



X-ray and neutron imaging for cultural heritage: the INFN-CHNet experience

A. Mazzinghi^{1,2,a}, L. Castelli^{2,b} , C. Ruberto^{1,2}, S. Barone^{1,2}, F. García-Avello Boffias², A. Bombini², C. Czelusniak², N. Gelli², F. Giambi^{1,2}, M. Manetti², M. Massi², L. Sodi², A. Balerna³, L. Pronti³, M. Romani³, M. Angelucci³, G. Viviani³, V. Sciarra³, M. Cestelli Guidi³, M. Marabotto^{4,5}, L. Sottili^{5,6}, L. Vigorelli^{5,6}, F. Tansella^{5,6}, M. Magalini^{5,6}, L. Guidorzi^{5,6}, A. Re^{5,6}, A. Lo Giudice^{5,6}, C. Ricci^{5,7}, F. Pozzi^{5,7}, G. Iorio^{8,9}, V. Graziani^{8,9}, A. Fabbri^{8,9}, P. Branchini^{8,9}, A. De Carlo^{8,9,10}, L. Tortora^{8,9,10}, M. P. Morigi^{11,12}, M. Bettuzzi^{11,12}, R. Brancaccio^{11,12}, M. Seracini^{11,12}, F. Cantini^{1,2,13}, F. Grazzi^{2,13}, G. Marcucci^{14,15}, M. Clemenza^{14,15}, D. Alloni^{16,17}, S. Altieri^{16,18}, R. Rossini^{16,18}, A. Salvini^{16,17}, O. Sans-Planell^{5,6,19}, D. Zafropoulos²⁰, L. Sarchiapone²⁰, F. Arneodo²¹, R. A. Torres Saavedra^{1,2}, M. F. Castella^{22,23}, N. Mastrangelo^{22,23}, A. M. Morales^{22,24}, F. Taccetti², L. Giuntini^{1,2}

¹ Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Firenze, via Sansone 1, 50019 Sesto Fiorentino, Florence, Italy

² Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze, via Sansone 1, 50019 Sesto Fiorentino, Florence, Italy

³ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Frascati, via Enrico Fermi 54, 00044 Frascati, Rome, Italy

⁴ Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Turin, Italy

⁵ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Torino, via Pietro Giuria 1, 10125 Turin, Italy

⁶ Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Torino, via Pietro Giuria 1, 10125 Turin, Italy

⁷ Centro per la Conservazione ed il Restauro dei Beni Culturali “La Venaria Reale”, via XX Settembre 18, 10078 Venaria Reale, Turin, Italy

⁸ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma Tre, via della Vasca Navale 84, 00146 Rome, Italy

⁹ Laboratorio Analisi Superfici Roma Tre - LASR3, via della Vasca Navale 84, 00146 Rome, Italy

¹⁰ Dipartimento di Scienze, Università degli Studi di Roma Tre, via della Vasca Navale 84, 00146 Rome, Italy

¹¹ Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Bologna, Viale Carlo Berti Pichat 6/2, 40127 Bologna, Italy

¹² Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Bologna, Viale Carlo Berti Pichat 6/2, 40127 Bologna, Italy

¹³ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Fisica Applicata Nello Carrara (CNR-IFAC), 50019 Sesto Fiorentino, Florence, Italy

¹⁴ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Milano Bicocca, Piazza della Scienza, 3, 20126 Milan, Italy

¹⁵ Dipartimento di Fisica “G. Occhialini”, Università degli Studi di Milano Bicocca, Piazza della Scienza, 3, 20126 Milan, Italy

¹⁶ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pavia, via A. Bassi 6, 27100 Pavia, Italy

¹⁷ Laboratorio Energia Nucleare Applicata—LENA, Università degli Studi di Pavia, via Aselli 41, 27100 Pavia, Italy

¹⁸ Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Pavia, via Bassi 6, 27100 Pavia, Italy

¹⁹ Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie gmbh, Hahn-Meitner-Platz 1, 14109 Berlin, Germany

²⁰ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Legnaro, Viale dell’Università, 2, 35020 Legnaro, Padua, Italy

²¹ Division of Science, New York University Abu Dhabi, Saadiyat Island, 129188 Abu Dhabi, United Arab Emirates

²² Centro de Estudios sobre Patrimonios y Ambiente (CEPyA), Escuela de Arte y Patrimonio, y Escuela de Hábitat y Sostenibilidad, Universidad Nacional de San Martín, Av. 25 de mayo y Francia, Buenos Aires, Argentina

²³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Godoy Cruz 2290, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

²⁴ Centro Tarea, Escuela de Arte y Patrimonio, Universidad Nacional de San Martín, B. Quinquela Martín 1784, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Received: 20 February 2024 / Accepted: 4 July 2024
© The Author(s) 2024

Abstract This paper reports on the instrumentation and expertise developed within the INFN-CHNet network for X-ray and neutron imaging, which enable non-invasive identification of materials and production processes in the field of cultural heritage. INFN-CHNet is the network of the Italian National Institute of Nuclear Physics specifically dedicated to the development and application of scientific methods and technologies to cultural heritage. This article focuses on portable MA-XRF scanners, often complemented by additional techniques, PIXE imaging on a newly developed portable accelerator, X-ray radiography and tomography, exploited to their full potential also through the use of portable systems, and neutron radiography and tomography, which require large-scale facilities. In many respects, the information obtained from X-ray and neutron-based methods is complementary, facilitating a comprehensive characterisation of materials, structures, and manufacturing techniques.

^a e-mail: anna.mazzinghi@unifi.it (corresponding author)

^b e-mail: castelli@fi.infn.it (corresponding author)