

# Experimental determination of absorbed dose to water in a scanned proton beam using a water calorimeter and an ionization chamber

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Gagnebin, Solange Estelle

**Publication date:**

2010

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006186920>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH No. 19139

**Experimental determination of absorbed dose  
to water in a scanned proton beam using a  
water calorimeter and an ionization chamber**

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH  
for the degree of  
DOCTOR OF SCIENCES

presented by

**Solange Estelle GAGNEBIN**

MSc Physics University of Neuchâtel

born June 24, 1982

citizen of Tramelan (BE), Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. G. Dissertori, examiner

Prof. Dr. J.-L. Vuilleumier, co-examiner

PD Dr. D. Twerenbold, co-examiner

Zurich

**2010**

## Abstract

In the clinical environment, the dose delivered by the radiotherapy installation is controlled regularly in order to prevent damage to the healthy patient tissues. On the other hand, a correct dose has to be delivered in order to destroy the tumor in an optimal way. The reference physical quantity for the energy absorbed in tissue is the absorbed dose to water. This quantity is routinely measured with ionization chambers. However, ionization chambers have to be calibrated in order to convert the measured electrical charge into absorbed dose to water. The currently used protocols demand that these conversion factors have to be traceable to a primary standard of absorbed dose to water. The preferred primary standard is a water calorimeter, which determines the dose directly by measuring the temperature increase in water. This thesis presents experimental results of the water calorimeter developed by the Federal Office of Metrology (METAS) exposed to the scanned proton beams at the Paul Scherrer Institute (PSI). Ionization chamber measurements are compared with the direct determination of absorbed dose to water from the water calorimeter. The agreement of 3.2% of the dose values measured by the two techniques are within their respective statistical uncertainties, and confirm the possibility to use a water calorimeter as primary standard for all types of existing proton therapy systems.

In addition, different types of ionization chambers have been exposed to identical proton doses in order to compare their chamber specific correction factors  $k_Q$ . The measurements confirm the recommended  $k_Q$  values as proposed by the protocols.

## Résumé

Dans l'environnement hospitalier, la dose délivrée par les installations de radiothérapie est contrôlée régulièrement pour prévenir d'éventuels dommages dans les tissus sains des patients. D'autre part, une dose correcte doit être délivrée pour détruire les tumeurs de façon optimale. La grandeur physique de référence pour l'énergie absorbée dans les tissus est la dose absorbée dans l'eau. Cette grandeur est mesurée systématiquement avec des chambres ionisantes. Cependant, les chambres ionisantes doivent être calibrées pour convertir la mesure de charge électrique en dose absorbée dans l'eau. Les protocoles actuellement utilisés exigent que les facteurs de conversion soient reliés à un étalon primaire pour la dose absorbée dans l'eau. L'étalon primaire de préférence est un calorimètre à eau qui détermine la dose directement en mesurant l'augmentation de la température dans l'eau. Cette thèse présente les résultats expérimentaux obtenus avec le calorimètre à eau, développé à l'Office Fédéral de Métrologie (METAS), exposé au faisceau de protons scannés de l'Institut Paul Scherrer (PSI). Les mesures d'une chambre ionisante sont comparées avec la détermination directe de la dose absorbée dans l'eau provenant du calorimètre à eau. Les valeurs de la dose mesurée par les deux techniques sont en accord dans les 3.2% selon leurs incertitudes respectives, ce qui confirme la possibilité d'utiliser le calorimètre à eau comme étalon primaire pour tous les types de systèmes de protonthérapie existants.

De plus, différents types de chambres ionisantes ont été exposées à une dose identique dans le faisceau de protons pour comparer leur facteur  $k_Q$  spécifique à chaque chambre. Les mesures confirment les valeurs  $k_Q$  recommandées par les protocoles.