

Modélisation numérique des ceintures de radiation terrestres : Quelques aspects des méthodes numériques.

Nourallah DAHMEN, ONERA/DPHY, Toulouse, France

Vincent MAGET, ONERA/DPHY, Toulouse, France

François ROGIER, ONERA/DTIS, Toulouse, France

Mots-clés : Ceintures de radiation, Équation de diffusion, Schéma implicite, Volumes finis

Les ceintures de radiation terrestres sont des structures physiques quasi-permanentes et dynamiques, évoluant autour de la Terre. De forme toroïdale, elles renferment des électrons et des protons très énergétiques piégés par le champ magnétique terrestre qui décrivent des mouvements quasi-périodiques. On y observe des variations de flux intenses (plusieurs ordres de grandeur en quelques heures) essentiellement dues à un fort couplage avec le vent solaire.

La modélisation du mouvement des particules des ceintures de radiation repose sur une équation de diffusion[1] décrivant la fonction de distribution des particules, issue d'une formulation hamiltonienne et d'une approche statistique du problème. Le département Physique, Instrumentation, Environnement et Espace (DPHY) de l'ONERA, développe depuis les années 90 le code de calcul Salammbô 3D pour la résolution de cette équation de diffusion par le biais d'une discrétisation par Différences finies[1].

Du fait de la dynamique intense, fortement inhomogène et anisotrope des ceintures de radiation (intervenant dans l'équation à travers les coefficients de diffusion), le schéma numérique actuel est limité par des conditions de stabilité et n'est pas assez robuste pour prendre en compte certaines interactions physiques induisant des termes de diffusion croisés (termes extra-diagonaux du tenseur de diffusion)[2].

L'objet de la communication est de présenter les premiers résultats de la recherche entreprise pour refondre le coeur numérique actuel de Salammbô 3D. Les axes d'améliorations identifiés concernent : le passage vers une discrétisation temporelle Implicite/Semi-implicite[3] (dans l'optique d'élargir le domaine de stabilité de la méthode et la prise en compte des termes de diffusion croisés), et l'adoption de la méthode Volumes finis[4] pour la discrétisation spatiale (meilleure prise en compte des forts gradients spatiaux). En premier lieu, on s'est intéressé à un problème de diffusion simplifié 2D, pour lequel plusieurs schémas de discrétisation ont été implémentés, avec plusieurs techniques de résolution (solveur direct, itératif, techniques de pré-conditionnement). Ces schémas ont été validés et leurs performances ont été comparées, grâce à l'élaboration d'un cas test dimensionnant reprenant un état physique et réaliste des ceintures de radiation.

Références

- [1] T.BEUTIER, *Modélisation tridimensionnelle pour l'étude de la dynamique des ceintures de radiations*, Editeur,1993.
- [2] J.M.ALBERT, *Using quasi-linear diffusion to model acceleration and loss from wave-particle interactions*, Space Weather Volume 2 - Issue 9, 2004.
- [3] E.COMPOREALE, G.DELZANNO, S.ZAHARIA, J.KOLLER, *On the numerical simulation of particle dynamics in the radiation belt:1.Implicit and semi-implicit schemes*,Journal of Geophysical Research: Space Physics, VOL. 118, 3476-3484, 2013.
- [4] S.BOURDARIE, F.ROGIER, D.BOSCHER, *Assimilation filtrée appliquée aux ceintures de radiation* , Rapport R&T CNES, 2013.

Nourallah DAHMEN, ONERA - Toulouse/DPHY - 2, Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
nourallah.dahmen@onera.fr

Vincent MAGET, ONERA - Toulouse/DPHY - 2, Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
vincent.maget@onera.fr

François ROGIER, ONERA - Toulouse/DTIS - 2, Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
francois.rogier@onera.fr