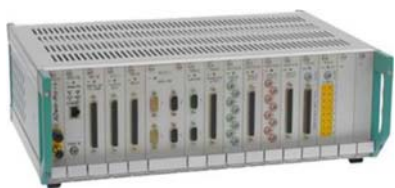


Application : Des systèmes ADwin pour le traitement du cancer



Les systèmes temps réel ADWIN ont acquis une réputation d'excellence dans des domaines tels que l'aéronautique, l'automobile, le ferroviaire, la recherche. Dès qu'il est nécessaire de traiter un procédé ou un essai de manière déterministe et sécurisée à très haute vitesse, ces systèmes ont prouvé leur efficacité et leur fiabilité. Alors, il est parfois enrichissant d'explorer des utilisations encore plus exigeantes en termes de performance et de sécurité. Cette note présente donc leur utilisation dans un domaine médical de très haute technologie : Les traitements du cancer par protonthérapie.

La protonthérapie

Contrairement à la radiothérapie classique qui utilise des faisceaux de photons et/ou d'électrons, la protonthérapie utilise des faisceaux de protons. Le proton est une particule avec des propriétés physiques qui permettent un contrôle de la balistique du faisceau beaucoup plus précis. Cela lui confère deux avantages majeurs :

Premier avantage : les protons vont traverser la matière pour déposer quasiment toute leur énergie à une profondeur donnée, puis s'arrêter net. L'énergie initiale des protons détermine la profondeur atteinte.

Deuxième avantage : les protons se dispersent peu le long de cette trajectoire. Les régions adjacentes aux faisceaux ne subissent donc que très peu de dommages collatéraux.

Avec la protonthérapie, les radiothérapeutes disposent d'un rayonnement à la balistique ultraprécise, fort utile quand il s'agit de traiter des tumeurs à proximité d'organes sensibles et tout particulièrement chez les enfants.

Le centre de protonthérapie de l'institut Curie à Orsay



L'histoire débute en 1937 avec la construction du premier cyclotron français initiée par Frédéric Joliot-Curie. En 1958 ce premier cyclotron est remplacé par un synchrocyclotron plus puissant. C'est cet accélérateur, devenu inutilisable pour la physique nucléaire, désormais habituée à des machines plus puissantes, qui sera transformée entre 1989 et 1991 pour être utilisée à des fins médicales.

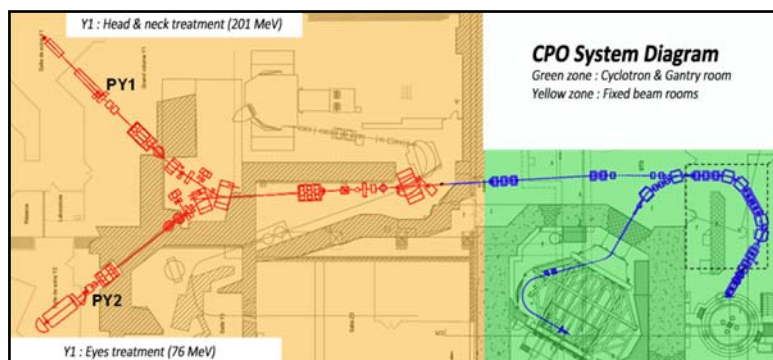
En 2004, le Centre de Protonthérapie intègre l'Institut Curie qui va alors entreprendre une rénovation d'envergure. En 2010, le centre est doté d'un cyclotron industriel de nouvelle génération (230 MeV) fourni par la société IBA, d'une nouvelle salle de traitement avec un bras isocentrique, également d'origine IBA, complétant les deux salles existantes avec faisceaux fixes. Ce bras isocentrique permettant d'orienter le faisceau autour du patient pour traiter de nouvelles indications jusqu'alors inaccessibles, notamment chez l'enfant.

En mars 2017, une nouvelle étape est franchie avec le traitement du premier patient par la technique dite du Pencil Beam scanning (PBS). Cette technologie de balayage du faisceau de protons permet de traiter des tumeurs de volumes complexes. Les indications tumorales vont ainsi être étendues, ce qui permettra à plus de patients d'être traités par protonthérapie.

Les salles de traitement par faisceaux fixes

Les deux salles de traitement par faisceaux fixes sont utilisées pour le traitement des tumeurs de l'œil, du crâne et du cou selon le niveau d'énergie requis : 76 MeV pour l'œil, 201 MeV pour le crâne et le cou.

Dans ces deux salles, l'irradiation est contrôlée par un système déterministe qui mesure la dose délivrée au patient pour couper le faisceau à la dose voulue. Ce système de dosimétrie est composé d'une chambre d'ionisation, d'une carte Tera comportant 64 électromètres et d'un système ADWIN PRO qui constitue le cerveau de l'installation.



Contrairement à un instrument de mesure classique, un électromètre présente une impédance d'entrée de plusieurs Téraohms (TΩ). Les courants de fuite sont alors négligeables, et on obtient des résolutions extrêmes en mesures de courant ou de charge. Dans le cas présent la résolution obtenue est de 0,6 picocoulombs (pC), soit 6×10^{-13} C.

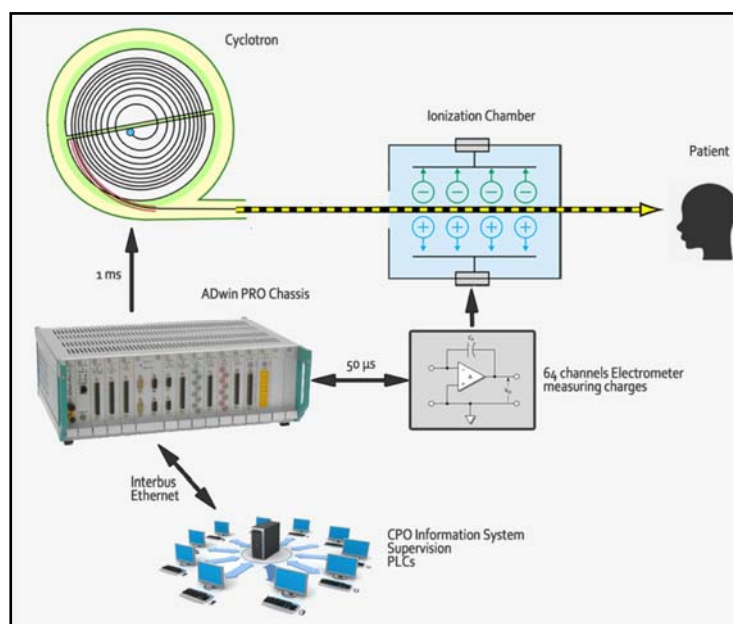


Le temps réel

Le système ADWIN PRO fait le lien entre la mesure de charge et la gestion du faisceau. Il prend donc le contrôle de la dosimétrie. L'électromètre met à disposition les mesures via un unique registre pour ses 64 voies. Cela peut paraître restrictif, mais présente deux avantages majeurs. Il n'y a pas de recopies analogiques pouvant entraîner des erreurs de mesures, et le nombre de sorties numériques reste limité.

Le système ADWIN contrôle le multiplexage de l'électromètre et vient lire les valeurs mesurées via cet unique registre. Durant l'irradiation, ce registre repasse par une valeur nulle plusieurs fois par seconde. Il est primordial de respecter un timing précis afin de ne pas omettre ces passages de valeurs nulles, ce qui serait catastrophique sur le calcul d'accumulation de la dose. N'oublions pas qu'une mesure de charge électrique est dépendante du temps. L'aspect déterministe est donc primordial pour cette application.

Le fil d'exécution (process temps réel) principal est effectuée itérativement à une période de 50 μ s. A chaque itération, le système ADWIN PRO réalise les acquisitions des électromètres, calcule la dose délivrée et compare celle-ci à la dose prescrite. Dès que celle-ci est atteinte il coupe le faisceau dans un délai maximal de 1 ms.



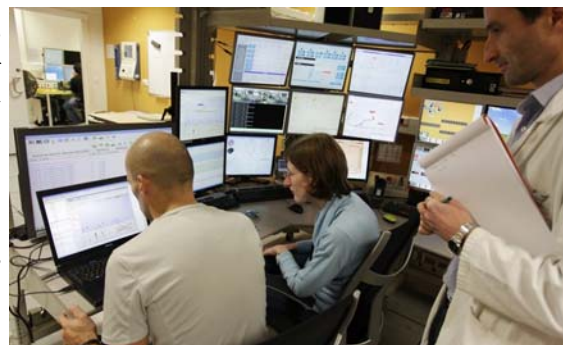
A ce fil d'exécution primordial, se joignent 6 autres process temps réel dont la période varie de 50 μ s à 200 ms. Ces autres process gèrent les servitudes, la gestion des défauts sur le faisceau de protons ou la chambre d'ionisation, la communication avec le système central d'information via une liaison Interbus et un port Ethernet. Tous ces process temps réel ont été développés par l'équipe du centre de protonthérapie au moyen du langage natif des systèmes ADWIN nommé ADBASIC.

Le frontal de supervision est quant à lui réalisé sous le logiciel SCADA Panorama pour lequel un pilote logiciel spécifique ADWIN a été développé.

18 ans sans pannes

Les systèmes ADWIN sont en place depuis 18 ans et n'ont jamais connu de problèmes. Chaque matin, le coefficient de calcul de la dose est vérifié par un système étalon et chaque trimestre un test périodique du système complet est réalisé (bruit, pouvoir de coupure, surveillance des alimentations, reproductibilité et linéarité).

Ainsi les systèmes ADWIN démontrent tant leur efficacité que leur fiabilité, y compris dans des applications et des environnements imposant de très fortes exigences.



Pour en savoir plus :

Institut Curie - Centre de protonthérapie : <https://curie.fr/liste/centre-de-protontherapie>

Les systèmes ADWIN : <http://www.adwin.de/index-us.html>

Remerciements

Cette note d'application est une contribution de M. Frédéric Martin, Ingénieur en charge de ces applications au centre de protonthérapie d'Orsay. Nous l'en remercions.