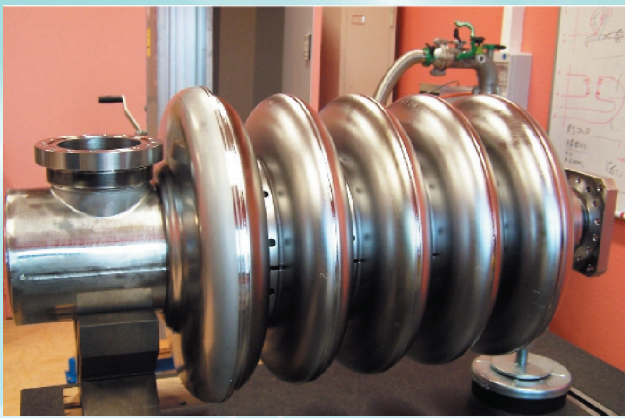


INNOVATIONS DANS LA SCIENCE DES ACCÉLÉRATEURS ET LEURS APPLICATIONS

Les accélérateurs ont été à la base de découvertes majeures de physique et ont des applications dans de nombreux domaines scientifiques, médicaux ou industriels.

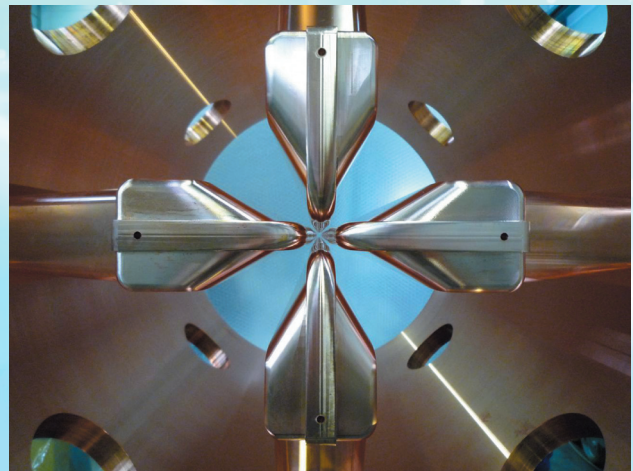


Les laboratoires de P2IO ont toujours été des acteurs majeurs de ce domaine et sont à la pointe des nouvelles technologies. Ils continuent d'exploiter quelques accélérateurs pour la recherche fondamentale et ils consacrent de grands efforts à la R&D et à la construction d'accélérateurs innovants tant pour la physique que pour les applications médicales. Récemment leur expertise dans les accélérateurs linéaires à base de cavités supraconductrices leur a permis de participer à la construction de SPIRAL2 à Caen, de XFEL à Hambourg et bientôt de la future source de neutrons européenne en Suède et à un projet de transmutation de déchets nucléaires par



accélérateur en Belgique. Ils disposent pour cela de plateformes technologiques modernes qui leur permettent de développer les techniques des accélérateurs de la prochaine génération comme l'ILC ou CLIC, successeurs du LHC du CERN.

Pour les applications médicales, des collaborations sont menées en partenariat, par exemple avec le Centre de Protonthérapie d'Orsay ou SOLEIL, pour le projet novateur ThomX, une source compacte de rayonnement X pour l'imagerie.



De nouvelles idées sont nécessaires pour dépasser les frontières des technologies actuelles. Les accélérateurs laser/plasma sont une voie d'avenir qui permettra d'augmenter de plusieurs ordres de grandeur le gradient accélérateur. Les laboratoires de P2IO sont des acteurs majeurs dans ce domaine et sont partenaires du programme laser Apollon de 10pW.

CAPTEURS DE NOUVELLES GÉNÉRATION ET TRAITEMENT DU SIGNAL



Le développement de détecteurs innovants est crucial pour les programmes de P2IO. La structure et les leviers du Labex permettent de renforcer la R&D amont, pour définir des lignes instrumentales fortes, portées collectivement devant les instances nationales et européennes de soutien de la recherche technologique.

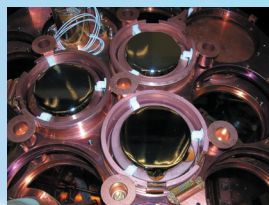
Pour les détecteurs, on peut dégager les lignes de forces suivantes :

- Détecteurs cryogéniques : bolomètres à absorbeurs massifs pour la recherche de matière noire. Matrices de micro-bolomètres pour les imageurs spatiaux X et infrarouge, microélectronique cryogénique associée.
- Détecteurs à semiconducteurs : matrices de détecteurs CdTe pour gamma-caméras spatiales à haute résolution spectrométrique, détecteurs gamma Ge segmentés, détecteurs Si, capteurs monolithiques CMOS pixellisés pour la trajectographie fine.
- Détecteurs gazeux : trajectographes multicouches, chambres à projection temporelle, détecteurs de neutrons et détecteurs de faisceau mettant en œuvre des dispositifs microstructurés, en connexion avec le programme RD51 du CERN. Essor des détecteurs Micromegas, avec la maîtrise des technologies de construction, des nouveaux dispositifs permettant une lecture à très haut flux et l'optimisation de la résolution spatiale ainsi qu'une électronique de lecture pixellisée intégrée.
- Calorimètres à haute granularité pour les futurs collisionneurs d'électrons.

- Détecteurs à liquide noble cryogénique : mesure de la scintillation et de l'ionisation dans des chambres à projection temporelle double phase à xenon et argon liquide.
- Scintillateurs : nouveaux cristaux et dispositifs pour la spectroscopie nucléaire et l'imagerie médicale.
- Photodétecteurs : caractérisation des dispositifs photosensibles, développement des photo-multiplieurs silicium pour les applications en physique, astrophysique et imagerie médicale.
- Détecteurs à très haute résolution temporelle : galettes à micro canaux et électronique associée.

La microélectronique frontale est un atout significatif des laboratoires P2IO : circuits bas bruit spatialisés pour la spectrométrie X-gamma, circuits frontaux pour les détecteurs semi-conducteurs et gazeux, circuits pour la lecture de photodétecteurs segmentés, échantillonneurs analogiques ultra-rapides permettant une mesure de temps très précise.

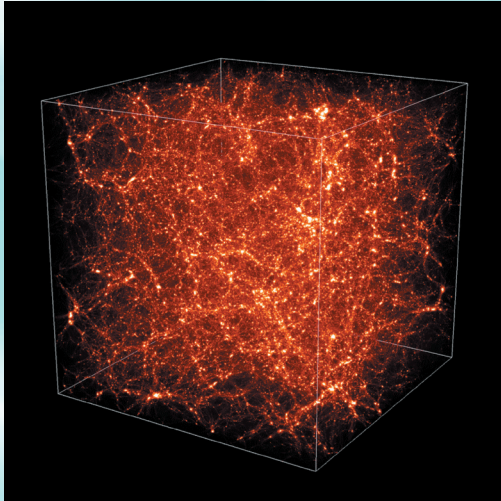
Les circuits les plus avancés intègrent un nombre croissant de fonctions système, la conversion analogique numérique et la gestion des tampons d'événements. L'effort de R&D porte sur les évolutions technologiques pour les circuits spatiaux et résistant aux radiations et sur la connexion au détecteur (capteurs monolithiques intégrés, hybridations complexes, techniques d'interconnexion microélectronique 3D).



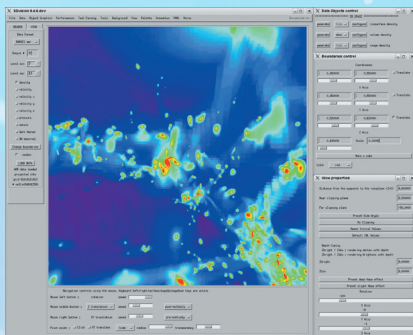
Les laboratoires P2IO sont fortement impliqués dans l'architecture système et le traitement temps réel du signal. L'acquisition, le transport, la réduction des données et le calcul

embarqué s'appuient sur les structures mixtes matérielles et logicielles fournies par les circuits programmables avancés FPGA, sur les liens de communication série à très haute bande passante et sur les communications optiques.

EXPLOITATION DE DONNÉES ET SIMULATION



Les recherches menées par les différents acteurs de P2IO reposent sur la capacité de traiter des volumes croissants de données générés par les expériences (détecteurs, satellites...) et sur les simulations numériques nécessaires à la conception des outils expérimentaux et à l'interprétation des données qu'ils produisent. Depuis plusieurs décennies, ces volumes augmentent d'un facteur 10 tous les 10 ans.



Les quatre expériences du LHC par exemple, produisent 15 péta-octets de données par an. Les prochaines expériences

de physique nucléaire ou d'astrophysique de la décennie en cours produiront des volumes de données comparables.

L'analyse et le stockage des données, tout comme la production des données simulées, n'est plus possible dans un centre de calcul isolé comme par le passé. Il faut imaginer

des solutions novatrices qui permettent de répartir les données à l'échelle d'un continent ou du monde entier tout en affranchissant l'utilisateur de la nécessité de connaître leur localisation pour les traiter. Ce sont ces défis du stockage et du traitement distribués de grandes masses de données qui ont donné naissance à l'infrastructure de grille de calcul, en particulier EGI en Europe et OSG aux Etats-Unis, sur laquelle reposent exclusivement les moyens de traitements des données du LHC.

Dans le même temps, de nouveaux usages et d'autres types d'application ont fait émerger de nouveaux besoins :

- une flexibilité accrue dans l'accès et l'allocation des ressources qui sont à la base du développement des technologies de «cloud». De tels environnements versatiles et génériques seront un composant essentiel des futurs «observatoires virtuels» permettant la sélection des données basées sur une problématique scientifique particulière et leur visualisation intelligente.
- des problématiques de performance particulières reposant sur la nécessité de tirer partie du parallélisme fortement intégré, en développant de nouvelles approches algorithmiques et en maîtrisant l'utilisation d'architectures nouvelles, notamment les GPUs.

Deparlarichesseetladiversitédescompétences informatiques présentes dans P2IO, tant en matière de développement d'applications que de mise en œuvre de ressources et de R&D sur les nouvelles architectures de calcul parallèle et distribué, nos laboratoires sont particulièrement bien placés pour contribuer collectivement aux futures plateformes informatiques des expériences et de la recherche théorique en physique fondamentale.

