

## Le projet ARC-EN-CIEL

*M.E. Couprie, C. Bruni, O. Chubar, J.M. Filhol, M. Labat, G. Lambert, A. Loulergue, P. Morin, L. Nahon* Synchrotron-SOLEIL  
*G. Devanz, M. Jablonka, M. Luong, F. Méot, A. Mosnier, B. Visentin, SACM, D. Garzella, O. Gobert, P. Hollander, O. Tcherbakoff, CEA, DSM/DREACM, Service de Photons, Atomes et Molécules pour l'équipe ARC-EN-CIEL*

Le projet ARC-EN-CIEL de source de quatrième génération vise à fournir un rayonnement femtoseconde, de haute brillance, accordable dans le domaine VUV – X et ajustable en polarisation pour la communauté scientifique. Il comporte trois phases conduisant à des performances différentes en terme de longueur d'onde et de flux, la troisième offrant simultanément un laser à électrons libres et un linac à récupération d'énergie en émission spontanée.

ARC-EN-CIEL se base sur l'emploi d'un accélérateur linéaire supra-conducteur (cavités TESLA à 1.3 GHz), permettant de fournir un faisceau d'électron de faible émittance ( $1-2 \pi$  mm.mrad) et de charge élevée (1nC). L'installation prévue comporte deux types d'injecteurs, des systèmes de compression de paquet, un ensemble de cryomodules permettant d'élever l'énergie à 220 MeV (phase1) puis à 1 GeV (phase 2), des boucles (phase 3) permettant de fonctionner en récupération d'énergie (ERL-Energy Recovery Linac), ou d'augmenter l'énergie du faisceau à 2 GeV. Le faisceau d'électrons dans l'axe de l'accélérateur linéaire se propage ensuite dans les sections d'onduleur, où conjointement est injectée une onde optique cohérente externe dont la longueur d'onde coïncide avec le fondamental rayonné par l'onduleur. Dans les premiers onduleurs (modulateurs), l'interaction entre le faisceau et l'onde externe conduit à une modulation en densité du paquet, qui peut ensuite rayonner de façon plus cohérente dans les sections suivantes d'onduleur (radiateur) ajustées sur le fondamental ou un harmonique de la longueur d'onde d'injection. Cette configuration, comparée au SASE (Self Amplified Spontaneous Emission) où l'émission spontanée de l'onduleur sert d'onde lumineuse pour l'interaction avec le faisceau d'électron, conduit à un plus haut degré de cohérence temporelle (en particulier, avec un affinement spectral), une meilleure stabilité, un jitter significativement réduit. Elle permet aussi une longueur de saturation plus faible que pour le SASE, donc un coût plus réduit. Dans le cas d'ARC-EN-CIEL, l'onde d'injection est constituée par les harmoniques cohérentes d'ordre élevé générées dans les gaz, dont le rayonnement s'étend jusqu'à la fenêtre de l'eau. Une première expérience de démonstration, qui a été récemment effectuée par une équipe française en collaboration sur SPA au Japon (SCCS Prototype Accelerator) à 150 MeV, a conduit à la production de rayonnement à 160 nm, 53 et 32 nm pour une injection des harmoniques dans les gaz à 160 nm. Comme le système est en régime de fort gain, les harmoniques non linéaires sont aussi produites.

La phase 1 d'ARC-EN-CIEL conduit à du rayonnement cohérent, accordable entre 260 et 30 nm, de polarisation ajustable, avec des impulsions de 100 à 50 fs. La phase 2 étend la gamme spectrale jusqu'à 1 nm. Une branche à un peu plus haute énergie en polarisation linéaire pourrait être ajoutée. La phase 3 comporte des boucles ERL où sont installés des onduleurs rayonnant en émission spontanée avec des impulsions sub-picoseconde, qui élargissent la gamme spectrale jusqu'aux rayons X durs (au-delà de 20 keV). Elle inclut aussi un LEL oscillateur de 60 à 10 nm, tirant parti des développements optiques pour la lithographie, et des

onduleurs pour la production de rayonnement synchrotron femtoseconde dans le VUV et les X.