

Dans la physique des milieux ionisés, l'arc électrique occupe une place toute particulière en raison de l'importance économique et de ses applications. Les ingénieurs ont rapidement vu l'intérêt de ce phénomène capable de transformer l'énergie électrique en énergie lumineuse ou thermique. La fin du 19<sup>e</sup> siècle et les premières années du 20<sup>e</sup> siècle ont vu se développer des travaux de recherche remarquables sur le plan expérimental. A partir de là, la compréhension du rôle des électrons et des ions dans la décharge allait permettre de caractériser un milieu nouveau : le « plasma ». Ce terme sert à définir un gaz totalement ionisé. Il est caractérisé par sa température élevée, son utilisation rationnelle de l'énergie et sa compatibilité avec les processus existant, ainsi que sa fiabilité et sa simplicité. De ce fait, durant la dernière décennie, le procédé plasma constitue l'évolution technologique majeure dans l'industrie. En effet, parmi les applications courantes des arcs électrique ou plus généralement des plasmas thermiques, on cite : l'éclairage, le découpage, le soudage par procédé de plasma et micro - plasma, la métallurgie avec fusion - refusions de matériau, le traitement des fibres optiques par plasma micro-onde, traitement des déchets, l'hydrotraitement d'hydrocarbures lourds par des procédés basés sur les plasmas.

Les plasmas thermiques sont créés typiquement, mais pas exclusivement, par des arcs électriques à la pression atmosphérique. Les régions les plus chaudes de ces plasmas dont la température dépasse en général  $10000\text{k}$ , sont dans un état très proche de l'équilibre thermodynamique local, ce qui permet de calculer les nombreuses propriétés intrinsèques du milieu (composition, fonctions thermodynamiques, coefficients de transport, propriétés radiatives) en fonction du couple température/pression. La nature des espèces chimiques qui le composent Confère au plasma des propriétés spécifiques dont on se sert pour telle ou telle application industrielle. L'argon par exemple, est souvent utilisé pour le soudage. Il s'agit en effet d'un gaz rare, chimiquement inerte, qui ne réagit pas avec les matériaux. Il permet un maintien relativement stable de l'arc et ne perturbe pas le procédé. Pour la découpe par contre, la qualité des transferts d'énergie entre le plasma et le milieu environnant est un paramètre essentiel, car il influe directement sur la vitesse de découpe et donc sur le rendement. Une autre application est la projection plasma, où de l'hélium peut être mélangé à de l'argon, afin d'augmenter la viscosité et ainsi limiter la pénétration des gaz environnants dans le plasma.

Que celle d'un plasma d'argon, d'argon-hélium (pour des températures supérieures à  $10000k$  , ce qui représente un grand intérêt pour les arcs transférés par

Exemple. Ce mélange ternaire est aussi utilisé en projection plasma, à la fois pour la qualité des transferts de chaleur qu'il apporte, et pour la longueur du jet de plasma qu'il permet d'atteindre. La nature du gaz est donc choisie de sorte à optimiser les différentes applications dans lesquelles il intervient.

Quel que soit ce gaz, les interactions qui se produisent entre les particules du plasma génèrent un rayonnement, qui joue un rôle essentiel dans l'ensemble des procédés industriels. On cherchera à le maximiser dans les lampes par exemple, et plus généralement lorsque ce rayonnement est utile à l'application. Mais dans la plupart des procédés il constitue un inconvénient, à cause des pertes d'énergie qu'il induit, ou de l'ablation des matériaux qu'il génère. Il faut alors minimiser la quantité d'énergie rayonnée. Par ailleurs, en analysant ce rayonnement, nous pouvons déterminer les processus physiques qui l'ont généré, et ainsi mieux connaître à la fois les propriétés des plasmas et les interactions entre ces plasmas et leur environnement, afin de Contrôler et d'optimiser les pertes d'énergie dues au rayonnement. Ce travail de thèse avait deux objectifs principaux articulés autour du rayonnement des plasmas. L'un s'adresse aux " modélisateurs " des dispositifs à plasmas thermiques et consiste à compléter la banque de données sur les mélanges ternaires argon - hélium. Dans la littérature de nombreuses données ou des codes de calculs permettant de déterminer les grandeurs existent déjà. Ainsi les compositions d'équilibre, les fonctions thermodynamiques et les coefficients de transport pour les mélanges binaires Ar -He .il n'y a pas de données sur le rayonnement total des plasmas thermiques dans les mélanges ternaires Ar -He. C'est la raison pour laquelle nous voulions calculer dans cette thèse le coefficient d'émission nette de ces plasmas, De nombreuses méthodes existent déjà pour mesurer ce rayonnement et en déduire les caractéristiques du plasma telles que la densité électronique ou la température. Il s'agit souvent de techniques spectroscopiques, assez simples à mettre en place, mais qui nécessitent l'utilisation d'appareils de mesures spécifiques permettant une résolution spectrale du rayonnement.

Il faut de plus procéder à des étapes de calibration, afin de convertir des grandeurs électriques en grandeurs photoniques. Afin de contourner ces difficultés, il est envisageable de réaliser des partie théorique, nous nous sommes appuyés sur les

travaux développés lors du calcul du coefficient d'émission nette mais en séparant les contributions de différentes régions du spectre ensuite les notions de transferts d'énergie qui ont lieu entre les particules du plasma. Nous nous intéressons en particulier au transfert radiatif et à son calcul théorique. La résolution de l'équation correspondante fait intervenir les lois générales des plasmas et les notions d'équilibres thermodynamiques complet et local, ainsi que les lois qui en découlent. Ces notions sont définies dans la seconde partie de ce chapitre. Nous présentons ensuite la théorie sur le rayonnement que nous avons utilisée pour déterminer la quantité d'énergie rayonnée par des plasmas thermiques composés d'argon et d'hélium, Dans le chapitre 2 nous les expressions théoriques qui nous ont permis de calculer les émissions et absorptions en tout point du plasma. Nous avons pour cela décomposé les contributions de chacun des phénomènes physiques qui y contribuent. Nous abordons successivement le cas du fond continu et celui des raies, sur lesquelles une attention particulière est portée, afin de prendre en compte leur absorption qui influe fortement sur le rayonnement. A partir de ces grandeurs locales, nous calculons la quantité d'énergie rayonnée par l'ensemble du plasma grâce à la méthode du coefficient d'émission nette, que nous définissons au chapitre 3. Nous présentons ensuite les résultats théoriques pour des plasmas d'hélium pur et le mélange Ar -He. Enfin pour aider le travail des modélisateurs qui seront amenés à utiliser nos données, nous avons étudié la validité de certaines lois d'interpolation simple qui permettrait de déduire le rayonnement net d'un mélange à partir du rayonnement net de ses constituants ce qui simplifierait fortement l'utilisation de données tabulées.