

Synthèse de Nanotubes de Carbone Mono-paroi Dopés au Bore et/ou à l'Azote par Arc Electrique : Diagnostic du Plasma

S. Ben Nasr^{1,2}, F. Valensi¹, D.E. Gourari^{1,3,4}, M. Razafinimanana¹, R. Hannachi², Y. Cressault¹, L. Beji², M. Monthieux⁴

¹ LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie), CNRS-INPT-Université Toulouse III, 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 9, France

² LABEM (Laboratoire des Energies et des Matériaux: LR11ES34), ESSTHS-Université de Sousse, Rue Lamine Abassi 4011 Hammam-Sousse, Tunisie

³ Centre Universitaire De Naama SALHI Ahmed, BP 66, Naâma, Algérie

⁴ CEMES (Centre d'Elaboration des Matériaux et d'Etudes Structurales), CNRS-Université Toulouse III, 29 rue Jeanne Marvig, F-31055 Toulouse Cedex 4, France

mél: ben_nasr@laplace.univ-tlse.fr

Les nanotubes de carbone (NTCs) ont suscité un énorme engouement auprès de la communauté scientifique en raison de leurs propriétés physiques et chimiques uniques. Cependant des obstacles empêchant l'utilisation industrielle dans de nombreuses applications demeurent. Ces limitations sont principalement liées à la variabilité des propriétés physiques des NTC synthétisés. En effet, les NTCs monoparois purs peuvent être soit conducteurs, soit semi-conducteurs, les propriétés électroniques étant entièrement déterminées par la géométrie. A l'inverse, les propriétés des NTCs mono-paroi hétérogènes (par exemple $CN_x / C_xB_yN_z / CB_x$) dépendent de la composition chimique. Ils résultent de la substitution de certains atomes de carbone dans le réseau de graphène par des hétéroatomes (par exemple B et / ou N). On peut donc envisager la possibilité d'ajuster les propriétés électroniques selon l'application visée, évitant la coûteuse étape du tri.

Malgré les énormes progrès réalisés dans la recherche sur les NTCs, il n'est pas encore possible de produire en grande quantité des NTCs de propriétés bien définies à l'aide d'une technique rentable et efficace. La principale cause de ce problème est le manque de compréhension du mécanisme de croissance des NTCs. Parmi les différents procédés de synthèse, l'arc électrique présente l'avantage d'être non seulement plus facile à mettre en œuvre mais il permet également d'agir sur de nombreux paramètres contrôlant la synthèse. Celle-ci dépend notamment de la température du plasma, où se forment les précurseurs pour la croissance des tubes. Par ailleurs, le rayonnement issu de l'arc influe sur la température de la zone de croissance des NTCs. La connaissance de cette température est donc particulièrement importante pour interpréter les phénomènes de dissociation, d'excitation et d'ionisation qui se déroulent dans le plasma. De plus, la composition du plasma est une donnée fondamentale pour l'étude de ses propriétés radiatives.

Une étude précédente a permis d'identifier des conditions favorables à la synthèse des nanotubes hétérogènes. Cet article est dédié à l'étude des propriétés du plasma associées à ces différentes conditions de synthèse, afin d'établir la corrélation entre les caractéristiques du plasma et les propriétés des NTC substitués synthétisés. La synthèse est réalisée par arc électrique dans un réacteur cylindrique de 25 litres rempli d'hélium ou de mélange hélium/azote à 60 kPa. Le courant est compris entre 50 et 80A, l'arc est établi entre une anode hétérogène (remplie de graphite, de catalyseurs Ni et Y et de bore). Le diagnostic du plasma est réalisé par spectroscopie optique d'émission : la température d'excitation est obtenue en appliquant la méthode de Boltzmann aux raies du nickel, tandis que la température et la densité des molécules C_2 sont obtenues à partir de la bande de Swan C_2 (0-0). Les valeurs locales de la température obtenues en appliquant l'inversion d'Abel sur les profils des émissivités des raies mesurées sont comparées avec les valeurs de températures calculées sans inversion. Des mesures de température dans la zone de croissance sont également réalisées au moyen de thermocouples.