Incinération des pneumatiques, des déchets radioactifs, des rebuts de l'industrie photographique

M. Serge CARPENTIER (*)

(Manuscrit reçu le 8 février 1977)

RÉSUMÉ

La liste, chaque jour plus longue des déchets dits industriels, fait une place particulière aux rebuts combustibles qui offrent généralement une solution d'élimination : l'incinération avec ou sans récupération de calories. Parmi ces déchets combustibles, trois catégories sont, actuellement, bien connus du grand public car elles le touchent de près.

Après une considération des données générales du problème, l'article décrit trois installations d'incinération dans trois domaines divers : le pneumatique automobile, l'industrie nucléaire, l'industrie photographique. Dans ce dernier domaine, une récupération judicieusement menée peut conduire à une surprise en ce qui concerne l'amortissement du prix d'une installation, ce qui revient, en définitive, à joindre l'utile à l'agréable.

ABSTRACT

In the list every day longer of « industrial » wastes, there is a special place for combustible wastes usually presenting a solution for their elimination, i. e. incineration with or without calory recovery. Three categories are well-known as they concern the general public.

The overall data of the problem are first considered, then three incineration plants in three different fields are described : motor-car tyres, nuclear industry, photographic industry. In the last field, well-conducted recovery processes may result in surprising results as to the damping of the plant cost, which finally is both pleasant and useful.

(*) Carbonisation Entreprise et Céramique (CEC), Service Développement, 99, avenue Aristide-Briand, 92120 Montrouge, France.

1. IMPORTANCE DES PROBLÈMES CONCERNANT CES DÉCHETS

Parmi la liste chaque jour plus grande des déchets spécifiques que rejette l'industrie, il est une place particulière pour les déchets objets du présent article et ceci pour les raisons suivantes :

— Ils touchent de très près le grand public car l'automobile et ses accessoires sont les serviteurs des hommes chaque jour, la photographie et le film sont maintenant la mise en mémoire classique des souvenirs familiaux, la centrale nucléaire devient une nouvelle source d'énergie qui, dans un monde brusquement remis en cause, est destinée à pallier le manque de pétrole.

— Par ailleurs, dans ce monde nouveau que nous abordons, où il est sans cesse question d'environnement et de recyclage, qui ne s'est préoccupé des monceaux de pneumatiques usagés si enlaidissants et tristes dans nos paysages d'une part, et d'autre part de ces rejets inquiétants et si peu connus de l'industrie de l'atome ? Qui, par contre, a songé que le film photographique envahissait et qu'au train où allaient les choses, il n'y aurait plus d'argent demain dans les mines pour satisfaire ce besoin grandissant, la photographie ? Qui a songé qu'il était grandement temps de procéder à un recyclage dans ce domaine ?

2. BUT DU TRAITEMENT PAR INCINÉRATION

Le but essentiel concernant les trois types de déchets est avant tout une destruction des produits et une réduction considérable des volumes traités. Dans tous les cas, le déplacement des nuisances — la création d'une pollution atmosphérique secondaire par exemple — est évité. Dans le premier cas, celui des pneumatiques, la récupération de calories peut être appliquée, celle de l'alliage dans le cas de carcasses métalliques également. Dans le deuxième cas, celui des déchets contaminés, le piégeage absolu des émetteurs radioactifs sera l'objectif principal. Dans le dernier cas, celui des produits photographiques, la récupération optimale de l'argent est le but essentiel à atteindre. Nous allons examiner dans le détail les trois types d'incinérateurs pouvant être adoptés.

3. CONSIDÉRATION DES DONNÉES ET DESCRIPTION DES INCINÉRATEURS

3.1. INCINÉRATION DES PNEUMATIQUES D'AUTOMOBILES

Les 200 000 pneumatiques de tourisme que l'installation ci-après est susceptible de détruire chaque année représentent environ 1 p. cent du nombre de pneumatiques usagés fournis chaque année en France par les 13 millions environ de véhicules de tourisme immatriculés.

L'incinération est une des seules solutions actuellement utilisables de façon industrielle permettant de résoudre un problème pour lequel on doit aboutir rapidement à une solution. Les méthodes utilisées, comme la décharge plus ou moins sauvage ou la combustion à l'air libre, ne sont que des pis-aller inacceptables à long terme du point de vue de l'environnement, de l'esthétique et des risques d'incendie. Le rechapage, qui n'est qu'une solution limitée dans le temps, ne se fait que sur 10 p. cent environ des pneumatiques. La destruction de ces derniers dans les incinérateurs d'ordures ménagères n'est possible sans dommage pour leur bon fonctionnement qu'en petites quantités ne permettant d'absorber que quelques p. cent des pneumatiques usés. L'incinération séparée reste donc la solution valable actuellement pour les pneus usagés et rejetés. Un tel volume à traiter en France nécessiterait la construction d'une centaine d'usines d'une capacité équivalente à celle que nous allons décrire. La taille optimale de l'incinérateur de pneumatiques dépendra, en fait, des conditions locales de ramassage ; et si l'installation décrite correspond à la plus petite capacité techniquement acceptable pour les pneumatiques de tourisme, des unités plus importantes sont possibles si les quantités à traiter le justifient.

3.1.1. *L'incinérateur automatique*

3.1.1.1. Généralités

L'incinérateur avec sa chambre de post-combustion, son ventilateur de tirage et sa cheminée est représenté sur la figure 1. La figure 2 représente l'implantation de l'incinérateur avec le convoyeur aérien assurant le stockage et le chargement automatique des pneumatiques. L'appareil peut recevoir 150 kg/h de pneumatiques de dimensions allant jusqu'à 900 mm de diamètre et 200 mm de largeur (véhicules de tourisme). Pour ces pneumatiques d'un poids moyen de 5 kg, la capacité horaire de destruction est donc de 30 pneumatiques ; suivant le coefficient d'utilisation, la capacité annuelle peut aller jusqu'à 200 000 unités environ (280 jours $\times$ 24 heures). L'appareil fonctionne avec chargement entièrement automatique des pneumatiques par convoyeur aérien ; l'intervention humaine se réduit à une opération toutes les heures ou toutes les deux heures pour regarnir le convoyeur de pneumatiques.

L'appareil peut également recevoir des déchets autres que les pneus, par exemple des emballages, cartonnages, des déchets de fabrication de formes diverses ; toutefois, en raison de leurs formes variées, ces déchets ne peuvent bénéficier du chargement automatique par convoyeur ; ils sont chargés manuellement par une porte de chargement séparée.

L'appareil est conçu pour éviter toute pollution atmosphérique grâce à la combustion complète à la fois du noir utilisé comme charge dans la fabrication des pneumatiques et du noir produit par la combustion du caoutchouc ; ce résultat est obtenu :

- par la disposition du foyer à soufflage par tuyères latérales,
- par la chambre de combustion à forte turbulence provoquée par tuyères à air de brassage,

FIG. 1. — Incinérateur de pneumatiques.

1. Foyer à grille.
2. Sas de chargement des pneus.
3. Trémie à cendre.
4. Wagonnet d'évacuation des écheveaux.
5. Chambre de combustion.
6. Brûleurs.
7. Chambre de détente.
8. Groupe moto-ventilateur de soufflage d'air sous grille.
9. Chambre de post-combustion.
10. Appareillage de dilution des gaz.
11. Groupe moto-ventilateur d'extraction des gaz.
12. Cheminée.

— par la chambre de post-combustion à très haute efficacité,

— par le dispositif de chargement automatique qui introduit chaque pneumatique seulement lorsque la combustion du précédent est suffisamment avancée pour éviter toute surcharge du foyer et de la chambre de post-combustion.

Enfin, il faut noter que l'appareil peut être complété par une chaudière de récupération produisant de la vapeur ou de l'eau chaude.

Un appareil plus puissant est en cours de développement, il permettra l'incinération de pneumatiques entiers de véhicules « poids lourds ».

FIG. 2. — Implantation de l'incinérateur de pneumatiques.

3.1.1.2. Appareillage

L'installation est composée essentiellement de quatre éléments :

L'*incinérateur* proprement dit, à parois réfractaires et isolantes revêtues d'un blindage latéral en tôle forte ; il comporte : un foyer à grille à soufflage latéral et à décrassage par fond pivotant, un sas de chargement des pneumatiques, une porte de chargement des déchets divers, une trémie à cendres, une chambre de combustion surmontant le foyer avec des tuyères d'air de brassage, une chambre de détente et de dépôt de poussières, les brûleurs à fuel (ou à gaz) pour le démarrage de l'installation, un groupe moto-ventilateur de soufflage d'air au foyer, les appareils de contrôle et de régulation avec tableau.

La *chambre de post-combustion* garnie de matériaux procurant à la fois une grande surface rayonnante et une succession de chocs et de changements de direction pour les particules entraînées par les gaz de combustion.

La ligne d'extraction de gaz comportant :

— un appareillage de dilution des gaz par l'air ambiant, un groupe moto-ventilateur-extracteur, une cheminée de 15 m de hauteur (hauteur pouvant être augmentée suivant les nécessités, notamment en cas de proximité de constructions plus hautes).

Le convoyeur aérien comportant :

— un circuit à deux niveaux d'une longueur développée de 52 m environ avec ses potences ou portiques-supports, un groupe moteur, un tendeur, 85 balancelles, une porte de déchargement automatique.

3.1.1.3. Fonctionnement

Toutes les heures, ou toutes les deux heures, on procède à l'approvisionnement en pneumatiques, en accrochant ceux-ci aux balancelles du niveau bas du convoyeur. Le chargement du convoyeur se fait sans aucune interruption du processus automatique de chargement du four. Le convoyeur fonctionne en marche « pas à pas » : les pneumatiques chargés sur le niveau bas sont élevés par une rampe, le premier pneumatique à charger dans le four étant arrêté au niveau haut en position d'attente de chargement. L'information d'un couple pyrométrique disposé dans le foyer permet, par un système de régulation approprié, l'envoi d'une impulsion électrique dès que la combustion est suffisamment avancée pour accepter une nouvelle charge. Sous l'effet de cette impulsion, la balancelle en attente bascule et décharge son pneumatique, le suivant vient à son tour en position d'attente. Le pneumatique déchargé du convoyeur tombe dans le sas de chargement du four en traversant les volets pivotants servant de couvercle à ce sas ; il déclenche ainsi l'ouverture de la porte du four, il descend alors par gravité dans le foyer, puis la porte du four se referme, le tout automatiquement et sans qu'à aucun moment il n'y ait communication directe entre le four et l'atmosphère ambiante.

Dans le foyer, la combustion des pneumatiques se produit à haute température de telle sorte que les armatures métalliques se ramollissent puis se tassent en un écheveau peu encombrant sous l'effet des chutes successives des charges dans le foyer. Le déchargement de l'écheveau d'armatures se fait périodiquement par pivotement du fond de grille ; l'écheveau d'armatures avec les cendres est recueilli directement par gravité dans une benne d'enlèvement roulant au sol.

Les gaz produits par la combustion du caoutchouc se développent dans la chambre de combustion largement dimensionnée dans laquelle de l'air de brassage injecté par tuyères provoque une forte turbulence. Les gaz traversent ensuite la chambre de détente à parcours descendant dans laquelle ils déposent le plus gros des poussières entraînées. Les gaz accèdent ensuite à la chambre de post-combustion à très haute efficacité. La caractéristique essentielle de cette chambre de post-combustion est de travailler à haute température ; les gaz en sortent aux environs de 1 000 °C. Ils sont ensuite refroidis à 350 °C par mélange d'air au moyen de l'appareillage de dilution à régulation automatique puis repris par le ventilateur-extracteur et évacués à la cheminée. Une éventuelle

récupération des calories contenues dans les fumées peut être envisagée pour produire de la vapeur. La dilution à l'air devient alors inutile. La dépression dans le foyer est maintenue constante au moyen d'un ensemble de régulation électronique.

Des alarmes sonores signalent tout dérangement survenant lorsque l'appareil est en fonctionnement automatique ; un tableau de contrôle rassemblant les indicateurs de pression d'air, de dépression et de température dans les principaux éléments de l'installation, permet de vérifier d'un coup d'œil les conditions de marche et de situer les anomalies éventuelles.

3.1.1.4. Epuration des gaz

Comme on l'a vu plus haut, l'organe essentiel d'épuration des gaz est constitué par la chambre de post-combustion ; la source principale de pollution atmosphérique est, en effet, le noir de carbone, d'une part en raison de la proportion considérable du noir de carbone incorporé dans les pneus lors de leur fabrication, d'autre part parce que le caoutchouc lui-même, en s'échauffant, produit non seulement des produits pâteux et gazeux mais aussi du noir de décomposition.

Il n'est pas prévu, et il ne paraît pas nécessaire de prévoir d'épuration du soufre. Ce point a fait l'objet, en effet, de mesures très précises sur pilote. En fait, on n'a décelé aucune teneur mesurable en gaz sulfureux dans les gaz rejetés.

3.2. INCINÉRATION DES DÉCHETS CONTAMINÉS PAR LA RADIOACTIVITÉ

A l'époque où la décision fut prise de construire des incinérateurs de déchets radioactifs par le Commissariat à l'énergie atomique (C. E. A.), il apparut que la plupart des appareils précédemment conçus dans divers pays pour traiter de tels déchets avaient donné lieu à de graves difficultés d'exploitation que nous résumons rapidement :

3.2.1. *Emissions de noir de carbone dues à la présence dans les déchets de films ou d'objets en matières plastiques, notamment en chlorure de polyvinyle (CPV).*

Sous l'effet de la chaleur, ces matières se ramollissent, puis, leur température augmentant sous l'effet du rayonnement du four, elles deviennent pâteuses, voire complètement liquides pendant qu'elles subissent une décomposition et une carbonisation accompagnées d'émission de noir de carbone qui est entraîné dans les gaz de combustion.

3.2.2. *Combustion des plastiques sur grille*

Dans des grilles classiques à orifices verticaux, si les orifices sont de petite section, ils sont rapidement obturés par les produits pâteux ; si, au contraire, la grille est faite de barreaux séparés par de larges intervalles, les déchets liquéfiés s'écoulent à travers la grille sans avoir eu le temps de brûler complètement. Lorsque les matières plastiques sont en faible proportion et se trouvent disséminées dans des déchets à combustion facile tels que papiers, cartonnages,

etc., ces difficultés passent inaperçues, mais elles se manifestent dans toute leur ampleur lorsque l'on est en présence de charges contenant 100 p. cent de plastiques, ce qui peut arriver fréquemment dans les centres nucléaires.

3.2.3. *Corrosions*

Celles-ci sont provoquées par la présence fréquente de CPV dans les déchets ; l'acide chlorhydrique que l'on retrouve dans les fumées est, en effet, très agressif.

3.2.4. *Epuration des gaz*

Les filtres absolus sont rapidement colmatés par le noir de carbone. Dans certaines installations, ces dépôts de noir de carbone ont pris feu, entraînant la rupture du filtre absolu et la fuite de contamination.

3.2.5. *Principes adoptés pour éviter ces difficultés*

Pour remédier à ces diverses difficultés, l'incinérateur mis au point comporte un dispositif de post-combustion, un filtre original à haute température, système C. E. A. breveté. Nous résumerons d'abord le principe des solutions adoptées pour remédier aux difficultés énumérées ci-avant.

3.2.5.1. Emissions de noir de carbone

Le foyer est étudié pour limiter les quantités de noir émises. De plus, la plus grande partie du noir est brûlée dans la chambre de post-combustion. Les gaz chargés de noir sortant du foyer traversent cette chambre qui est garnie de morceaux de carbure de silicium brut à très grande surface spécifique ; par ailleurs, les conditions de marche sont réglées de telle sorte que les gaz entrant à la post-combustion contiennent un excès d'air, la température étant de 900 °C. Les particules de noir contenues dans ces gaz sont ainsi soumises, dans la chambre de post-combustion, à de nombreux chocs et changements de direction ainsi qu'au rayonnement superficiel du carbure de silicium, ce qui favorise et accélère la combustion, compte tenu de l'excès d'air.

Le noir de carbone subsistant à la sortie de la post-combustion est arrêté en totalité par le filtre à gaz chaud dont le fonctionnement sera développé plus loin.

3.2.5.2. Combustion des plastiques sur grille

Le problème a été résolu par l'emploi d'une grille inclinée brevetée ; les barreaux successifs forment des marches d'escalier disposées de telle sorte que lorsque les matières plastiques fondent, elles s'écoulent d'une marche sur l'autre en étant exposées au courant d'air de combustion qui est aspiré dans le four par les intervalles séparant les marches successives. On obtient ainsi la combustion des matières liquéfiées au cours de leur écoulement de marche en marche et on évite tout passage direct de produits imbrûlés dans le cendrier.

3.2.5.3. Corrosion

C'est essentiellement pour les parties métalliques directement exposées aux gaz de combustion que les phénomènes de corrosion sont à craindre. Des études approfondies ont conduit à sélectionner, pour le filtre à haute température, des aciers réfractaires à haute teneur en chrome et nickel dont la tenue est satisfaisante dans les conditions d'emploi de ces filtres. Pour les gaz refroidis, la protection contre la corrosion est assurée par la conjugaison des conditions ci-après :

— d'une part, le refroidissement des gaz sortant du filtre à haute température est assuré par dilution à l'air ambiant, ce qui a pour effet de réduire considérablement la pression partielle des gaz corrosifs (notamment HCl) et de la vapeur d'eau ;

— d'autre part, intérieurement, les conduites de gaz après dilution et le caisson du filtre absolu sont soit verrés, soit munis d'un revêtement anti-corrosion. En outre, on veille à maintenir la température des gaz à une valeur très supérieure au point de rosée.

3.2.5.4. Epuration des gaz

L'organe capital d'épuration est le filtre à haute température breveté par le C. E. A. Ce filtre est constitué par un faisceau de bougies verticales en acier réfractaire micro-déployé revêtues intérieurement d'un média filtrant constitué par de l'amianté défibré et prétraité thermiquement. Ce filtre arrête complètement le noir de carbone qui a échappé à la post-combustion et il le brûle sans abaissement de l'efficacité de la filtration. Il en résulte, à la fois, que le filtre à gaz chauds n'est pas colmaté par le noir et qu'il protège de façon parfaite le filtre absolu contre les dépôts de carbone. La longévité du filtre absolu s'en trouve considérablement accrue par rapport à tout ce que l'on avait constaté dans d'autres systèmes d'incinérateurs.

3.2.5.5. Divers

Pour compléter les principes de base de conception de l'installation, nous ajouterons que :

- l'incinérateur comporte un brûleur spécial à solvants contaminés ;
- l'installation est maintenue constamment sous dépression ;
- l'air de dilution est aspiré dans la salle, ce qui assure automatiquement le renouvellement de celui-ci ;
- le chargement se fait par sas à double fermeture avec étanchéité par joints gonflables ;
- l'évacuation des cendres se fait par fût appliqué par pression sous la trémie à cendres ;
- dépressions et températures sont réglées automatiquement par régulation électronique ;
- les appareils de contrôle et de commande sont groupés sur un tableau central de manœuvre avec synoptique.

FIG. 3. — Incinérateur de déchets radioactifs.

1. Incinérateur.
2. Brûleur à fuel.
3. Brûleur à solvants.
4. Sas de chargement.
5. Filtre haute température.
6. Cloche de garnissage-dégarnissage.
7. Mélangeur de dilution.
8. Filtre absolu.
9. Ventilateur d'extraction.
10. Cheminée.

3.2.1. *L'incinérateur automatique*

La figure 3 permet d'examiner dans le détail l'ensemble de l'installation. L'incinérateur proprement dit comprend essentiellement :

- une chambre de combustion permettant de recevoir, par l'intermédiaire d'un sas d'introduction en dépression, les déchets généralement composés de bois, cartons, coton, caoutchouc, matières plastiques, cadavres de petits animaux, etc... ;
- un système spécial de grilles de combustion breveté dont le profil a été en particulier étudié pour l'incinération des plastiques (*fig. 4*) ;
- deux brûleurs à fuel domestique ou à gaz combustible, l'un, à la base, servant à la mise en température de l'incinérateur, l'autre, à la voûte, destiné à maintenir la chambre de post-combustion à haute température ;
- la chambre de post-combustion remplie de morceaux de carbure de silicium (*fig. 5*) ;
- une alimentation d'air sous grille avec vanne d'admission réglable ;
- un fût pour recueillir les cendres.

FIG. 4. — Grille pour combustion de matières plastiques et produits caoutchouteux.

FIG. 5. — Chambre de post-combustion.

La figure 6 montre un ensemble de filtration haute température relié à la sortie de la chambre de post-combustion par une tuyauterie en acier réfractaire munie d'un soufflet de dilatation. Constitué par un caisson en acier revêtu intérieurement de réfractaire isolant, le filtre comporte une platine en acier réfractaire sur laquelle sont montées les bougies métalliques revêtues du media filtrant mentionné ci-avant. L'ensemble est fermé par un couvercle étanche fixé par boulons.

Une cloche de garnissage-dégarnissage est placée au-dessus du filtre haute température. Grâce aux deux demi-scaphandres de travail qu'elle comporte,

FIG. 6. — Ensemble de filtration haute température.

elle permet d'effectuer, en toute sécurité et sans risque de contamination, les opérations de dégarnissage du filtre haute température par aspiration pneumatique. La cloche comprend également : un treuil qui permet de lever le couvercle du filtre, un système de blocage par vérins du couvercle en position haute, des portes coulissantes permettant d'isoler les demi-scaphandres pendant le garnissage, des clapets régulateurs de débit d'air utilisés pour le garnissage qui se fait par admission pneumatique du média filtrant.

Se trouve, ensuite, une vanne de réglage haute température asservie à l'affichage d'une dépression constante au foyer.

A la suite de celle-ci, nous notons un dilueur à double étage pour refroidissement des gaz chauds par admission d'air ambiant, laquelle admission est asservie à l'affichage d'une température constante d'environ 150 °C au filtre absolu situé en aval.

La chaîne, après cette filtration, comprend un ventilateur principal d'extraction, doublé par un deuxième ventilateur de secours, et se termine par une cheminée de rejet à l'atmosphère.

Comme caractères essentiels de cet appareillage, nous avons noté une automaticité complète de fonctionnement, une dépression permanente des circuits évitant toute pollution à l'extérieur, un ensemble complet d'arrêt et de destruction totale du carbon-black comprenant la chambre de post-combustion et le filtre haute température, une filtration absolue en bout de chaîne, l'absence totale d'odeurs autour de l'installation.

Deux incinérateurs ainsi conçus ont été réalisés en France l'un à Grenoble même sur le site du Centre d'études nucléaires, l'autre à Strasbourg-Cronenbourg sur le site du C. N. R. S.

A l'étranger, au Japon, un incinérateur identique est en fonctionnement à Tokaï-Mura ; un autre incinérateur, de système analogue mais plus sophistiqué, est en cours de construction sur le site d'Oaraï.

3.3. INCINÉRATION DES REBUTS DE L'INDUSTRIE PHOTOGRAPHIQUE

L'incinération de ces rebuts se pratique d'une part pour résoudre au mieux un problème de volume et d'autre part, et surtout, pour récupérer de l'argent sous forme métallique ou sous forme de composés.

Une firme de l'industrie photographique, mondialement connue, qui pratiquait classiquement la récupération chimique, a mis au point le procédé qui a été développé ensuite en France par une société spécialisée dans les problèmes de combustion et de carbonisation. La discrétion dont s'entoure, à juste titre, le propriétaire de l'appareillage très au point nous oblige à respecter la même ligne de conduite. Celle-ci vise surtout à éviter, dans un premier stade du moins, des révélations de principes essentiels, ce qui n'est pas souhaitable compte tenu de l'avance technologique acquise par le propriétaire dans ce domaine. Nous prions donc le lecteur de nous excuser de notre discrétion sur les détails, tout en étant certains de sa compréhension. Notons, cependant, quelques caractéristiques de l'installation :

- l'argent sous forme métallique ou sous forme de composés est récupéré dans les cendres et dans les gaz de combustion ;
- l'installation possède un dispositif anti-pollution atmosphérique ;
- le taux de récupération de l'argent est de l'ordre de 97 p. cent ;
- la récupération effectuée a permis d'amortir le prix de l'installation en quelques mois seulement.

BIBLIOGRAPHIE

DELARUE R., PRADEL J., TEISSIER C. L'incinération des déchets radioactifs au Groupe de Laboratoire du CNRS à Strasbourg-Cronenbourg. *Ind. At. Spat.*, 1972, 5, 53-64.