

La gazéification par plasma : une nouvelle avenue pour la production d'énergie à partir de déchets

Par Pierre Carabin, ing.
Jean-René Gagnon, ing. jr
PyroGenesis Inc.

Alors que les sources d'énergies traditionnelles se font de plus en plus rares et que le public se fait de plus en plus sensible aux questions environnementales, la gazéification par plasma promet d'offrir une alternative environnementale et économique aux méthodes traditionnelles de gestions des déchets. Ce procédé utilise le plasma, un gaz à très haute température généré par un arc électrique, afin de transformer les déchets en énergie et en matériaux de construction. La technologie au plasma permet également de réduire les gaz à effet de serre.

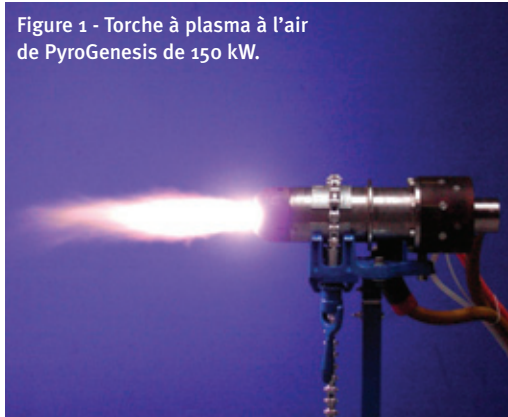


Qu'est-ce que le plasma?

Le plasma est un gaz ionisé très chaud, conducteur d'électricité. On peut générer le plasma avec différent gaz inertes, comme l'argon ou l'hélium. Ces plasmas à gaz inerte sont communément utilisés pour les applications bien connues de coupe de métal et de soudage à l'arc. Pour les applications de traitement des déchets, on utilise généralement de l'air comme gaz plasmagène. Grâce à la présence d'ions d'oxygène, un plasma d'air favorise les réactions de gazéification et d'oxydation des déchets, tout en étant économique et abondant.

Une torche à plasma fonctionne généralement en courant continu et comporte une cathode et une anode. Grâce à un redresseur, une différence de potentiel électrique est créée entre les deux électrodes, ce qui impose un champ électrique au gaz qui passe entre elles. Ce champ électrique arrache les électrons aux molécules qui sont normalement neutres, ce qui crée un arc électrique. On souffle ensuite de l'air autour de cet arc à l'aide d'un vortex. Seule une petite partie du gaz est ionisée pour générer l'arc, mais c'est suffisant pour chauffer l'air soufflé à des températures qui peuvent atteindre plusieurs milliers de degrés Celsius (environ 6000 degrés dans le cas d'un plasma d'air).

Figure 1 - Torche à plasma à l'air de PyroGenesis de 150 kW.



La technologie au plasma est utilisée depuis plusieurs années pour la vitrification de déchets essentiellement inorganiques. La vitrification est un procédé de fusion qui convertit les composés inorganiques des déchets en une roche inerte d'aspect vitreux. Cette roche peut être utilisée commercialement de différentes façons, comme matériau de construction par exemple. La technologie de vitrification est notamment utilisée au Japon pour le traitement des cendres volantes et des résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères (REFIOM). La technologie de vitrification par plasma peut également être utilisée pour le traitement des sols contaminés et des déchets radioactifs. La vitrification n'élimine pas la radioactivité, mais elle permet de réduire le volume des déchets et d'immobiliser les éléments radioactifs dans une matrice de verre, réduisant ainsi les risques de lixiviation de ces éléments dans l'environnement.

Production d'énergie

Une utilisation relativement récente des systèmes à plasma consiste à combiner la vitrification avec la gazéification des déchets. La gazéification est une réaction chimique qui permet de convertir la fraction organique des déchets en gaz de synthèse ou « syngaz », un gaz combustible composé principalement de monoxyde de carbone (CO) et

d'hydrogène (H_2). Pour gazéifier les déchets, on expose la matière combustible à une haute température et à une quantité limitée d'oxygène (oxygène sous-stœchiométrique) pour éviter de procéder à une combustion complète en CO_2 . Après nettoyage, ce gaz peut servir de combustible dans une chaudière, un moteur à combustion interne ou une turbine à gaz. Le gaz peut donc être utilisé pour produire de l'électricité, de la vapeur et, avec un système de cogénération, de l'électricité et de la chaleur. Il est aussi possible de convertir le syngas en carburants liquides, comme le méthanol ou l'éthanol, ou même d'extraire l'hydrogène du syngas pour ensuite l'utiliser dans une pile à combustible.

La technologie de gazéification par plasma permet de contrôler les réactions chimiques de gazéification et de composer avec les variations de valeur calorifique et de composition des déchets. La technologie est applicable à une grande variété de déchets : aussi bien les ordures ménagères (qui contiennent du papier, du carton, des textiles, du bois et des plastiques) que les matières dangereuses résiduelles (huiles, solvants, peintures) et les déchets hospitaliers ou pharmaceutiques. Contrairement à un incinérateur, le système de gazéification par plasma ne



Figure 2 – Système PAWDS pour les navires.

Grâce à cette chaleur intense, la torche à plasma permet de traiter les déchets dans les espaces restreints. Ainsi, PyroGenesis travaille avec la marine américaine depuis 1999 à la mise au point d'un système de destruction des déchets par arc de plasma pour les navires, le PAWDS. Ce système sera installé sur la nouvelle génération de porte-avions américains. Un système commercial est en exploitation depuis 2003 sur un bateau de croisière de la Carnival Cruises Lines. Grâce à la chaleur intense du plasma et à l'accélération des réactions chimiques qui en découle, le système PAWDS utilise seulement un cinquième de l'espace requis pour un incinérateur classique.



Figure 3 – Vitrifiats produits par un système au plasma.

génère aucune cendre volante ou mâchefer. Toute la matière inorganique est vitrifiée sous forme de roche inerte, utilisable comme matériau de construction.

La quantité d'énergie produite par le système est fonction du type de déchet traité. Par exemple, un système traitant des ordures ménagères pourra produire environ 2 100 kWh (7,6 GJ) par tonne de déchets sous forme d'énergie chimique dans le syngas. Un système traitant des matières dangereuses résiduelles à haut pouvoir calorifique produira quant à lui environ 4 500 kWh (16,2 GJ) par tonne de déchets sous forme d'énergie chimique dans le syngas.

L'énergie chimique peut ensuite être transformée en électricité et en chaleur, dans un groupe alternateur-moteur à combustion interne, par exemple. Ainsi, un système d'une capacité de 10 tonnes de déchets à l'heure permettrait de produire 8,4 MW d'électricité, dont 3,9 MW serviraient à alimenter le système (torches à plasma et auxiliaires), laissant 4,5 MW d'électricité nette disponible à l'utilisateur ou à vendre sur le réseau. De plus, il sera possible de récupérer jusqu'à 10,5 MW (37,8 GJ/h) sous forme de chaleur (eau chaude et vapeur basse pression). Cette énergie permettrait de fournir l'énergie à 25 000 foyers.

Réduction des gaz à effet de serre (GES)

Les technologies utilisant le plasma à haute température permettent également de réduire les émissions de GES, et ce, de plusieurs façons. Par exemple, la gazéification des ordures ménagères permet d'éviter la production du méthane dans les lieux d'enfouissement.

Les torches au plasma pourraient remplacer les brûleurs à combustibles fossiles générateurs de GES dans un grand nombre d'applications commerciales et industrielles. Alors que les brûleurs

classiques produisent du CO₂ provenant de la combustion du gaz ou du pétrole, la torche au plasma ne fait que chauffer de l'air avec de l'électricité et ne produit donc aucun CO₂.

La torche à plasma permet également de détruire les GES à haut potentiel d'effet de serre, comme les hydrofluorocarbures, en particulier le HFC 23 qui possède 11 700 fois le potentiel du CO₂. Ces matières peuvent être détruites de façon très efficace par la haute température du plasma.

Un avenir prometteur

Les technologies au plasma offrent une alternative environnementale et économique aux méthodes traditionnelles de traitement des déchets. Contrairement aux sites d'enfouissement, cette technologie ne produit ni lixiviats, ni odeurs. Elle permet donc de préserver des terrains pour des usages plus rentables. De plus, cette technologie permet de produire de l'énergie sans créer de résidus secondaires et contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le plus grand défi consiste maintenant à construire des systèmes de plus grande envergure et dont l'usage sera plus répandu. ■

Cegertec

HATCH



centre d'excellence en
énergie



Carrefour

d'innovations technologiques et d'expertises spécialisées

Regroupement

de partenaires aux ramifications internationales

Centre d'excellence en énergie
255, rue Racine Est, case postale 1000
Chicoutimi (Québec) G7H 5G4
T: (418) 549-6680 • F: (418) 549-7105

Maximiser le plein potentiel des investissements
en hydroélectricité, transport et distribution d'énergie