

CONTRÔLE DES INSTALLATIONS D'ÉPURATION DE L'AIR—ESSAIS DE CONFORMITÉ DES ÉLÉMENTS— TESTS *IN SITU*

FRANÇOIS BILLARD et JACQUES BRION

Service Technique d'Études de Protection, Aérosols et Mines

Résumé—La sûreté de fonctionnement des installations d'épuration de l'air est fonction des contrôles auxquels ces installations sont soumises.

Si les tests *in situ* sont les plus importants puisqu'ils constituent le contrôle final de l'installation terminée, les essais de conformité des éléments constitutifs sont également nécessaires. Ils permettent l'élimination d'éléments défectueux avant leur mise en place, la discrimination des défauts du montage de ceux de l'élément et sont en outre plus sensibles. De même, le contrôle des matériaux constitutifs de l'élément s'avère fort utile.

On décrit les différents contrôles, d'une part, pour les filtres à aérosols, d'autre part, pour les pièges à iode.

Les caractéristiques vérifiées sont: nature des matériaux, dimensions des éléments, efficacité, perte de charge, résistance mécanique, inflammabilité, tenue à l'humidité, tenue à la température, résistance au détassement des pièges à iode, friabilité du matériau adsorbant, etc.

En ce qui concerne les installations de piégeage d'iode, il est prévu un contrôle de pièges témoins fonctionnant en parallèle avec le piège principal. Ce contrôle, simple, permet de réduire la fréquence des tests *in situ*, en particulier lorsqu'il s'agit de détecter un empoisonnement éventuel par des vapeurs organiques.

INTRODUCTION

La sécurité des installations atomiques vis-à-vis de l'environnement est, pour une grande part, fondée sur l'efficacité des dispositifs d'épuration de l'air. Or, l'efficacité de ces dispositifs peut se trouver réduite, parfois dans de grandes proportions, par des causes multiples: éléments défectueux, montage incorrect, détériorations consécutives au colmatage, empoisonnement par des vapeurs, vieillissement des matériaux, etc. . . . Il apparaît donc nécessaire d'assurer le contrôle systématique des dispositifs installés.

En outre, afin d'éliminer les éléments défectueux avant leur montage, et de distinguer les défauts de l'élément de ceux du montage, tout en améliorant la sensibilité des mesures, on est amené à contrôler les éléments eux-mêmes.

Enfin, pour des raisons homologues, il est souhaitable de contrôler le principal constituant de l'élément.

Pour fixer la procédure selon laquelle ce contrôle est effectué, il faut donc établir trois documents ou ensembles de documents:

(1°) Un document général précisant les modalités du contrôle: les essais imposés, le stade de la fabrication ou de la livraison auquel ils sont pratiqués, le pourcentage d'éléments sur lequel ils portent, les sanctions prévues en fonction des résultats, etc. . . .

(2°) Des fiches techniques qui décrivent chaque essai d'une façon détaillée.

(3°) Un cahier des charges et spécifications techniques qui précise, pour une commande donnée, les caractéristiques exigées et leurs tolérances.

Seules, les descriptions techniques du contrôle seront développées ici. Les deux seuls types de dispositifs épurateurs considérés sont les filtres à aérosols à base de papier plissé et les pièges à iode, à base de charbon actif.

1. CONTRÔLE DES FILTRES

Ainsi qu'il a déjà été mentionné, le contrôle est divisé en trois parties:

- contrôle du papier filtrant,
- contrôle de l'élément filtrant,

—contrôle du filtre complet installé sur le site.

1.1. Contrôle du Papier Filtrant.

Les constructeurs de filtres français effectuent un contrôle systématique de leur papier filtrant. Le contrôle du C.E.A. a pour but de vérifier ce contrôle des constructeurs. A cet effet, on prélève des échantillons de papier sur des bobines déjà contrôlées et on vérifie les caractéristiques suivantes :

- le grammage ou poids superficiel,
- la résistance à la traction,
- la perte de charge,
- l'efficacité.

1.1.1. *Grammage.* La mesure du grammage ou masse de l'unité de surface de papier filtrant, couramment exprimé en grammes par mètre carré, est effectuée par simple pesée d'échantillons de papier. Toutefois, ces échantillons doivent être découpés avec suffisamment de précision et il peut être nécessaire de les conditionner en humidité. Tout dépend de la tolérance accordée et de l'influence de l'humidité. Un exemple chiffré permet d'exposer plus clairement la relation entre les différents facteurs :

Soit un papier de grammage moyen égal à 100 g/m^2 , avec une tolérance normale de fabrication de $\pm 7 \text{ g/m}^2$. Si l'on choisit des échantillons carrés de 100 mm de côté, il est illusoire de chercher à les découper à mieux de 0,5 mm près, ce qui correspond à une précision superficielle de 1%. Il est logique d'admettre la même tolérance pour l'influence de l'humidité. Sur cette base, avec des papiers peu hygroscopiques, le conditionnement en humidité peut être évité. Si la pesée est effectuée avec cette même précision de 1%, la précision globale de la mesure sera de 3% et il faudra porter la tolérance à 10% pour l'acceptation des résultats, pour une tolérance réelle de fabrication comprise entre 7 et 13%.

Pour réduire la marge d'incertitude, il faut augmenter la dimension des échantillons et les conditionner en humidité. Cependant, comme il n'est pas essentiel de vérifier la caractéristique considérée avec une grande précision, on pourra généralement éviter le conditionnement.

1.1.2. *Résistance à la traction.* La méthode proposée pour la mesure de la résistance à la traction d'un papier filtrant s'inspire de la norme AFNOR concernant les essais de traction des

papiers en général. On opère sur des éprouvettes de 15 mm de largeur et de 100 à 200 mm de longueur. L'essai de traction est effectué sur une petite machine spéciale qui indique la charge de rupture et l'allongement de l'éprouvette. Une série d'éprouvettes est découpée dans la direction de déroulement du papier, une autre série est découpée dans la direction perpendiculaire.

1.1.3. *Perte de charge.* Le circuit de mesure de la perte de charge d'un papier filtrant est constitué d'une trompe à air à col sonique qui assure un débit constant à travers un porte-filtre muni de prises de pression. Ce porte-filtre ne contient pas de grille ni de joint, afin que la surface effective de papier filtrant soit connue avec précision. L'air est préalablement filtré pour éviter tout colmatage. La vitesse de passage de l'air au niveau de l'échantillon est voisine de la vitesse nominale en utilisation industrielle, soit 1 cm/s.

Un deuxième circuit semblable au premier, mais fonctionnant à une vitesse dix fois plus grande, permet une mesure plus précise, particulièrement sur les papiers à faible perte de charge.

1.1.4. *Efficacité.* Il existe de nombreuses méthodes pour la détermination de l'efficacité des filtres à air : méthode au bleu de méthylène, méthode de la flamme de sodium, méthode au DOP polydispersé, méthode au DOP monodispersé, etc. . . . Afin d'obtenir des résultats comparables, la méthode adoptée doit être applicable aussi bien au contrôle du papier filtrant qu'à celui du filtre installé sur le site. Cette condition exclut la méthode au DOP monodispersé, qui nécessite une installation trop importante pour les essais in situ. La méthode au DOP polydispersé présente l'inconvénient de nécessiter une forte concentration en amont du filtre, qui entraîne un colmatage non négligeable et est une cause de mauvaise reproductibilité des mesures par suite des phénomènes de coalescence, d'importance variable avec la disposition du circuit contrôlé. Nous nous orientons vers la méthode à l'aérosol d'uranine étudiée par L. Silverman⁽¹⁾ et K. T. Whitby,^(2, 3) dont la caractéristique principale est une grande sensibilité et dont le principe est décrit ci-après.

Un aérosol liquide est produit par pulvérisation

d'une solution aqueuse d'uranine à 1%. Les gouttelettes de diamètre supérieur à 2μ sont arrêtées dans un impacteur. Après évaporation dans un tube chauffant et dilution avec de l'air sec, on obtient un aérosol solide dont le diamètre maxima est voisin de $0,5 \mu$. On effectue des prélèvements en amont et en aval du filtre en essai sur des filtres qui sont ensuite lavés. Les solutions de lavage sont mesurées par fluorimétrie.

La sensibilité de la méthode est telle qu'on obtient une mesure du prélèvement aval égale à deux fois "le bruit de fond" pour un volume d'air prélevé de un mètre cube derrière un filtre d'efficacité 10 000 (99,99%), avec, en amont, une concentration en aérosol solide de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seulement, soit une émission en aérosol liquide équivalente à $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

1.2. Contrôle des Éléments Filtrants

Le contrôle des éléments filtrants comprend la vérification des caractéristiques suivantes:

- pour mémoire, caractéristiques dimensionnelles et aspect général (dimensions du cadre, nombre de plis, aspect du joint, du papier, protections, etc. . . .),
- perte de charge,
- colmatage,
- inflammabilité,
- inaltérabilité à l'eau,
- tenue à la température,
- résistance mécanique,
- efficacité.

Un élément filtrant peut être utilisé dans une gamme de débits assez large. Or, les résultats de certains essais sont fonction du régime adopté. On a donc choisi un débit de référence, ou débit nominal, proportionnel au volume de l'élément. En effet, l'étude économique d'une installation de filtration tient compte, d'une part des frais d'investissement, d'autre part, des frais d'entretien. Si l'élément filtrant est utilisé à un fort débit unitaire, l'encombrement de l'installation est moindre, donc les frais d'investissement sont moindres, mais en contrepartie, les frais d'entretien sont augmentés car les éléments doivent être remplacés plus fréquemment. Il est donc logique de rapporter le débit unitaire de référence au volume de l'élément.

Cependant, l'encombrement d'une installa-

tion de filtration n'est pas proportionnel à l'encombrement des éléments lorsque ceux-ci sont de profondeurs très différentes, car le volume des amenées et des départs d'air est indépendant de cette profondeur. La proportionnalité du débit de référence au volume de l'élément n'est donc valable que pour des éléments de profondeurs comparables.

Pour le plus petit élément couramment utilisé en France, ce débit nominal est pris égal à $100 \text{ m}^3/\text{h}$. La valeur correspondante pour l'élément de $600 \times 600 \times 300 \text{ mm}$ est de $1\,400 \text{ m}^3/\text{h}$.

1.2. 1. *Perte de charge.* La mesure de la perte de charge d'un élément filtrant ne présente pas de difficulté particulière. Il faut toutefois s'assurer que le circuit d'essai lui-même ne présente aucune perte de charge sensible en l'absence de filtre.

1.2. 2. *Colmatage.* La durée de vie d'un filtre est généralement limitée par son colmatage, c'est-à-dire par l'augmentation de sa perte de charge, au fur et à mesure de l'accumulation des poussières. L'expérience prouve que, dans les mêmes conditions d'empoussièrement, cet accroissement est très variable d'un type de filtre à un autre et dépend au premier chef de la vitesse de l'air à travers le papier filtre et, donc, de la surface de papier disponible dans un volume donné, et aussi du mode de plissage du papier.

La caractéristique de colmatage d'un filtre est déterminée en faisant fonctionner ce filtre dans des conditions voisines des conditions d'utilisation, c'est-à-dire en atmosphère naturelle. La perte de charge est périodiquement relevée, en même temps que l'empoussièrement atmosphérique. Il est ainsi possible d'établir la courbe de colmatage du filtre. Le défaut de la méthode est sa lenteur et nous cherchons à définir une méthode artificielle de colmatage accéléré qui soit représentative du colmatage naturel.

1.2. 3. *Ininflammabilité.* L'ininflammabilité des filtres à air ne se définit pas aisément et on est conduit à considérer différents comportements possibles des filtres au contact d'une flamme.⁽⁴⁾ On aboutit ainsi à la classification suivante:

Classe A: filtres ne propageant pas la flamme ou la combustion d'un élément à l'autre.

Classe B: filtres ne propageant pas la flamme

ou la combustion au sein du médium filtrant, ne relâchant pas de débris incandescents et ne dégageant pas de fumée abondante.

Classe C: filtres de la classe B ne relâchant pas les poussières stockées.

Classe D: filtres de la classe C conservant une efficacité suffisante, à préciser dans chaque cas en fonction des conditions particulières d'emploi notamment de la présence éventuelle de poussières pyrophoriques.

Classe O: filtres éminemment inflammables.

Le principe de l'essai d'un filtre en vue de son classement est le suivant:

Le filtre est monté sur un circuit permettant son fonctionnement au débit nominal. Pendant une minute, on amène au contact du filtre la flamme d'un brûleur à gaz, définie en dimensions et en température et on note les effets observés. On effectue plusieurs essais en différents points du filtre, notamment au centre et à proximité du cadre; l'épreuve est répétée à très faible débit d'air, car on a constaté que certains éléments propagent la flamme à très faible débit alors qu'il n'y a aucune propagation au débit nominal.

L'abondance des fumées éventuellement produites est repérée au moyen d'un photomètre à aérosols. La baisse d'efficacité éventuelle est mesurée au moyen du même appareil par une mesure avant et après l'épreuve avec un aérosol produit par un fumigène.

1.2.4. *Inaltérabilité à l'eau.* Un filtre peut, dans certaines conditions, être soumis à l'action d'aérosols liquides. Il est intéressant de connaître et de contrôler la tenue du filtre dans ces conditions. On peut craindre, en dehors du colmatage inévitable mais provisoire, une altération permanente des caractéristiques d'efficacité, de perte de charge et de résistance mécanique, par suite d'une modification de la texture du papier.

La méthode utilisée consiste à immerger avec précautions dans un bac rempli d'eau l'élément à contrôler. On évite notamment toute différence importante de pression de part et d'autre du médium filtrant. Après un séjour d'une heure dans l'eau, le filtre est retiré du bac avec les mêmes précautions. Après séchage naturel jusqu'à équilibre avec l'atmosphère ambiante, on détermine les nouvelles valeurs d'efficacité, de perte de charge et de résistance mécanique.

Cette méthode peut paraître sévère; nous l'avons choisie pour sa facilité de définition et de mise en oeuvre.

1.2.5. *Tenue à la température.* Pour vérifier la tenue d'un filtre à la température, on le soumet à une épreuve simplifiée. Alors que le principe de l'épreuve conforme à l'utilisation réelle serait de faire fonctionner le filtre à la température prévue, pendant une longue période, par exemple un mois, l'épreuve simplifiée consiste à placer le filtre dans une étuve, sans circulation d'air, pendant 24 heures, à une température supérieure à la température limite pour un fonctionnement permanent.

On établit la corrélation entre la température d'épreuve et la température limite de fonctionnement permanent au moyen d'essais comparatifs préliminaires dans une étuve et sur un circuit à haute température.

1.2.6. *Résistance mécanique.* Il est intéressant de contrôler la résistance mécanique des filtres à air, c'est-à-dire la pression différentielle maximum qu'ils peuvent supporter avant rupture ou déformation notable, puisque cette caractéristique permet de préjuger de leur comportement en cas de surpression accidentelle, dans un hall de réacteur par exemple.

Pour ce contrôle, l'élément filtrant est monté sur un circuit permettant de le faire fonctionner à un débit régulièrement croissant, depuis la valeur nominale jusqu'à une valeur 40 fois supérieure. On enregistre la courbe de la perte de charge en fonction du débit grâce à des manomètres à traduction électrique. Dans ces conditions, toute déformation du filtre et a fortiori, sa rupture, se traduit par une variation brusque de la pente de la courbe. Les coordonnées correspondantes sont les valeurs limites de perte de charge et de débit. Comme la perte de charge mesurée dans ces conditions extrêmes est plus influencée par les caractéristiques dynamiques de l'écoulement que par la résistance aérodynamique du médium filtrant lui-même, on choisit d'exprimer la résistance mécanique de l'élément par la valeur du débit limite.

1.3. *Contrôle des Installations de Filtration In Situ*

Le contrôle des installations de filtration sur le site se réduit à la vérification de la perte de charge et de l'efficacité.

La méthode de contrôle de l'efficacité à l'uranine est tout à fait adaptée du fait de sa grande sensibilité. On élimine ainsi toute possibilité de colmatage même après de nombreux essais (concentration amont: quelques microgrammes par mètre cube; cf. essais des papiers filtrants) et il est possible de contrôler des installations importantes, de plusieurs centaines de milliers de mètres cubes par heure, à partir d'un seul générateur portatif. Cependant, la mesure est rarement faite dans d'aussi bonnes conditions que pour les éléments filtrants, par suite des difficultés généralement rencontrées pour le choix des points d'introduction et de prélèvement d'aérosol.

2. CONTRÔLE DES PIÈGES À IODE

Comme pour les filtres à aérosols, le contrôle est divisé en trois parties:

- contrôle du matériau adsorbant, c'est-à-dire du charbon actif,
- contrôle de l'élément adsorbant,
- contrôle du piège installé sur le site.

2.1. Contrôle du Charbon Actif

Contrairement à ce qui se passe pour les filtres, qui sont d'utilisation courante dans l'industrie, le charbon actif destiné à la confection de pièges à iode est commandé pour une utilisation spécifique. Mais sa fabrication ne peut être entreprise que pour des quantités minimums supérieures à celle nécessaire à l'équipement d'une installation. Le charbon est donc commandé et contrôlé séparément par lots.

Les caractéristiques vérifiées sont:

- la densité,
- l'humidité,
- la granulométrie,
- la perte de charge,
- la friabilité,
- le pH,
- l'indice d'adsorption de benzène,
- la teneur en corps volatils et en imprégnants éventuels,
- la température d'inflammation,
- l'efficacité à l'iode moléculaire,
- l'efficacité à l'iodure de méthyle.

2.1. 1. *Densité.* Le charbon actif est vendu au poids. Mais pour le remplissage d'un piège, c'est le volume qui est défini. La relation entre ces

grandeurs est la densité. Il est donc important de la contrôler.

La détermination d'une densité implique la mesure d'un volume. Or, le volume occupé par un matériau granuleux est essentiellement fonction de son tassement. Il faut donc définir celui-ci le mieux possible en précisant les caractéristiques du dispositif adopté et son utilisation.

2.1. 2. *Humidité.* La densité d'un charbon actif est essentiellement variable avec la proportion d'humidité adsorbée. On vérifie que cette proportion est inférieure à une valeur limite afin que le prix du charbon ne puisse être artificiellement faussé.

2.1. 3. *Granulométrie.* La granulométrie d'un charbon actif est une caractéristique fondamentale pour son efficacité vis-à-vis de l'iode.⁽⁵⁾ Par ailleurs, la proportion de grains fins doit être aussi faible que possible pour éviter le colmatage du tamis qui maintient le charbon et un éventuel détassement par élimination d'une partie du matériau.

La granulométrie d'un charbon actif est classiquement établie au moyen d'un jeu de passoirs. On adopte un dispositif vibreur mécanique qu'il est plus facile de définir qu'une méthode manuelle, toujours subjective.

2.1. 4. *Perte de charge.* La mesure de la perte de charge d'un charbon ne présente pas de difficulté particulière. Il est toutefois préférable de définir le matériel utilisé, en particulier le dispositif pour tasser le charbon, le porte-charbon, l'épaisseur de couche et la vitesse de passage de l'air.

Les valeurs adoptées sont:

- diamètre du porte-charbon: 60 mm,
- épaisseur de couche: 50 mm,
- vitesse de l'air: 30 cm/s.

2.1. 5. *Friabilité.* La friabilité d'un charbon actif est une caractéristique de résistance mécanique à considérer. En effet, les éléments remplis d'un charbon friable supportent mal un transport ou des manutentions sans précautions spéciales. Les grains s'effritent et il y a production de grains plus fins, avec risque de détassement et de colmatage du tamis qui maintient le charbon. De même, en cours de fonctionnement sur un circuit d'air, les vibrations éventuelles peuvent produire les mêmes effets.

Il importe donc de fixer une valeur limite de la

friabilité admissible, et de définir sa mesure. Le principe de la mesure est le suivant: dans un cylindre perforé, on introduit une quantité déterminée de charbon et une masselotte cylindrique. On fait tourner le cylindre à la vitesse de 100 t/mn pendant 10 minutes. La poussière de charbon produite est recueillie à travers les perforations du cylindre. L'indice de friabilité du charbon est égal à mille fois le rapport du poids de poussière recueillie au poids de charbon introduit. Par exemple, si 5 grammes de charbon donnent un gramme de poussière, l'indice de friabilité correspondant est égal à 200.

2.1. 6. *pH*. Le pH du charbon actif est contrôlé dans le but d'éliminer le risque de corrosion de l'élément.

Le principe de la mesure du pH d'un charbon actif est le suivant: on met à digérer pendant deux heures un échantillon de charbon dans de l'eau distillée dans la proportion de 10 g de charbon pour 100 cm³ d'eau. Après filtration, on mesure le pH de l'eau. Par convention, ce pH est considéré comme étant celui du charbon.

2.1. 7. *Indice d'adsorption de benzène*. L'indice d'adsorption de benzène caractérise le degré d'activation du charbon dont dépend en partie l'efficacité à l'iode. Pour la déterminer, on amène un échantillon de charbon en équilibre avec de l'air sec à 18°C contenant du benzène à 10% de sa pression saturante. Le pourcentage en poids de benzène est, par définition, l'indice d'adsorption de benzène du charbon considéré.

2.1. 8. *Teneur en corps imprégnants volatils*. On a observé l'action désastreuse de certaines vapeurs facilement condensables sur l'efficacité du charbon actif vis-à-vis de l'iode. Il peut être utile de vérifier que le charbon destiné au remplissage de pièges n'en contient pas. Pour ce faire, on fait traverser par de l'azote à température progressivement croissante jusqu'à 300° un échantillon de charbon placé dans un tube laboratoire calorifugé. On recueille le condensat, qui peut être éventuellement analysé et on détermine par pesée la perte de poids de l'échantillon.

2.1. 9. *Température d'inflammation*. En cas d'accident de réacteur, les effluents gazeux à épurer avant rejet sont souvent portés à haute température. Il est donc important de connaître et de vérifier la température d'inflammation du charbon. À cette fin, on utilise le dispositif décrit

au paragraphe précédent. L'azote est remplacé par de l'air, ou du gaz carbonique, et on enregistre les températures en amont et en aval du charbon en augmentant progressivement le chauffage. L'ignition se traduit par un changement de pente de la courbe d'enregistrement de la température aval.

2.1. 10. *Efficacité à l'iode*. L'efficacité à l'iode d'un charbon actif destiné à la fabrication de pièges à iode est évidemment la caractéristique essentielle.

La méthode de génération d'iode 131 telle qu'elle a déjà été exposée⁽⁶⁾ a subi quelques modifications. Initialement, un dépôt sec diiodure alcalin marqué à l'iode 131 était oxydé par de l'air sec à haute température (600 à 800°C).⁽⁶⁾ Mais, à cette température, se formait probablement un composé gazeux instable de silice et d'iode qui perturbait les mesures. En outre, la génération de fortes concentrations d'iode était limitée par la volatilisation partielle de l'iodure, entraînant par condensation la formation de dépôts gênants et d'aérosols indésirables. Dans le nouveau procédé, on n'introduit plus l'iode 127 sous forme d'iodure, mais sous forme vapeur mélangée à l'air de balayage. On obtient ainsi une libération d'iode 131 par échange isotopique à la température ambiante.

Le charbon à contrôler est tassé dans un porte-charbon comme pour la mesure de la perte de charge. Les prélèvements amont et aval sont effectués à travers des porte-charbons semblables, dont on mesure la radio-activité du contenu, ainsi qu'il a déjà été décrit dans les documents précités.

2.1. 11. *Efficacité à l'iodure de méthyle*. Des expérimentateurs anglais et américains⁽⁷⁻¹⁰⁾ ayant démontré l'existence de la forme iodure de méthyle et la possibilité de la piéger au moyen de charbon imprégné, il apparaît nécessaire de contrôler à l'iodure de méthyle de tels charbons.

Dans l'appareillage en cours de réalisation, l'iodure de méthyle gazeux marqué à l'iode 131 est produit par réaction du sulfate de méthyle sur l'iodure de potassium⁽¹⁰⁾ suivant un procédé utilisé par Collins. L'iodure de méthyle est alors stocké dans des ampoules en verre et ultérieurement envoyé pour l'essai dans un circuit d'air conditionné à 90% d'humidité. La durée d'émission d'iodure de méthyle est de

quinze minutes et la durée totale de l'essai de quatre heures. Les pièges de référence sont constitués de couches de charbon de houille activé imprégné à 5% de triéthylènediamine.

2.2. Contrôle des Éléments Adsorbants

Pour la fabrication des éléments adsorbants, la quantité nécessaire de charbon actif est prélevée dans le lot déjà réceptionné, pour être livrée au constructeur.

Après fabrication, un pourcentage d'éléments adsorbants, variable avec l'importance du lot, est alors prélevé pour contrôle.

En dehors des examens de conformité concernant les dimensions, les dispositifs garantissant le maintien du tassement, la protection, les joints, etc. . . ., on vérifie les caractéristiques suivantes:

- perte de charge,
- efficacité à l'iode,
- résistance aux chocs et vibrations.

La mesure de l'efficacité à l'iodure de méthyle n'apparaît pas strictement nécessaire, puisque la mesure de l'efficacité à l'iode suffit en principe à établir que la mise en œuvre du charbon actif, déjà essayé à l'iodure de méthyle, a été correctement effectuée. Nous estimons donc pouvoir nous en dispenser, ce qui évite l'installation d'un dispositif de conditionnement à forte humidité sur le banc d'essai à grand débit utilisé.

2.2. 1. *Perte de charge.* La mesure de la perte de charge d'un élément adsorbant ne présente aucune difficulté. Elle est déterminée pour une vitesse moyenne de passage de l'air à travers la couche de charbon de 30 cm/s.

2.2. 2. *Efficacité à l'iode.* L'efficacité à l'iode des éléments adsorbants est contrôlée suivant la méthode appliquée au contrôle de l'efficacité du matériau adsorbant.

2.2. 3. *Résistance aux chocs et aux vibrations.* L'efficacité d'un piège est liée à la qualité du tassement du charbon. Il est important que ce tassement se maintienne en dépit des chocs durant la manutention ou des vibrations éventuelles en cours de fonctionnement. Le constructeur des pièges prévoit généralement divers dispositifs pour garantir la conservation du tassement et éviter la formation de passages

préférentiels. Pour éprouver l'efficacité de ces dispositifs, on soumet l'élément à contrôler aux chocs d'une machine vibrante en répétant l'essai pour différentes positions. On vérifie ensuite l'efficacité à l'iode.

2.3. Contrôle sur le Site des Installations de Piégeage d'iode

Le contrôle des pièges à iode installés se réduit à la vérification de l'efficacité à l'iode moléculaire, puisque la mesure de l'efficacité à l'iodure de méthyle serait peu significative en raison de l'impossibilité pratique de conditionner à forte humidité l'air traversant le piège à contrôler.

Le contrôle in situ à l'iode moléculaire est effectué suivant la méthode déjà décrite pour le charbon actif;⁽⁹⁾ on utilise une source d'iode portative de volume et de poids très réduits par rapport au premier modèle. Cette nouvelle source est beaucoup plus robuste et peut supporter des chocs importants sans que son étanchéité vis-à-vis de l'extérieur soit rompue. Elle est constituée d'une ampoule de verre munie de deux sorties avec robinets, l'une des sorties aboutissant à un tube plongeur. Cette ampoule est maintenue par l'intermédiaire d'un moulage en mousse de polyuréthane, à l'intérieur d'un château de plomb étanche. Les sorties et les commandes des robinets sont protégées par des bouchons étanches pendant le transport. Le chargement s'obtient par introduction d'une solution d'iodure de sodium, ensuite réduite à un extrait sec par distillation sous vide. La capacité de cette source est de 3 curies. Pour obtenir ultérieurement la génération d'iode 131, on balaie l'ampoule avec de l'air sec chargé d'iode 127 à la température ambiante. Pour assurer dans le circuit d'air de l'installation à contrôler une concentration en iode total représentative d'un accident, on place un générateur supplémentaire d'iode 127 en amont du générateur d'iode radio-actif.

L'expérience prouve qu'il est nécessaire de contrôler assez fréquemment—plusieurs fois par an—les pièges à iode installés sur un circuit en fonctionnement permanent. En effet, l'efficacité du charbon actif vis-à-vis de l'iode est affectée par des vapeurs diverses, en particulier par celles émises par les peintures. Pour réduire la fréquence des essais in situ, toujours onéreux

et souvent gênants pour l'exploitation du réacteur, on installe, en dérivation sur le piège principal, un ou deux petits pièges témoins qu'il est facile de retirer de temps à autre pour un contrôle d'efficacité au laboratoire. On prévoit une marge de sécurité entre la baisse d'efficacité du piège principal et celle du témoin en réduisant l'épaisseur de la couche de charbon de ce dernier. Cet artifice permet en outre d'établir la circulation à travers le piège témoin et son circuit de raccordement, comprenant un débitmètre et une vanne de réglage, par la seule pression différentielle du piège principal.

CONCLUSION

Si les méthodes succinctement décrites de contrôle des filtres et des pièges à iode ne peuvent être élaborées et améliorées au fur et à mesure de l'évolution des techniques que par un laboratoire du C.E.A., au fait des problèmes d'épuration de l'air, il a paru cependant important que la mise en œuvre du contrôle soit confiée à un organisme dont l'indépendance vis-à-vis du C.E.A. comme des constructeurs, ne puisse être mise en doute.

Cependant, en raison des fortes activités d'iode manipulées, une exception a dû être faite pour les contrôles in situ des pièges à iode, qui seront confiés aux services de radioprotection des centres nucléaires. Pour tous les autres contrôles, le Centre d'Études de Prévention, auquel nous nous sommes adressés, a acquis la formation nécessaire, si bien que l'on peut espérer leur systématisation prochaine au C.E.A.

RÉFÉRENCES

1. BURGESS, SILVERMAN et STEIN. A new technique for evaluating respirator performance. *A.I.H.A.J.* **22**, No. 6 (1961).
2. K. T. WHITBY et C. M. PETERSON. Electrical neutralization and particle size measurement of dye aerosols. *Ind. and Engr. Chem. Fund.* **4**, 66.
3. K. T. WHITBY, D. A. LUNDGREN et C. M. PETERSON. Homogeneous aerosol generators. *Int. J. Air Water Poll.* **9**, 263-277 (1965).
4. Critères de comportement au feu des filtres à air C.E.A., Service Technique d'Études de Protection, 16 mai 1966.
5. F. BILLARD, G. CHEVALIER et J. PRADEL. Résultats obtenus dans la recherche des caractéristiques de piégeage de l'iode 131 par les charbons actifs. Colloque International sur la Pollution Radioactive des Milieux Gazeux, Saclay, novembre 1963.
6. J. PRADEL, G. CHEVALIER, F. BILLARD et J. MIRIBEL. Méthode d'essai des pièges à iode équipant les circuits de ventilation des réacteurs. Congrès Health Physics Society, New York, 1963. Note CEA No. 455, 1963.
7. D. H. ATKINS et A. E. J. EGGLETON. Iodine compounds formed on release of carrier-free iodine 131. AERE-M-1211, 1963.
8. A. C. CHAMBERLAIN. Physical chemistry of iodine and removal of iodine from gas streams. Report of Aerosol Group, part 1, AERE-R-4286, 1963.
9. G. W. PARKER, G. E. CREEK, W. J. MARTIN et C. J. BARTON. Fission product retention in reactor confinement systems—Efficiency of the ORR confinement system. ORNL-3591, 1964.
10. R. D. COLLINS et J. J. HILLARY. Some experiments relating to the behavior of gasborne iodine. Int. Symp. on Fission Products Release and Transport, Oak Ridge, avril 1965.
11. D. A. COLLINS, R. TAYLOR et L. R. TAYLOR. The removal of methyl iodide from reactor effluent gases. Int. Symp. on Fission Products Release and Transport, Oak Ridge, avril 1965.
12. R. E. ADAMS et W. E. BROWNING, JR. Removal of iodine compounds from air systems by activated charcoal. Int. Symp. on Fission Products Release and Transport, Oak Ridge, avril 1965.
13. D. A. COLLINS, R. TAYLOR et W. D. YUILLE. Sampling and characterization techniques used in the study of iodine release from irradiated fuel elements. Int. Symp. on Fission Products Release and Transport, Oak Ridge, avril 1965.
14. A. W. CASTLEMAN, JR., I. N. TANG et H. R. MUNKELWITZ. Chemical state of iodine released from irradiated fuel into steam. Int. Symp. on Fission Products Release and Transport, Oak Ridge, avril 1965.
15. W. E. BROWNING, JR., R. E. ADAMS, R. D. ACKLEY, M. E. DAVIS et J. E. ATTRILL. Identity, character and chemical behavior of vapor forms of radioiodine. Int. Symp. on Fission Products Release and Transport, Oak Ridge, avril 1965.
16. H. R. DIFFEY, C. H. RUMARY, M. J. S. SMITH et R. A. STINCHCOMBE. Iodine clean-up in a steam suppression system—Appendix. Int. Symp. on Fission Products Release and Transport, Oak Ridge, avril 1965.