

Plus efficace et avec une dose de rayonnement plus faible

# La nouvelle révolution des rayons X

Rendre visible les vaisseaux sanguins sans produit de contraste radio-opaque, pouvoir mieux localiser les tumeurs parmi les tissus sains, et tout ceci avec une dose de rayonnement plus faible et une plus grande économie énergétique? Tel est effectivement l'objectif d'une nouvelle génération de systèmes à rayons X provenant des laboratoires Siemens.

Ce qui s'est passé tard dans la soirée du vendredi 8 novembre 1895 à l'institut physique de l'université de Würzburg peut être sans aucun doute répertorié comme étant l'un des développements les plus révolutionnaires dans l'histoire de la médecine. Ce soir là, Wilhelm Conrad Röntgen découvre en effet une «nouvelle sorte de rayonnement» pouvant apparemment pénétrer sans peine dans la matière, et il prendra rapidement conscience de l'utilité que ceux-ci pourraient avoir pour la médecine. Il a réussi sa première «radiographie» deux jours avant Noël: c'était une prise de vue de la main de son épouse, sur laquelle non seulement l'alliance mais également les os étaient clairement reconnaissables. Lorsque le premier prix Nobel de physique a été décerné à Röntgen en 1901,

c'était alors une conséquence logique pour des prestations exceptionnelles.

Les premiers produits industriels ne se sont pas fait attendre très longtemps: le 24 mars 1896, soit moins de cinq mois après la découverte de Röntgen, l'entreprise Siemens & Halske déposait un brevet pour un nouveau tube à rayons X qui convenait «particulièrement bien à l'irradiation du corps entier des personnes adultes». L'entreprise Siemens est restée fidèle au diagnostic radiologique jusqu'à aujourd'hui, en proposant des solutions appropriées, depuis les appareils mobiles jusqu'aux équipements de tomographie assistés par ordinateur pour imagerie en 3D, en passant par les systèmes entièrement numériques.

## Les points faibles des systèmes à rayons X actuels

Plus de 90 pour-cent de tous les examens médicaux par imagerie dans le monde utilisent aujourd'hui les rayons X. Mais la technique repose toujours sur le même principe base qui était déjà utilisé il y a 120 ans: des électrons émis par une cathode et accélérés pour atteindre de hautes énergies entrent en collision sur une anode fixe généralement constituée d'un métal lourd tel que le tungstène, qui libère ainsi des rayons X. Ces derniers sont alors plus fortement absorbés par les os que par les tissus mous: les os apparaissent par conséquent plus sombres sur la radiographie, et les parties molles plus claires.

Bien que ce procédé soit utilisé avec succès dans les techniques médicales, il présente toutefois aussi quelques points faibles. La plupart des électrons percutant l'anode produisent ainsi principalement de la chaleur. Pas plus d'un pour-cent de l'énergie est en effet transformée en rayons X, et le gaspillage énergétique est énorme. Dans de nombreuses applications, telles que le diagnostic des tumeurs, les médecins désirent en outre pouvoir distinguer diverses textures molles. Si le contraste est augmenté, le patient est alors exposé à une dose plus élevée de rayons X, ce qui devrait être évité, car ces rayons à haute énergie peuvent endommager les tissus sains.

Pour l'examen des maladies cardio-vasculaires, on a souvent besoin d'un produit de contraste radio-opaque afin de pouvoir visualiser les vaisseaux sanguins par le rayonnement X des systèmes d'angiographie, mais pratiquement un patient sur dix est allergique à ces substances de contraste pouvant provoquer un choc anaphylactique et une insuffisance rénale. Un processus utilisant moins, voire même aucun produit de contraste radio-opaque serait par conséquent une bénédiction pour des millions de personnes.

Prof. Alessandro Olivo dans le laboratoire de l'University College London. Une révolution majeure dans le diagnostic médical est mise au point en collaboration avec Siemens: la radiographie à contraste de phase utilise des tubes à rayons X et des détecteurs entièrement nouveaux.



### Tout est nouveau: depuis la source de rayons X jusqu'au détecteur

«La technologie que nous développons actuellement chez Siemens pourrait nous aider à maîtriser tous ces défis», explique le prof. Dr. Oliver Heid, responsable du secteur technologique «Healthcare Technology and Concepts» chez Siemens Corporate Technology. En plus d'être médecin, Oliver Heid est détenteur d'environ 300 brevets dans des domaines les plus variés allant de la technique à haute fréquence jusqu'aux accélérateurs et solutions logicielles, en passant par la science des matériaux et la supraconduction. «Nous sommes en train de repenser complètement le concept et de tout modifier: la méthode permettant de générer les rayons X, tout comme le procédé permettant de les détecter. Si tout marche bien avec notre concept de radiologie de nouvelle génération, ce sera «une révolution supplémentaire dans le diagnostic médical», souligne le Dr. Heinrich Kolem, CEO du secteur des systèmes d'angiographie chez Healthcare.

Des innovateurs prolifiques se sont rencontrés pour ce projet de recherche et développement planifié sur plusieurs années et agendé jusqu'en 2017. En plus d'Oliver Heid et Heinrich Kolem, l'équipe dirigée par le CEO Dr. Peter Molnar pour les composants et la technologie du vide chez Healthcare, ainsi que des chercheurs de Siemens Corporate Technology en Russie et des partenaires externes provenant par exemple de l'université d'Oxford, ainsi que le prof. Alessandro Olivo de l'University College London, apportent leur expérience scientifique et leur pratique clinique respective au sein de l'équipe de développement. Peter Molnar, dont l'unité opérationnelle produit environ 22000 tubes à rayons X par an pour la tomodensitométrie assistée par ordinateur, l'angiographie et les techniques de radiologie de Siemens, souligne la valeur de cette coopération: «Notre objectif commun est une industrialisation compétitive et un lancement sur le marché couronné de succès du nouveau système. C'est seulement à ce moment là qu'une bonne idée deviendra une véritable innovation.»

### Densité énergétique sensiblement plus élevée et consommation d'énergie nettement réduite

Mais qu'est-ce qui est véritablement novateur? Cela commence déjà par la cathode: l'équipe mise non plus sur des filaments incandescents chauffés à plus de 2000°C qui émettent les électrons, mais sur une cathode froide à nanostructure en carbone amorphe de forme

annulaire, qui fonctionne à haute tension et à température ambiante. Avantage: elle est plus économique en énergie que les cathodes précédentes.

Les électrons ne percutent plus une cible fixe en tungstène, mais une nouvelle invention des chercheurs de Siemens qu'ils ont dénommée LiMA. Cette dernière est l'abréviation de «Liquid Metal jet Alloy target»: un faisceau en métal liquide de la taille d'un cheveu, composé de lithium à 95 pour-cent, qui dissipe très efficacement la chaleur, et de cinq pour-cent d'éléments lourds tels que le bismuth ou de terre rare telle que le lanthane. Ces derniers sont nécessaires pour freiner les électrons et ainsi produire le rayonnement X à ondes très courtes. L'énergie des électrons qui quittent la fine anode en métal liquide peut être alors en grande partie récupérée et à nouveau injectée dans le circuit énergétique. En conséquence: ce tube à rayons X consomme et nécessite moins de la moitié du courant électrique et du refroidissement par rapport aux appareils de la génération précédente, diminuant ainsi nettement la consommation d'énergie.

Mais le plus important est qu'une densité d'énergie beaucoup plus élevée est ainsi générée sur la cible (Target). Avec la même intensité de rayonnement, le foyer de la nouvelle source de rayons X est 400 fois plus fin que celui des tubes à rayons X conventionnels. «Sur la marque focale ponctuelle, ce rayonnement X est quatre milliards de fois plus lumineux que le soleil sur la surface terrestre», explique Oliver

Heid, «procurant ainsi une résolution 20 fois plus élevée.»

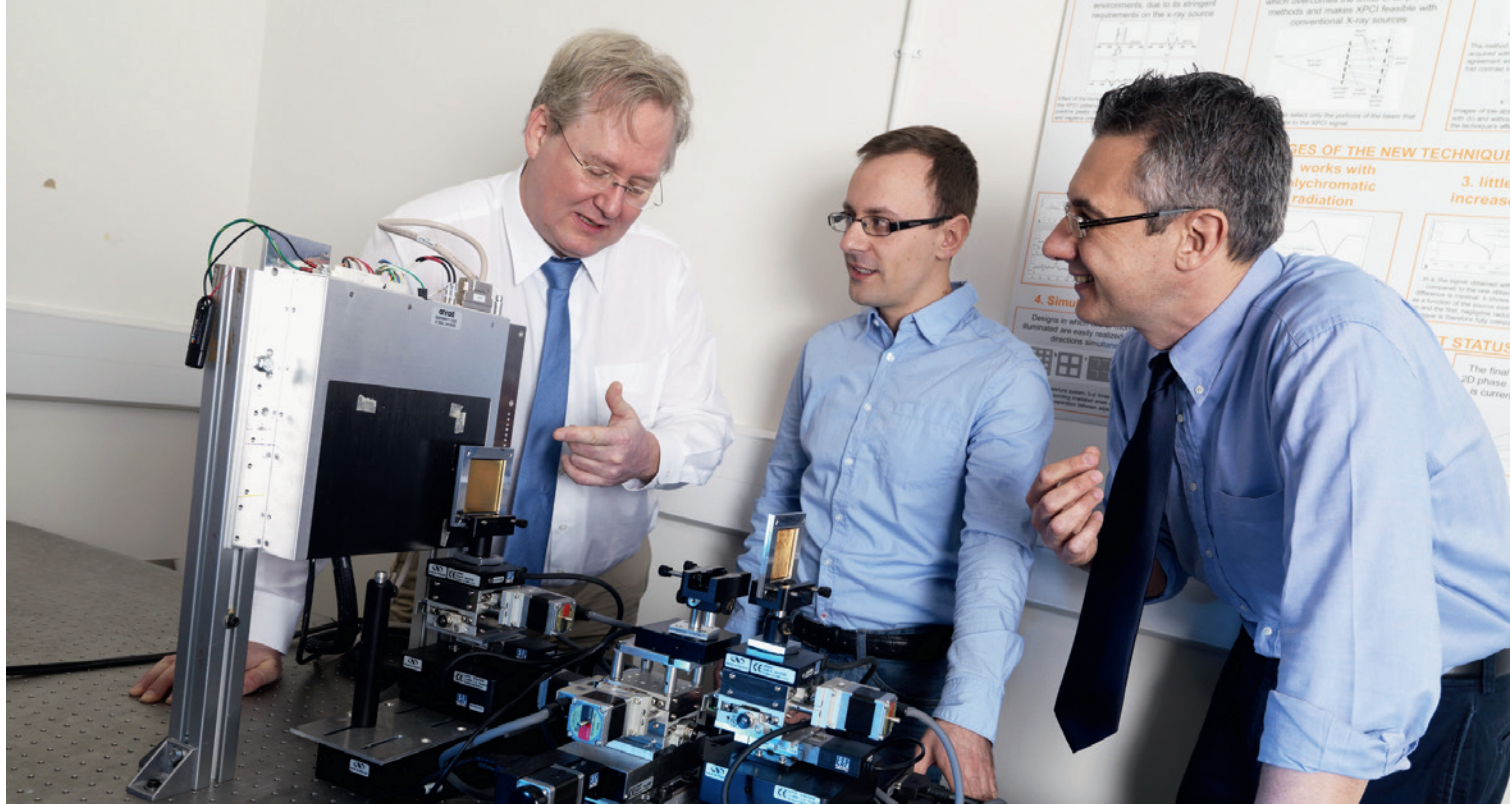
### Une résolution 20 fois supérieure à celle des systèmes actuels

C'est maintenant à nouveau la condition préalable pour un tout nouveau processus d'imagerie, sur lequel les scientifiques du monde entier travaillent depuis des années: la radiographie à contraste de phase. Avec l'actuelle radiographie par absorption, il s'agit simplement de détecter si les rayons X traversent ou non un tissu spécifique. Les propriétés de réfraction sont par contre également mesurées dans la radiographie par contraste de phase, permettant ainsi de détecter l'intensité de l'influence du tissu spécifique sur la phase (séquence de pics et creux d'oscillation), de l'onde du rayonnement. C'est le même phénomène physique qui produit les effets lumineux sur le fond d'une piscine remplie d'eau lorsqu'elle est éclairée par la lumière du soleil. De nombreuses et précieuses informations sont contenues dans ce déphasage, car il varie selon le type de tissu traversé dont le rayonnement est réfracté. Les tissus mous peuvent être ainsi différenciés, notamment la disparité entre la graisse et l'eau ou encore la part de fer dans le sang devient ainsi bien visible, ce qui est par exemple primordial pour pouvoir bien délimiter un tissu sain d'une tumeur maligne au stade précoce.

«Afin de pouvoir mesurer de tels déphasages, nous travaillons également sur un composant entièrement nouveau du côté de la détection»,

De gauche à droite: Prof. Alessandro Olivo (UCL), Prof. Dr. Oliver Heid (Siemens CT), et Dr. Paul Diemoz (UCL) avec un composant à contraste de phase qui devrait permettre d'élaborer un nouveau processus d'imagerie: la radiographie à contraste de phase.





Les chercheurs discutent sur les avantages de la radiographie à contraste de phase dans ce laboratoire spécialisé de l'University College London.

explique le Dr. Andreas Geisler, responsable de projet pour le nouveau système à rayons X dans l'équipe d'Oliver Heid. Un capteur de front d'onde (ACO) tel que par exemple d'ores et déjà utilisé dans des domaines tels que l'optique ou l'astronomie sera pour la première fois également exploité pour un faisceau à rayons X. Ce

capteur est composé de millions de lentilles concaves en métal ou en silicium produisant ainsi une matrice de foyers focaux sur le détecteur. La réfraction de l'onde dans l'objet peut être alors déterminée par le décalage de ces points focaux, ce qui n'est pas possible aujourd'hui avec des détecteurs conventionnels.

«Ces systèmes à rayons X de nouvelle génération doivent pouvoir être ainsi exploités non seulement très efficacement, mais doivent également permettre de détecter des contrastes de parties molles avec une dose de rayonnement relativement faible», explique Andreas Geisler. Les vaisseaux sanguins pourraient aussi devenir visibles sans produit de contraste radio-opaque, les tumeurs pourraient être mieux détectées grâce à la résolution améliorée et au contraste de phase, et cette nouvelle technique serait également idéale pour des interventions à invasion minimale. «Nous désirons par exemple pouvoir guider des cathéters et naviguer à travers des champs magnétiques, et grâce à l'imagerie à rayons x, nous pourrions ainsi savoir à tout moment où ils se trouvent précisément dans le corps humain», explique Heinrich Kolem. Tout cela ne fonctionne pas avec les tubes à rayons x conventionnels car ils sont sensibles aux champs magnétiques. Les systèmes de radiographie de nouvelle génération éliminent cet inconvénient, et peuvent simultanément fournir des images plus probantes et significatives pour le diagnostic médical.

#### Informations complémentaires

Siemens Suisse SA  
Healthcare  
Freilagerstrasse 40  
8047 Zurich  
Téléphone +41 585 581 599  
healthcare.ch@siemens.com  
www.siemens.ch/healthcare

Texte: Eray Müller  
Illustrations: Siemens

**ZEITAG**  
Timeware of Switzerland

## Ensemble forts pour votre temps

TEMPS

CONSEIL

ACCES

**T 041 926 99 88**      **www.zeitag.ch**