux des renseignements de première main sur des questions telles que la précision des jauges nucléaires par rapport à celle d'autres appareils de mesure, l'expérience acquise en matière de radiographie et de gammagraphie industrielles, etc. Certaines de ces conclusions présentent un très grand intérêt car elles montrent quels sont les effets des nouvelles techniques dans les industries considérées.

La réaction des entreprises industrielles a été dans l'ensemble excellente mais si l'on a obtenu nombre d'indications détaillées et intéressantes sur les aspects techniques, relativement peu de renseignements économiques ont été communiqués.

A la réunion du groupe d'étude, M. Rudoe (Royaume-Uni) a attribué cette lacune à l'absence dans une organisation industrielle normale d'un service centralisant ce genre de données. Les techniciens, a-t-il ajouté, ne sont pas assez au courant des problèmes économiques et financiers de l'entreprise et les économistes connaissent mal les problèmes techniques. Cependant, tous les pays qui ont fourni des chiffres soulignent que leurs évaluations sont prudentes, car elles portent surtout sur les avantages directement mesurables et ne tiennent pratiquement pas compte des avantages indirects dont l'évaluation est difficile.

Dans son rapport, le Canada observe qu'il est malaisé d'évaluer les économies réalisées, car une telle estimation dépend des méthodes de comptabilité utilisées dans les diverses sociétés et entreprises industrielles. Les chiffres indiqués, est-il précisé, sont incomplets et peuvent sans crainte être au moins doublés. A part le fait que les méthodes comptables permettent difficilement de chiffrer les économies réalisées, nombreux sont les cas où les économies elles-mêmes ne sont pas évidentes, par exemple en ce qui concerne les éliminateurs de charge électrostatique qui, dans certaines conditions atmosphériques fréquentes au Canada, doivent être installés si l'on veut que la production ne soit pas pratiquement arrêtée.

Bien qu'il ressorte de l'enquête que les économies de trésorerie résultant directement de l'emploi des radioisotopes dans l'industrie sont très appréciables, plus appréciables encore sont les autres

avantages, telle l'amélioration de la qualité des produits.

Le rapport définitif de l'Agence sera publié dans quelques mois et donnera les résultats d'ensemble de l'enquête. En attendant, il n'est pas inutile de relever les points marquants des rapports communiqués par les gouvernements.

Quelques exemples

Les jauges représentent l'application actuellement la plus courante des radioisotopes dans l'industrie. On les utilise pour déterminer l'épaisseur des produits en feuilles, des revêtements plastiques ou abrasifs ou de l'étamage des tôles d'acier, la densité des matières ayant une épaisseur constante telle que les liquides ou les boues dans un oléoduc, le tabac dans les cigarettes, le niveau des solides ou des fluides dans les récipients, cuves ou réservoirs, la composition, par éléments, de certaines matières et la densité de matières en masse telles que le ciment, les sols ou les roches en strates.

Les jauges fonctionnent habituellement en continu ou en semi-continu. Pour les produits industriels en feuilles, tels le papier, les matières plastiques ou les tôles métalliques, elles remplacent le jaugeage par contact ou le prélèvement périodique d'échantillons. Le jaugeage par contact n'est d'ailleurs pas possible dans le cas de certains produits tels que le papier encore humide ou les tôles de métal agitées de fortes vibrations.

Les mesures faites au moyen des radioisotopes permettent de contrôler les opérations d'une façon plus précise, avec marges de tolérance plus faibles et souvent à moindres frais qu'antérieurement. Ainsi, pour une production donnée, la quantité de matières premières nécessaire est moindre. On évite les interruptions dans la production provoquées par le prélèvement d'échantillons et la mesure par radioisotope avertit immédiatement de tout dépassement de la tolérance maximum, réduisant ainsi les rebuts. Lorsque la production est fréquemment modifiée pour se conformer à de nouvelles spécifications, par exemple dans l'industrie du papier, les jauges radioisotopiques permettent d'adapter plus rapidement et avec plus de précision la machine aux besoins nouveaux.

Les jauges radioisotopiques de niveau exigent habituellement moins de surveillance, ce qui représente une économie de main-d'oeuvre. Certains procédés, en particulier dans l'industrie chimique, ne seraient pas utilisables sans l'emploi de ces jauges. Elles contribuent également à la sécurité en assurant la stabilité des niveaux dans les réservoirs.

L'un des avantages les plus appréciables de l'emploi des radioisotopes est l'amélioration de la qualité du produit dans de nombreux cas. Certains

fabricants de cigarettes se sont rendu compte que l'emploi des jauges de densité permettait de réduire la quantité de tabac utilisé, car les cigarettes étaient d'une qualité plus uniforme. Cependant, ils ont décidé de ne pas utiliser les jauges car ils préfèrent faire profiter le consommateur d'une qualité supérieure.

Le prix des jauges est souvent amorti en quelques mois. La Pologne indique dans son rapport qu'une entreprise chimique a installé des jauges de niveau dans les séparateurs d'ammoniaque et les a amorties en quatre mois et qu'une usine métallurgique a amorti en trois mois les jauges d'épaisseur installées sur des laminoirs à froid. Au Royaume-Uni, une fabrique de papier utilise quatre jauges de poids dont chacune utilise 25 millicuries de thallium-204. L'investissement total a été de 10 750 livres et les frais de fonctionnement sont très peu élevés. Lorsque le grammage est modifié sur la machine, la valve contrôlant le débit de la pâte doit être réglée à nouveau; c'était habituellement le conducteur de la machine qui faisait ce réglage au jugé. Or, son jugement était parfois en défaut et il fallait prélever des échantillons et peser plusieurs fois avant d'obtenir le grammage correct. Une opération d'échantillonnage, de pesage, de découpage, prend quelque cinq minutes, temps pendant lequel on peut produire cinq quintaux de papier environ qu'il faudrait peut-être mettre au rebut. Le changement de grammage sur deux machines causerait une perte de production d'au moins 25 000 livres par an, perte qui a été évitée grâce aux radioisotopes. D'autres économies difficiles à calculer résultent du maintien du grammage correct grâce à la possibilité de détecter immédiatement toute variation. On limite ainsi la quantité de papier de rebut; l'économie est de l'ordre de 35 000 livres par an. Au total, 60 000 livres sont économisées chaque année, si bien que les jauges ont été amorties en deux mois.

Une entreprise britannique de produits chimiques a utilisé une jauge de niveau pour déterminer les profils des liquides dans des tours d'absorption en fonctionnement et localiser les points d'engorgement. Les ingénieurs chimistes ont pu alors modifier les tours pour augmenter leur débit. L'entreprise a pu ainsi éviter non seulement de construire deux nouvelles tours, ce qui aurait représenté un investissement d'environ 100 000 livres sterling pour chacune, mais elle a pu augmenter la quantité de matières traitées six mois plus tôt que ce n'eût été le cas en construisant une nouvelle installation, ce qui a représenté un gain d'environ 50 000 livres sterling. Ainsi, une seule jauge lui a permis d'économiser 250 000 livres sterling. La même usine utilise diverses jauges de densité ou de niveau qui lui permettent de réaliser des économies que l'on estime au total à 300 000 livres sterling, pour un investissement de 5 000 livres sterling par an.

Dans l'industrie du verre, une entreprise britannique qui fabrique des récipients en verre moulé utilise des jauges de niveau pour contrôler l'alimentation du four en matières premières. La jauge commande un système de contrôle automatique qui assure un niveau constant dans le four. Bien que la jauge opère à travers quelque 60 cm de brique et de matériau réfractaire, la tolérance est généralement inférieure à 0,80 mm. On peut ainsi contrôler plus rigoureusement la température de la pâte de verre, et le poids de verre fourni à la machine à mouler est constant, ce qui assure une plus grande uniformité de fabrication. Le principal avantage est qu'il n'y a pas d'interruption ou de perturbation des opérations d'alimentation; la plupart des autres méthodes nécessitent un sondage par un moyen quelconque. L'investissement total est de 2 655 livres sterling, le coût annuel est de 200 livres sterling et les économies sont évaluées à 190 000 livres sterling par an.

Aux Etats-Unis, une usine de potasse a utilisé des jauges à radioisotopes pour mesurer la densité des solutions salines; elle a réalisé une économie annuelle de main-d'oeuvre de 25 000 dollars, une économie de matières premières de 20 000 dollars et obtenu une augmentation de 10 % de la productivité, soit 25 000 dollars. La jauge coûte moins de 900 dollars par an.

Ionisation

Les effets des rayonnements des radioisotopes sur les gaz sont utilisés dans toute une série de procédés industriels qui ont été sommairement décrits par M. C. G. Clayton (Royaume-Uni). Il a noté l'utilisation croissante des détecteurs radioisotopiques de fumée, dont l'usage a été approuvé par les comités d'assurance contre l'incendie d'un grand nombre de pays. La chromatographie en phase gazeuse est utilisée dans un grand nombre d'industries; la chromatographie sur colonne avec détection par chambre d'ionisation est utilisée pour les contrôles de fabrication. On peut s'attendre à une extension considérable de ces applications mais, pour le moment, les éliminateurs de charge électrostatique sont les appareils les plus utilisés par l'industrie.

La Belgique a cité le cas d'une importante imprimerie qui publie une revue mensuelle d'environ 60 pages, dont certaines en quatre couleurs. L'accumulation d'électricité statique sur le papier provoquait une déviation des feuilles particulièrement sensible à l'entrée des cylindres "couleur" et dans la plieuse. Des pertes considérables ont été enregistrées allant jusqu'à 30 % du tirage pour mauvais repérage ou pliage défectueux. Un éliminateur à source radioactive a ramené ce taux à un chiffre normal de 3 ou 4 %.

Un fabricant britannique de fils d'acétate de cellulose et de matières plastiques a installé un détec-

teur à radioisotope dans un appareil de chromatographie en phase gazeuse, pour la récupération des solvants. Le bon fonctionnement de ce procédé suppose un juste équilibre entre le potentiel de récupération du solvant, la consommation thermique et le taux du remplacement du carbone - charbon de bois activé sur lequel les solvants ont été adsorbés. L'emploi des radioisotopes a permis d'épargner 50 000 livres sterling par an dans une usine de récupération pour un coût annuel de fonctionnement de 250 000 livres sterling environ. L'investissement total de 7 000 livres sterling dans les appareils à radioéléments représente 56 détecteurs d'incendie et de fumées pour une dépense d'exploitation d'environ 100 livres sterling par an.

Irradiation industrielle

La stérilisation de fournitures médicales est la plus importante application de ce procédé qui, selon M. P. Lévêque (France), est appelé à se généraliser. Les nouvelles méthodes de stérilisation sous rayonnement ont bouleversé les conceptions établies en matière de préparation; elles ont contribué, par exemple, à l'utilisation d'emballages de dimensions réduites. La stérilisation des produits déjà emballés a profondément modifié les méthodes de fabrication; tel est le cas de la seringue en matière plastique que l'on jette après usage. Une étroite coopération est donc devenue indispensable entre le fabricant et le spécialiste de l'irradiation.

De nombreuses applications de l'irradiation ont été proposées, a ajouté M. Lévêque, mais les utilisations dans l'industrie ont jusqu'à présent été limitées. Huit entreprises industrielles dans le monde emploient ce procédé; cinq d'entre elles utilisent des accélérateurs, et trois les rayons gamma du cobalt-60. Ces applications se font cependant à grande échelle; elles sont notamment utilisées dans la production de polyéthylène et de bromure d'éthyle, la stérilisation des poils de chèvres utilisés pour la fabrication des tapis et la stérilisation des fournitures médicales.

Bien que l'irradiation ait contribué à la mise au point de nouveaux procédés chimiques, les chimistes ont rapidement trouvé les moyens de fabriquer des produits de qualité équivalente d'un prix de revient beaucoup moins élevé par des méthodes purement chimiques. La possibilité de conserver les denrées alimentaires en les soumettant aux rayonnements est étudiée avec intérêt, a ajouté M. Lévêque, et l'on peut escompter des résultats concrets à brève échéance.

Gammagraphie

Il est difficile d'établir des comparaisons directes entre la gammagraphie, utilisant des sources radioactives, et les autres moyens tels les rayons X et les ultrasons. Les diverses méthodes ont toutes

leurs avantages et on peut dans une large mesure considérer qu'elles se complètent plutôt qu'elles ne se concurrencent. La gammagraphie, cependant, est la seule méthode applicable lorsque le contrôle doit être effectué à des endroits inaccessibles à toute autre forme de matériel, par exemple dans une canalisation étroite.

Pour la plupart des matières et dans la plupart des entreprises, les appareils à rayons X sont préférables aux sources radioactives. Lorsqu'il s'agit de matières très épaisses, cependant, les appareils classiques ont un pouvoir de pénétration insuffisant et, dans ce cas, le cobalt-60 peut être avantageusement utilisé à cause de son faible coût. Lorsqu'on ne pratique que quelques radiographies par an, le fait que les rayons gamma exigent habituellement de plus longs temps de pose ne présente plus guère d'importance et l'emploi de poses panoramiques devient alors moins onéreux qu'avec les rayons X en partie à cause du moindre investissement initial. Maintes petites fonderies préfèrent vérifier la qualité de leur production quotidienne par des expositions nocturnes à ces rayons.

Un industriel britannique qui fabrique des cuves étanches utilise d'une manière continue 18 sources de cobalt-60 de 0,3 à 3,2 curies. Les cuves doivent supporter des températures et des pressions très élevées et les radioisotopes sont utilisés à deux fins principales: premièrement, vérifier la qualité des pièces moulées et obtenir des indications afin d'améliorer éventuellement le procédé pour éviter les défauts; deuxièmement, s'assurer que les pièces de fonderie répondent à des normes suffisantes pour passer directement à l'usine sans provoquer d'interruptions quels que soient les vérifications et les contrôles qui y sont effectués.

Des économies sont réalisées sur plusieurs plans:

Aucune pièce de fonderie n'est défectueuse, ce qui représente un gain de temps et réduit le gaspillage de matières de fonderie;

Plus de temps perdu à la fabrication de pièces défectueuses;

Des défauts mineurs peuvent être corrigés à chaud, etc.;

Gain de temps-machine en évitant la fabrication de pièces défectueuses;

Le plan de production peut être établi sur la base de quantités égales en fin et en début d'opérations, d'où meilleur rendement de la production;

Plus de réclamation de la part des clients ni de remplacements de pièces défectueuses.

L'investissement total est de 52 000 livres sterling et les frais d'exploitation de 6 000 livres sterling par an, tandis que l'économie annuelle est estimée à 500 000 livres sterling.

Dans bon nombre d'entreprises, cependant, les calculs des économies directes sont considérés comme n'ayant guère d'importance. Les avantages recherchés sont l'augmentation de la qualité du produit, dans l'intérêt du client.

Traceurs

Le champ d'application en est très vaste, car il existe une grande diversité de méthodes utilisées et aussi d'applications spécifiques. Les traceurs sont utilisés pour de nombreux travaux de recherche qui présentent de l'intérêt pour l'industrie, par exemple l'étude des réactions chimiques et les études d'usure. Ils jouent désormais un rôle important dans le contrôle des procédés par des méthodes telles que les mesures de débit, la recherche de l'usure des revêtements de fours, la localisation rapide des bouchages ou des fuites dans les conduites et le contrôle des processus de mélange. Les produits industriels peuvent également être "marqués" pour les identifier et déterminer leur âge. Les isotopes ont aussi prouvé leur utilité en hydrologie, ainsi que dans l'étude de la pollution de l'air et des eaux et des mouvements des sables ou des vases dans les fleuves et les estuaires.

La forme particulière de marquage connue sous le nom d'analyse par activation est une méthode extrêmement précise qui laisse prévoir l'analyse régulière non destructive d'un produit, effectuée uniquement à l'aide des rayonnements en l'absence de tout traitement chimique. Si cet objectif est atteint, on pourra procéder à des analyses constantes et rapides en cours d'opérations sans perturbations de la production, ce qui permettra d'exercer un contrôle beaucoup plus rigoureux sur toutes les phases de la production. Une entreprise américaine qui fabrique des semi-conducteurs a relevé des traces d'impureté par cette méthode et a pu éliminer plusieurs phases de fabrication. L'économie en temps et en matériel a été estimée à 150 000 dollars par an.

Une société de raffinage française a installé un banc d'essai de radioisotopes pour des études d'usure sur des pièces de moteurs d'automobiles. Pour un investissement de 50 000 francs, l'économie atteint 60 000 francs par an. En outre, des résultats ont été obtenus en un mois alors qu'il eût fallu plus d'une année en employant d'autres méthodes. Une étude préliminaire a été effectuée pour un brise-lames dans un port français; on s'est aperçu que la longueur pouvait en être réduite de 200 mètres, ce qui représente une économie de 8 millions de francs à la construc-

tion. Ce résultat a été obtenu en partie grâce à des études de maquette et en partie grâce à des recherches hydrologiques à l'aide de radioisotopes.

Perspectives d'avenir

Plusieurs autres applications des radioisotopes sont en cours d'étude dans des domaines spécialisés; par exemple, on s'intéresse aux batteries nucléaires destinées à fournir de l'énergie aux satellites spatiaux et aux stations météorologiques. Des sources luminescentes en radioisotopes peuvent également être très utiles pour la signalisation ferroviaire. Pour le moment, ces méthodes ne présentent probablement pas un grand intérêt du point de vue industriel.

Se tournant vers l'avenir, M. E. E. Fowler (Etats-Unis) a estimé que les applications des méthodes déjà connues ne cesseraient de se développer dans l'industrie, grâce à l'amélioration constante des techniques et à la plus grande diversité et à la meilleure qualité des produits radioactifs d'ores et déjà disponibles.

Il ne faut pas s'attendre pour les dix prochaines années à voir se développer dans de vastes proportions l'utilisation de la gammagraphie, car il ne semble pas que de nouveaux marchés doivent s'ouvrir ni qu'on assiste à de grandes innovations technologiques. L'utilisation des jauges semble avoir presque atteint son point de saturation, encore que l'on puisse envisager le développement de certaines utilisations et améliorer la pénétration des jauges. Les traceurs ont les meilleures possibilités de développement; on pourrait les utiliser souvent dans l'industrie et les techniques rapides d'analyses en cours d'élaboration pourraient trouver de nombreuses applications.

Le rôle économique des radioisotopes continuera de se développer au rythme actuel à moins que des modifications techniques de première importance ne se produisent. Le domaine le plus favorable est probablement celui des processus radioinduits qui ouvrent de nouvelles perspectives à l'utilisation des radioisotopes. On les emploie actuellement pour la fabrication de produits chimiques et la transformation de certaines matières, a poursuivi M. Fowler, mais au lieu de les utiliser comme appoint aux méthodes habituelles, la tendance est maintenant de rechercher les produits se prêtant essentiellement au traitement par les rayonnements. La conservation des denrées alimentaires par irradiation sera peut-être un des progrès les plus importants. Les Etats-Unis font un grand effort dans ce sens et l'on obtiendra peut-être des résultats pratiques intéressants au cours des dix prochaines années.