ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

INFN
Istituto Nazionale
di Fisica Nucleare

La fisica a supporto dell'arte per scoprire l'invisibile

Franco Casali

12 Ottobre 2012

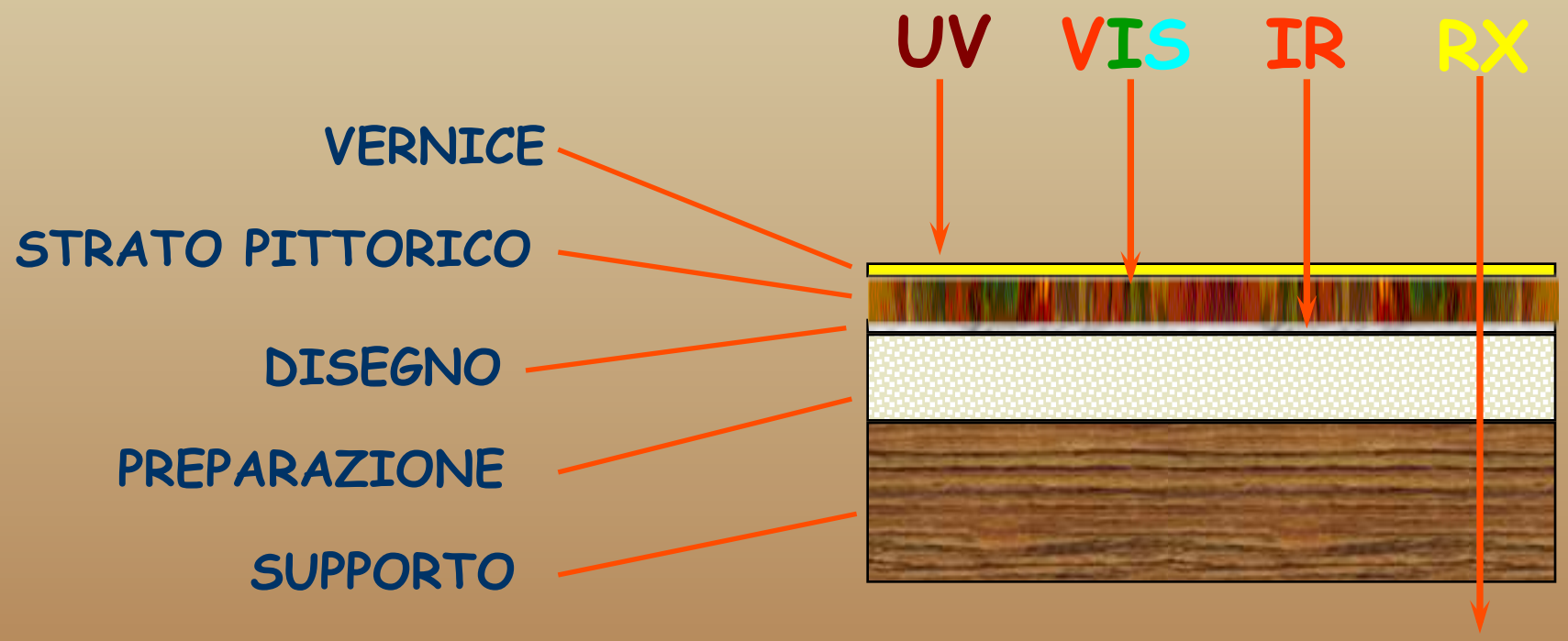
F. Casali, M. Bettuzzi, R. Brancaccio, M.P. Morigi, V. D'Errico
Università Bologna, INFN-Bologna

- La Medicina ha avuto un grande sviluppo grazie anche alle tecniche di diagnostica quali la TAC, la PET, la NMR e così via.

- Lo stesso tipo di diagnostica è sempre più utilizzato anche in supporto dei Beni Culturali.

- La mia breve presentazione riguarderà qualche applicazione diagnostica basata su radiazione elettromagnetiche; in particolare riflettografia infrarossa e TAC tridimensionale con raggi X.

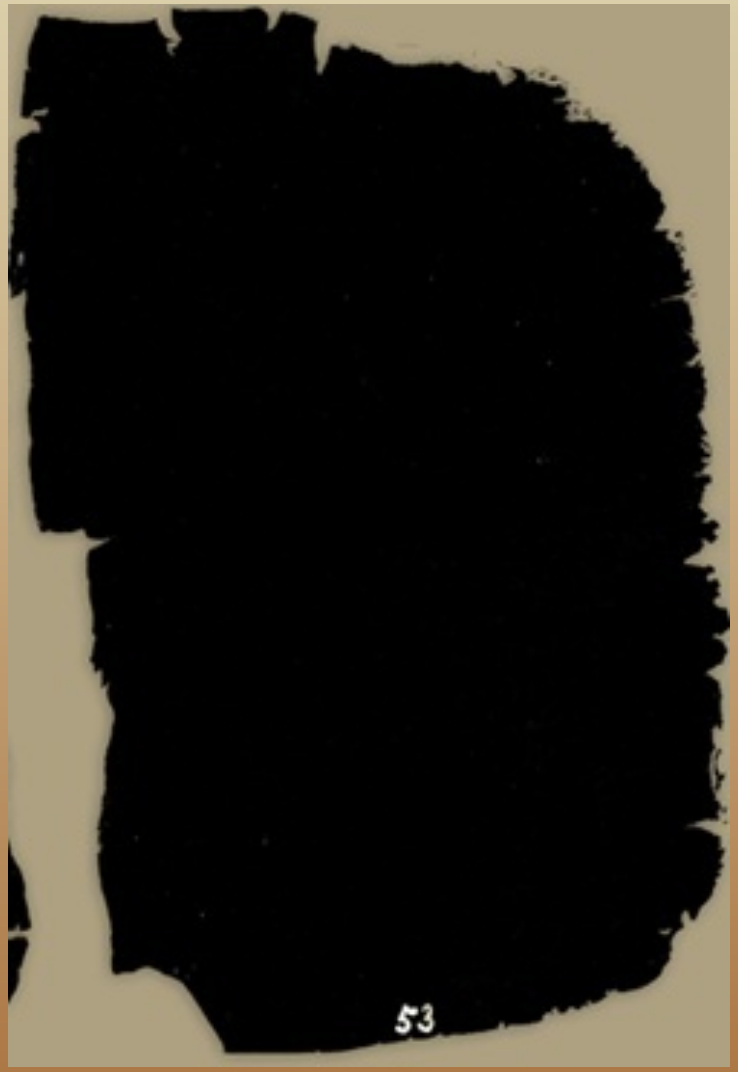
Capacità di penetrazione della radiazione Elettromagnetica



La Riflettografia IR

La Riflettografia Infrarossa

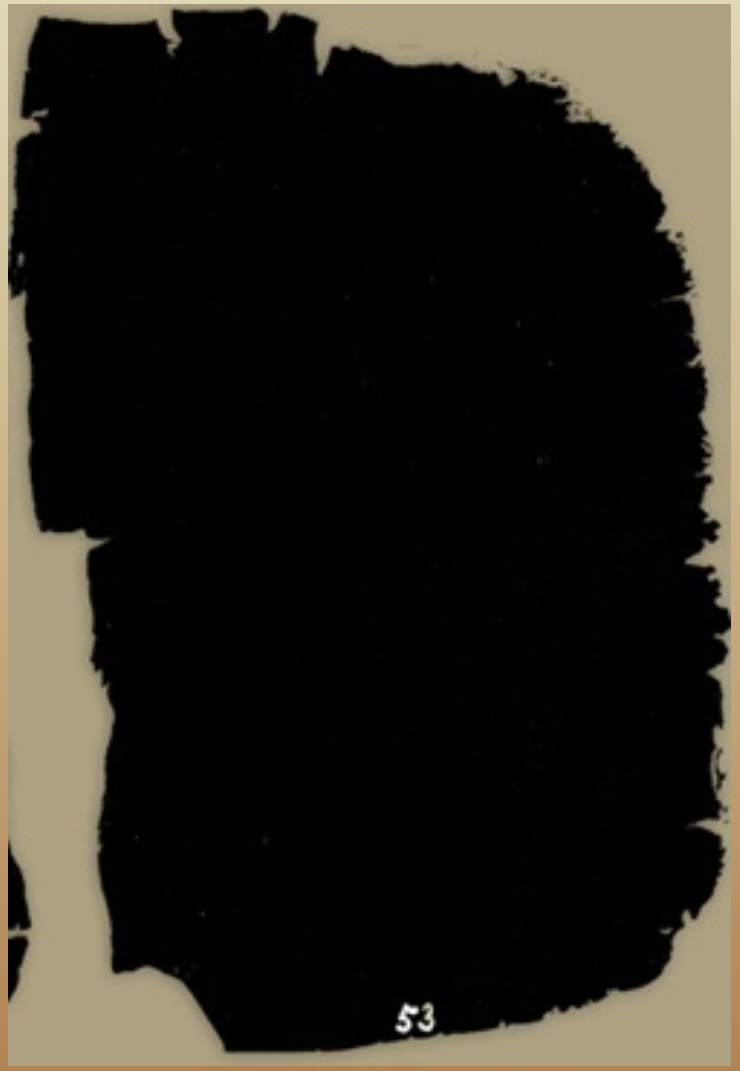
Applicazioni a manoscritti e libri a stampa

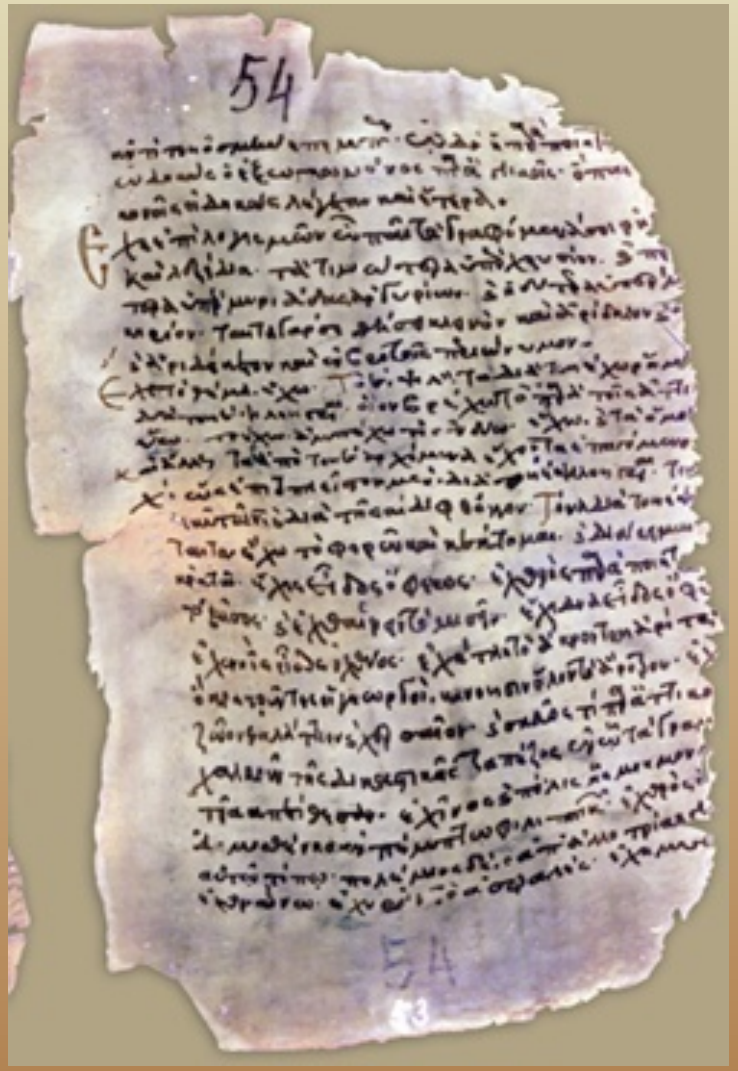


Codice palinsesto, conservato presso la Biblioteca Nazionale Universitaria di Torino e gravemente danneggiato in occasione dell'incendio che devastò la Biblioteca nella notte tra il 25 e il 26 gennaio del 1904, distruggendo gran parte della sua raccolta di manoscritti.

Per cortesia di PHOTOEVOLUTION

Riflettografia all'infrarosso

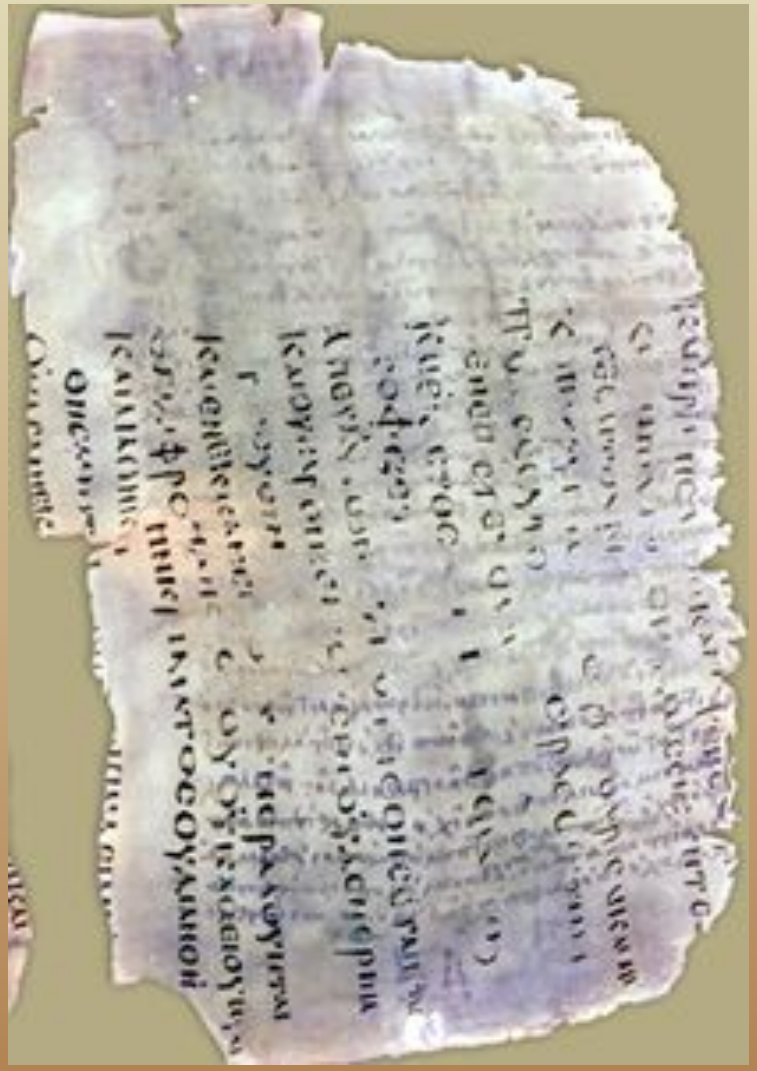


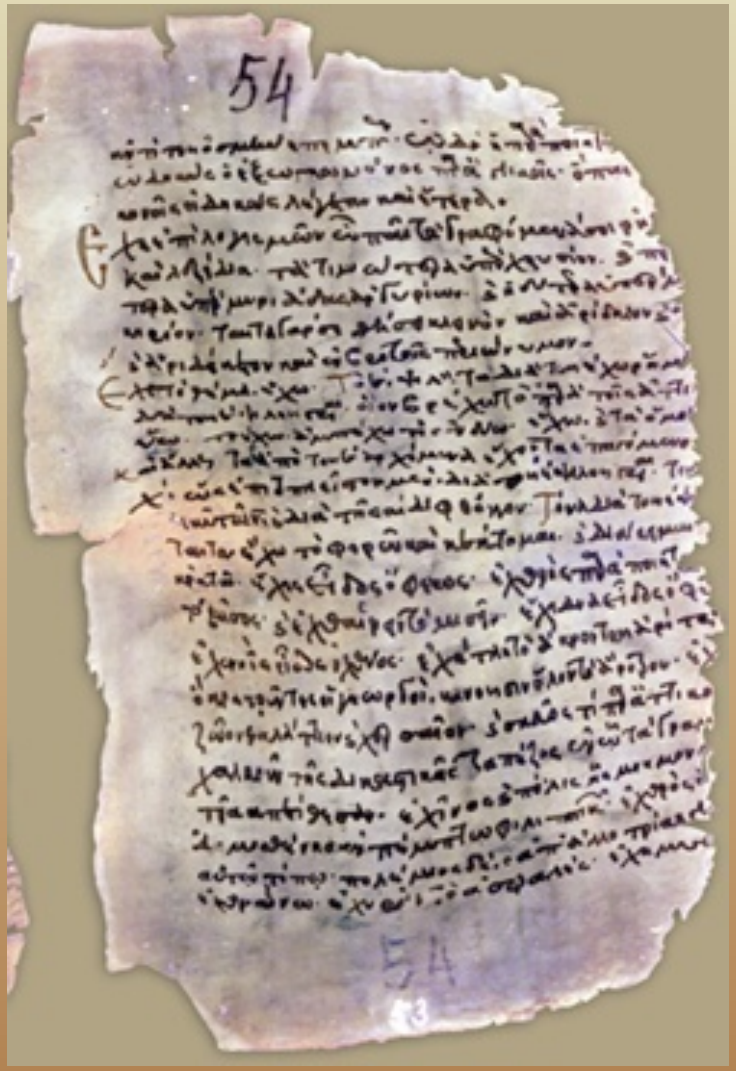


Per gentile concessione di PHOTOEVOLUTION

Riflettografia all'Infrarosso

E' possibile leggere il documento da ambo i lati

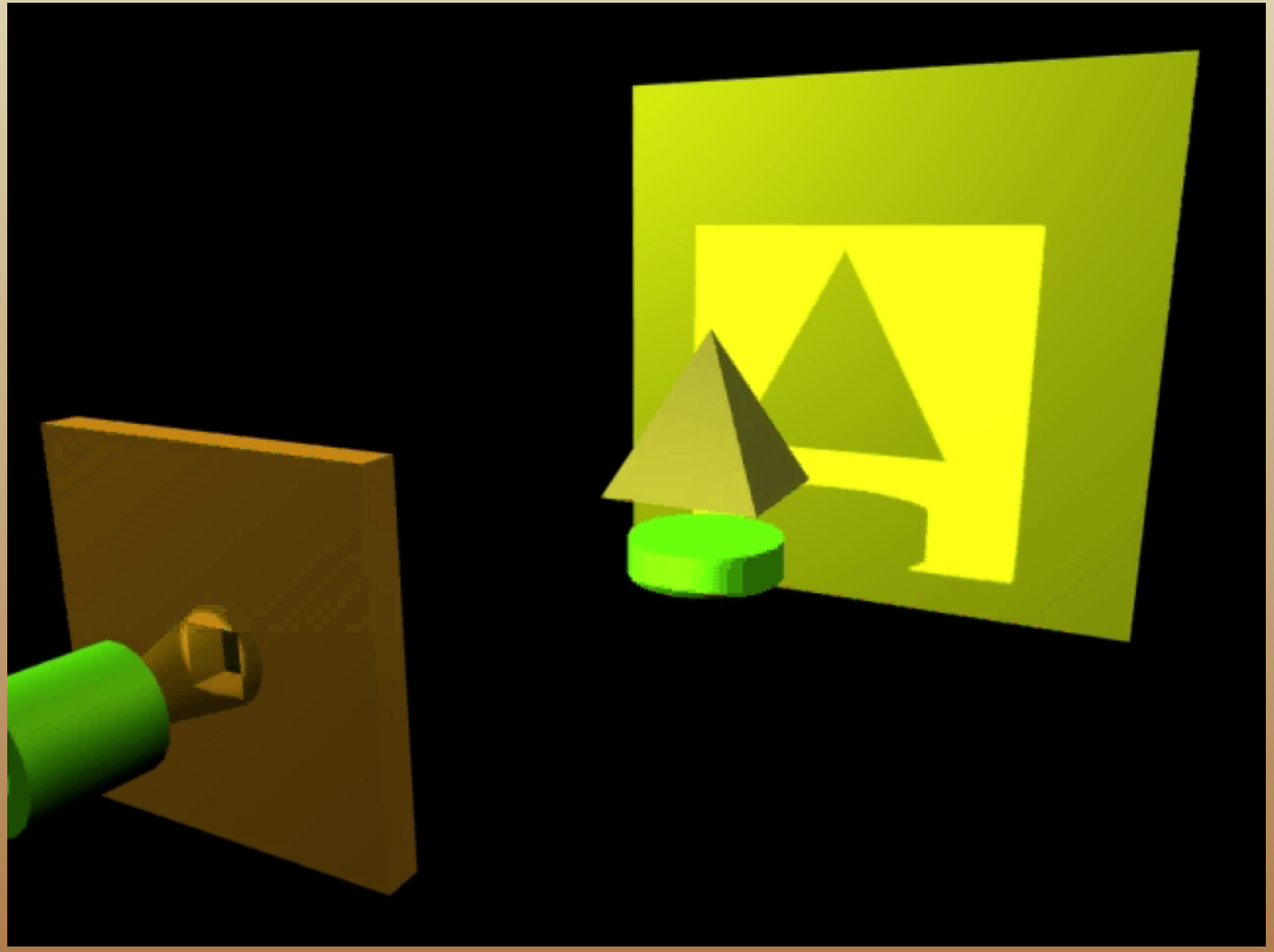




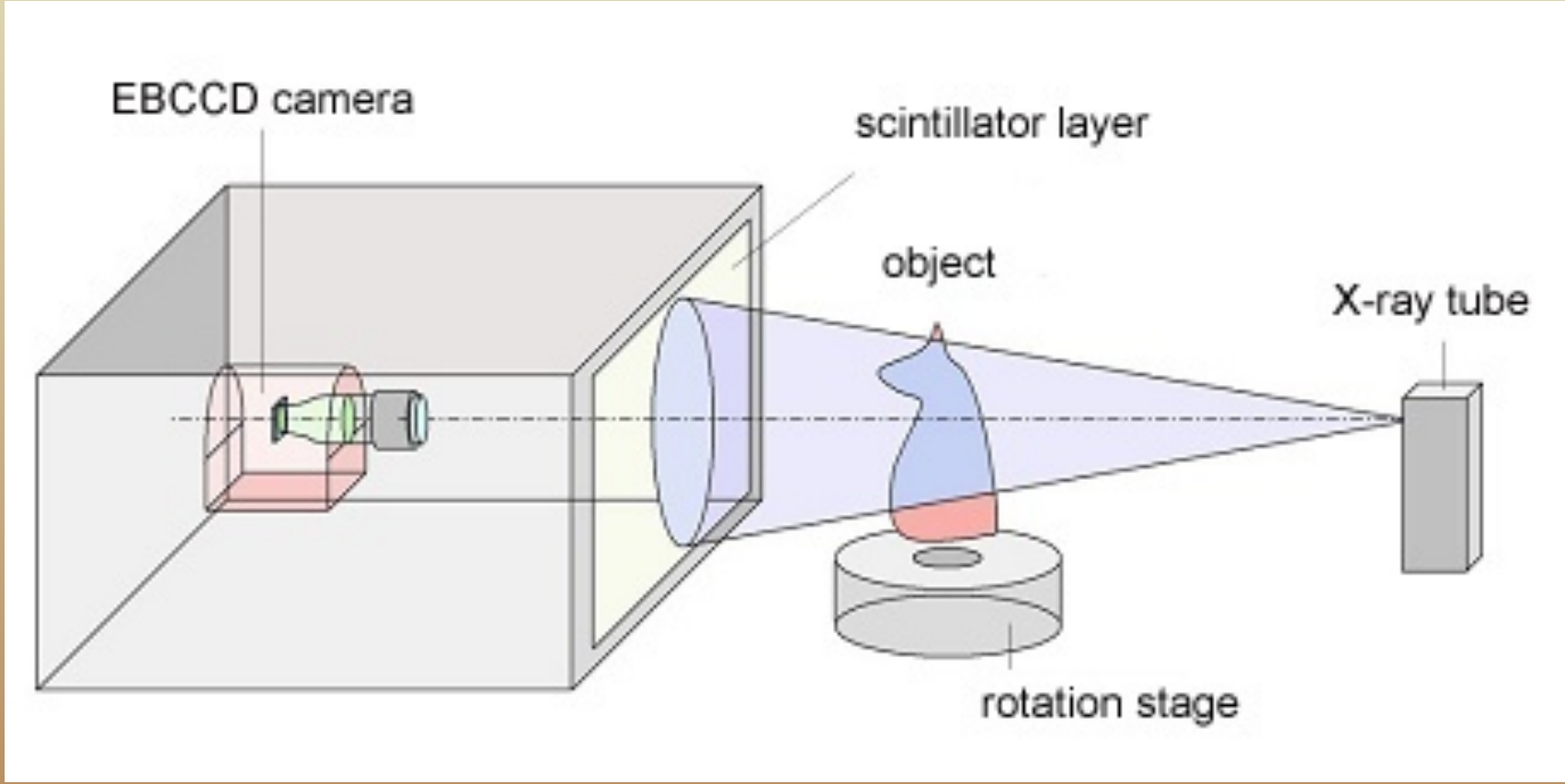
Per gentile concessione di PHOTOEVOLUTION

La tomografia (TAC o CT) tridimensionale

Cone Beam Tomography



CT system with EBCCD



Una telecamera digitale acquisisce le immagini prodotte sullo scintillatore (30x30 cm^2) dai raggi-X, che rappresentano le proiezioni radiografiche dell'oggetto

Tomografia tridimensionale di una mummia egizia di gatto

X-ray parameters

E_{max}	70 keV
I	3 mA
Exp	200 ms / view

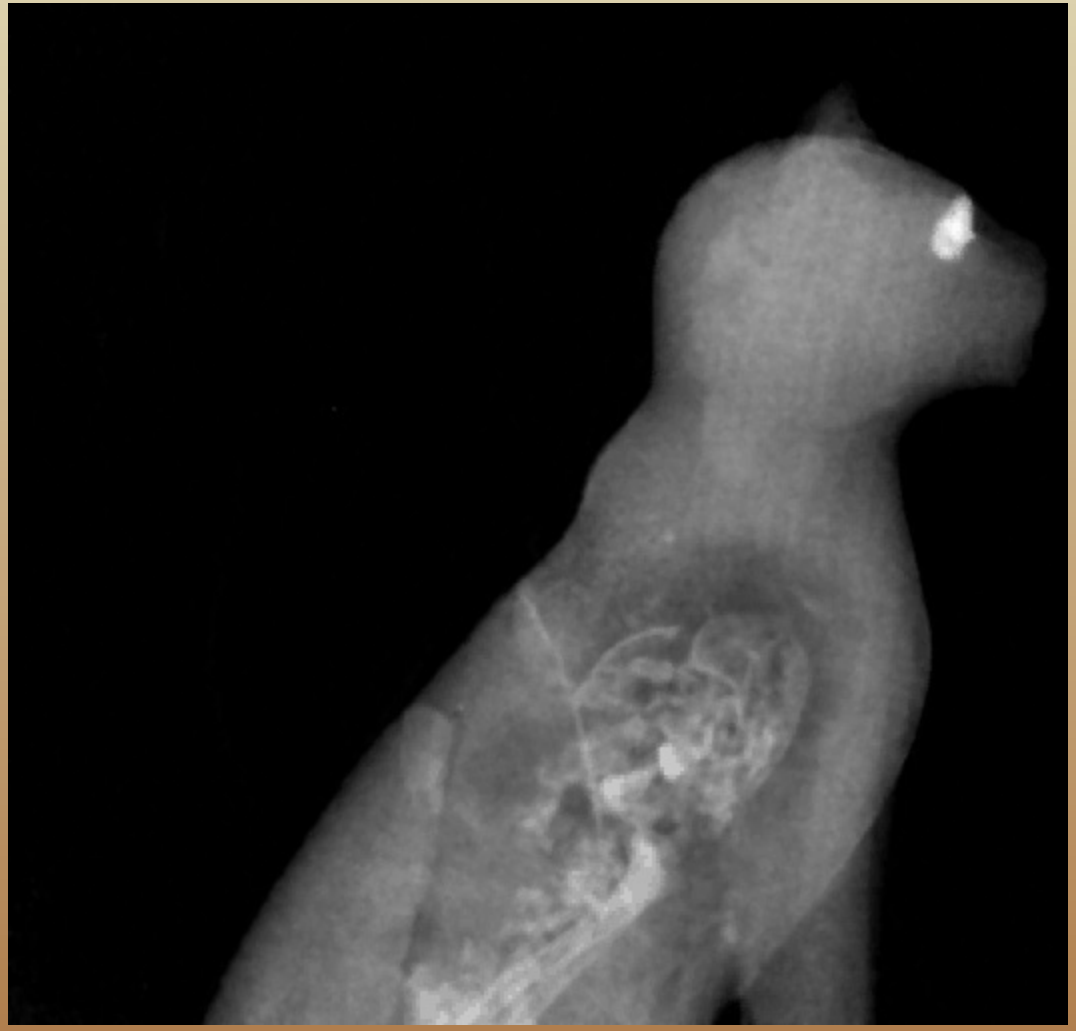
CT parameters

Size: 37 x 10 x 20 cm^3	
Views:	360
Voxel:	600 μm
Detector:	Ebccd

In Collaborazione con il Museo Archeologico di Bologna

Dentro il sarcofago c'è effettivamente lo scheletro di un gatto

Step angolari di un grado
360 proiezioni



In Collaborazione con il Museo Archeologico di Bologna

Estrazione ”virtuale” dello scheletro

3D CT

In Collaborazione con il Museo Archeologico di Bologna

3D CT all' "Opificio delle Pietre Dure"

Firenze

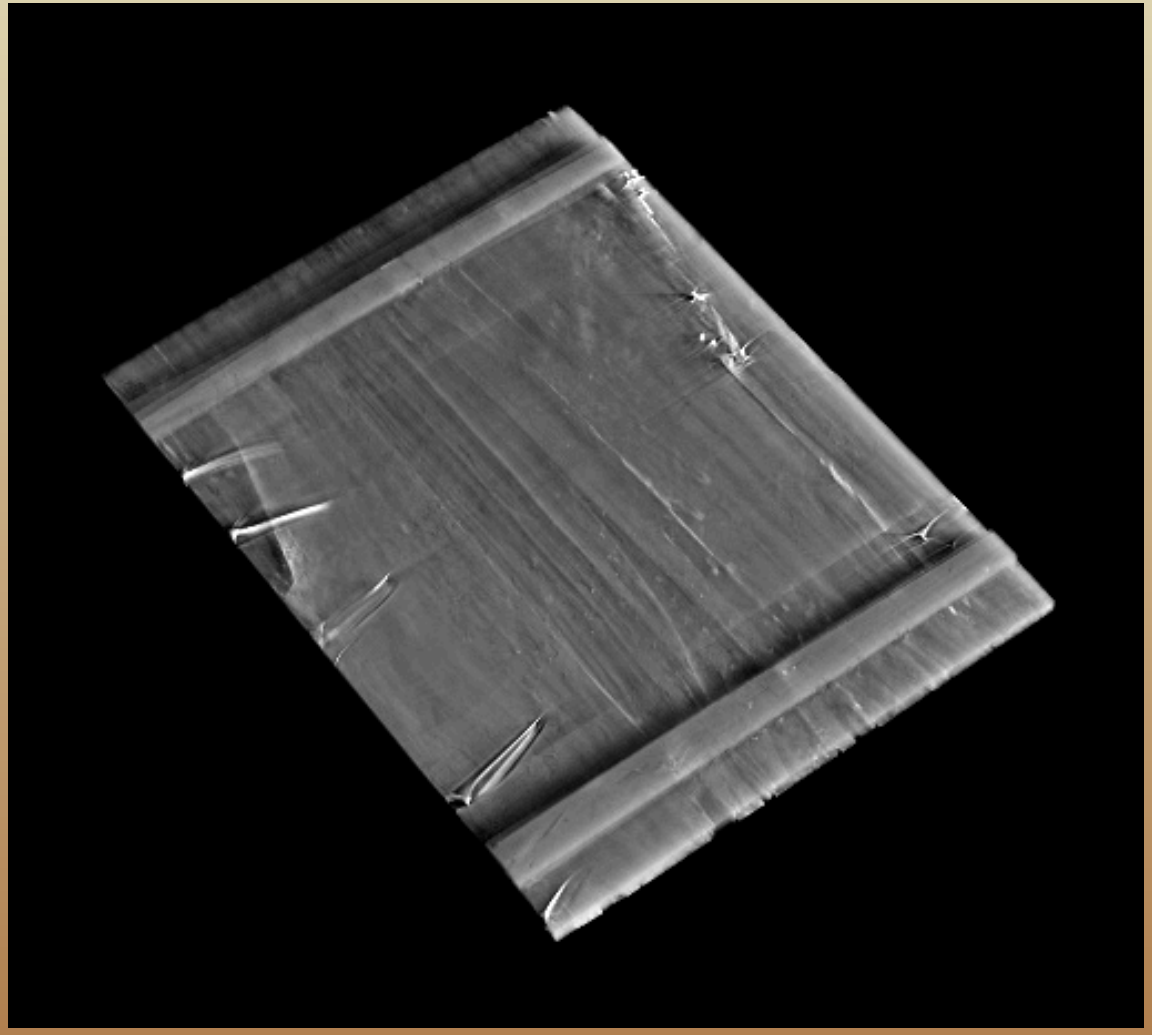
TAC del dipinto
“La Madonna del Cardellino” di Raffaello
all’ “Opificio delle Pietre Dure” (Firenze)

Larghezza: 77.2 cm
Altezza: 107 cm

Questa tavola è troppo grande per una TAC medicale!

In collaborazione con l’ “Opificio delle Pietre Dure” in Firenze

TAC del famoso dipinto
“La Madonna del Cardellino” di Raffaello



In collaborazione con l’ “Opificio delle Pietre Dure” in Firenze

TAC del famoso dipinto
“La Madonna del Cardellino” di Raffaello

Prima

Durante il restauro

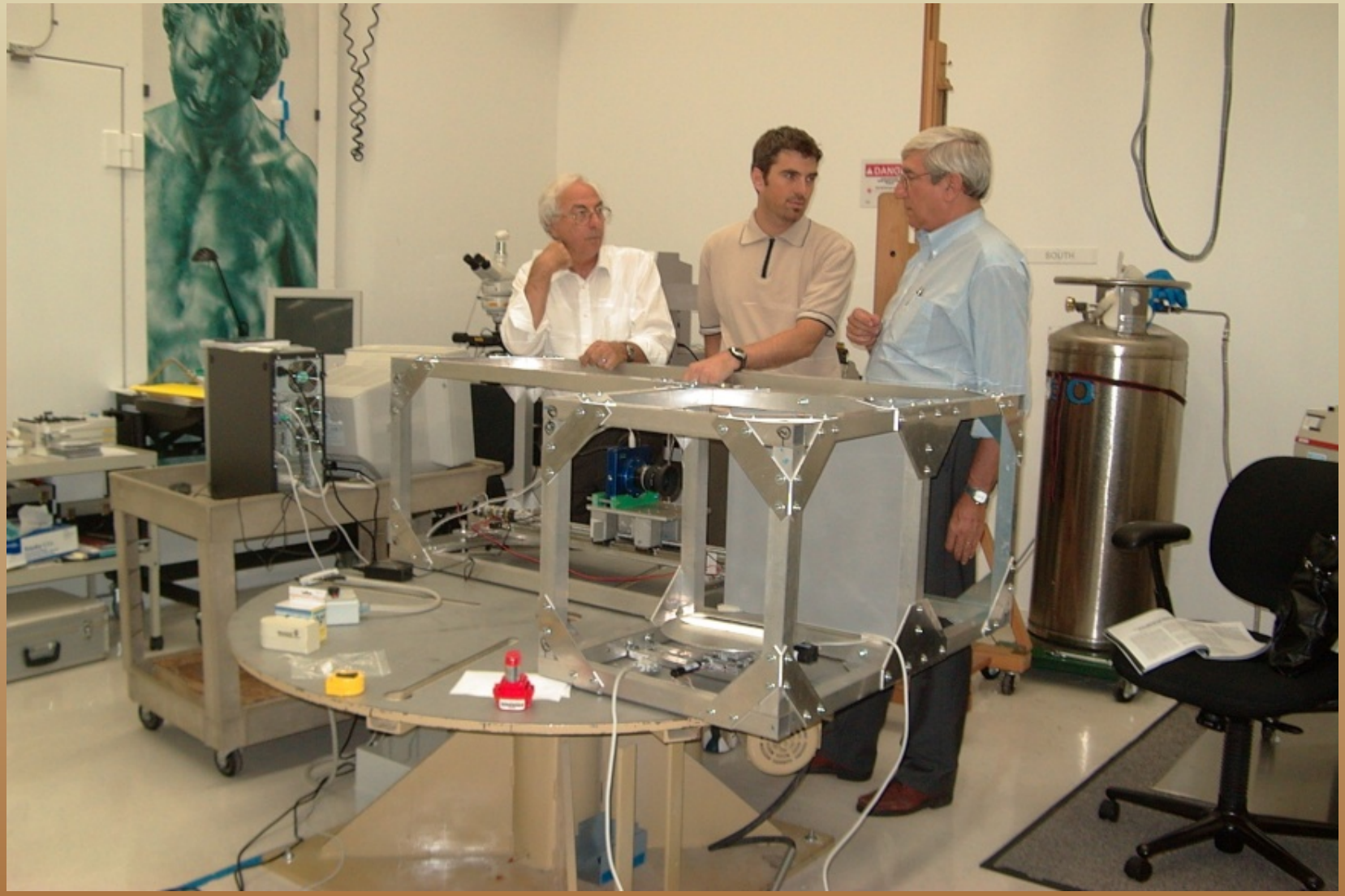
Dopo

In collaborazione con l’ “Opificio delle Pietre Dure” in Firenze

Al Getty Conservation Institue

Los Angeles

Installation of a CT system at the Getty Conservation Institute - LA



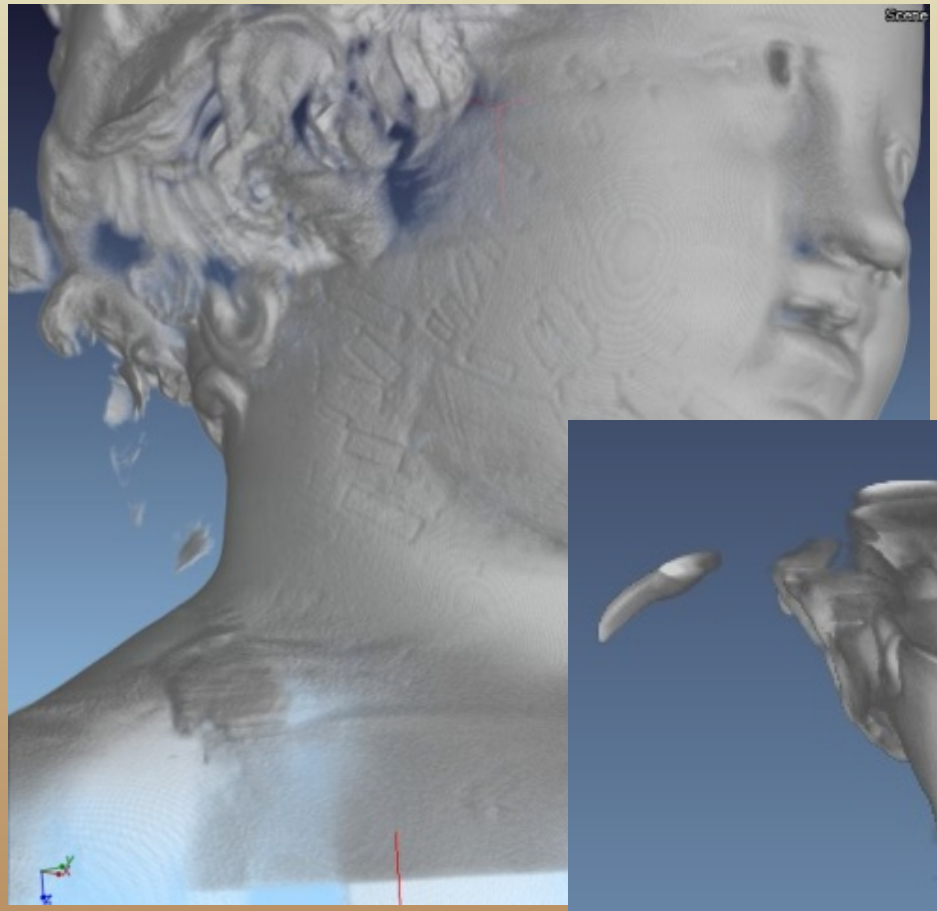
CT of the “Statue of the Infant Cupid”

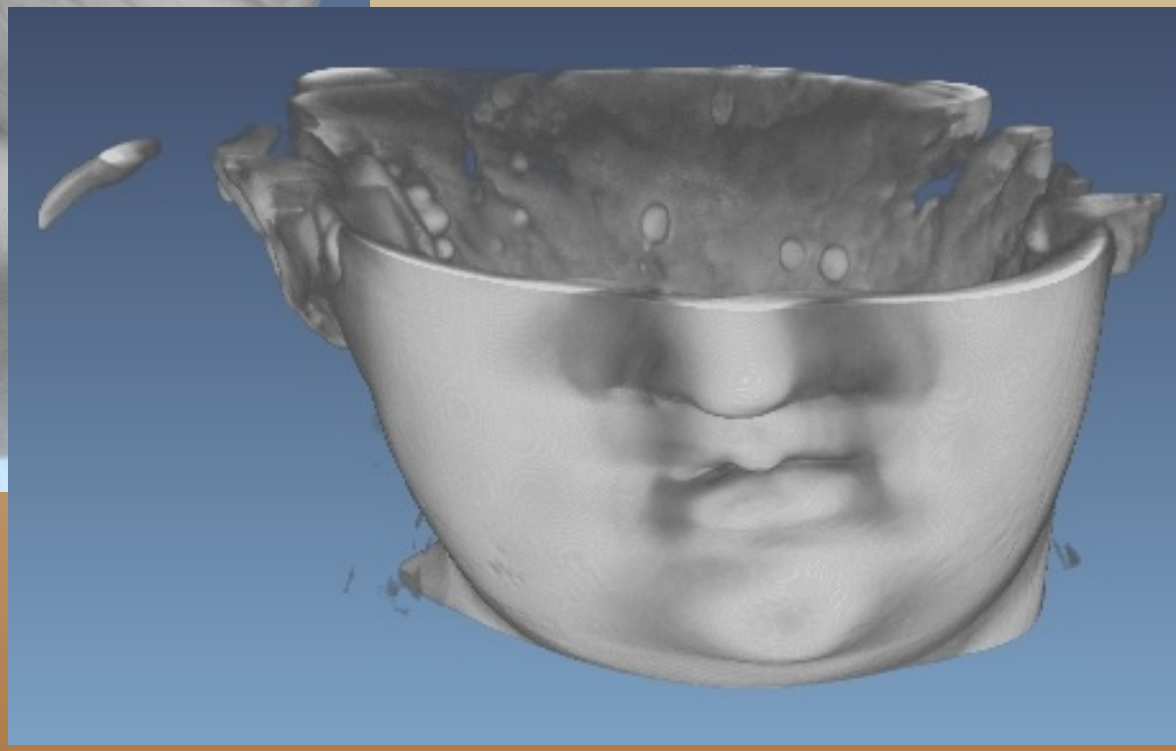
Roman, A.D. 1 – 50, bronze, silver, copper

3D CT analysis carried out at the “Getty Conservation Institute”, Los Angeles – CA

WWW.XRAYTOMOGRAPHY.COM

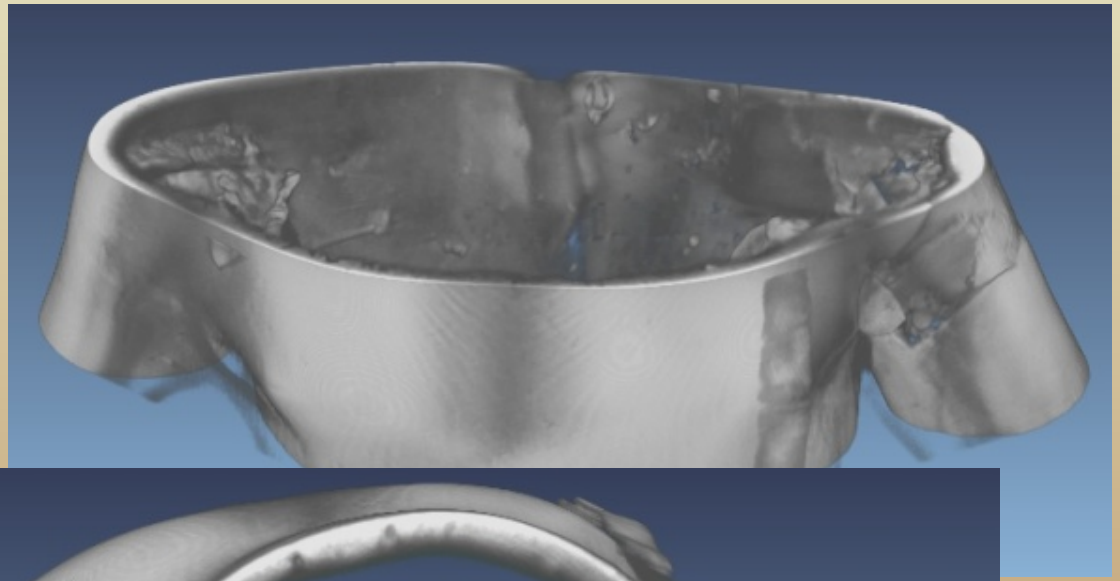
CT of the "Statue of the Infant Cupid"

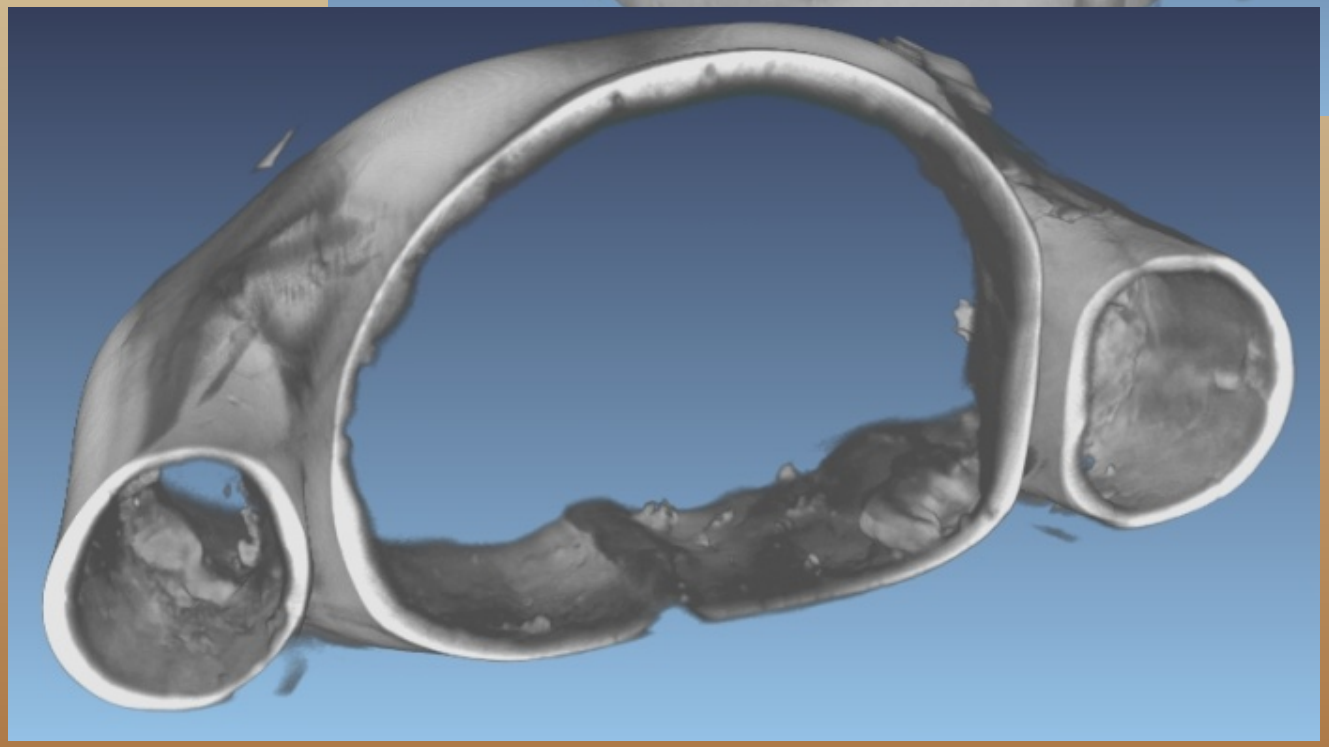




3D CT analysis carried out at the "Getty Conservation Institute", Los Angeles – CA

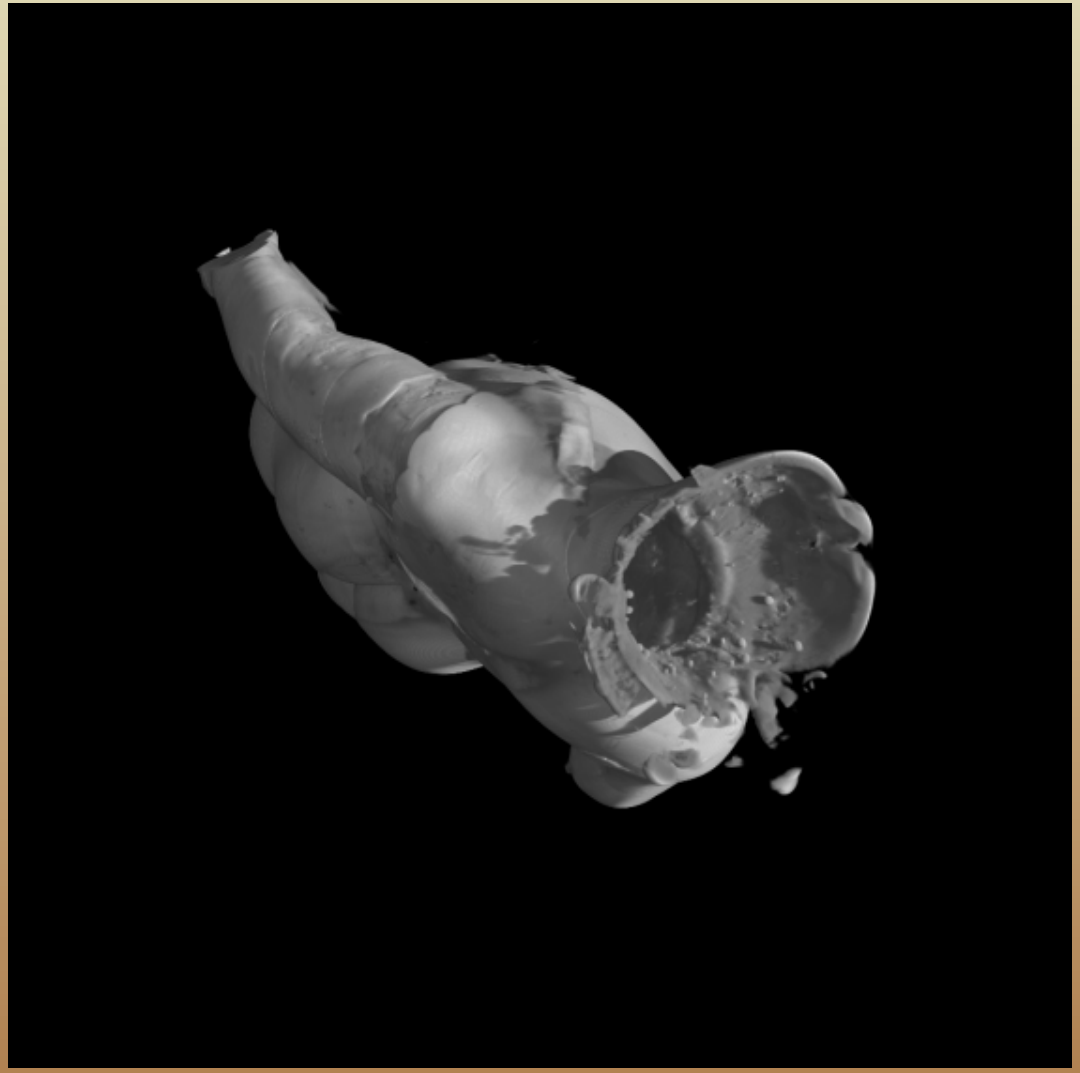
CT of the “Statue of the Infant Cupid”





3D CT analysis carried out at the “Getty Conservation Institute”, Los Angeles – CA

CT of the “Statue of the Infant Cupid”



3D CT analysis carried out at the “Getty Conservation Institute”, Los Angeles – CA

CT of the “Statue of the Infant Cupid”

Gentile Professore,

io e mio padre abbiamo visto il lavoro da voi svolto sull'Eros romano al Getty Museum.

I risultati sono stupefacenti!

Viste da persone con l'occhio allenato, le TAC restituiscono un numero impressionante di informazioni anche ad un esame di pochi minuti come è capitato a noi.

In poco tempo infatti abbiamo individuato con certezza le tracce che indicano la tecnica di fusione, i sistemi di realizzazione della cera, le riparazioni dei difetti, i problemi strutturali, le differenze di spessore e molte altre informazioni.

Devo dire che non mi aspettavo una così alta risoluzione delle parti interne ed una tanto facile leggibilità dei particolari, apprezzabili meglio che osservando l'originale.

Sarebbe molto interessante impiegare questo metodo anche su bronzi rinascimentali.

Morigi (padre e figlio) :Restauratori del Perseo di Cellini e Nettuno

TAC 3D a *"Venaria Reale"*

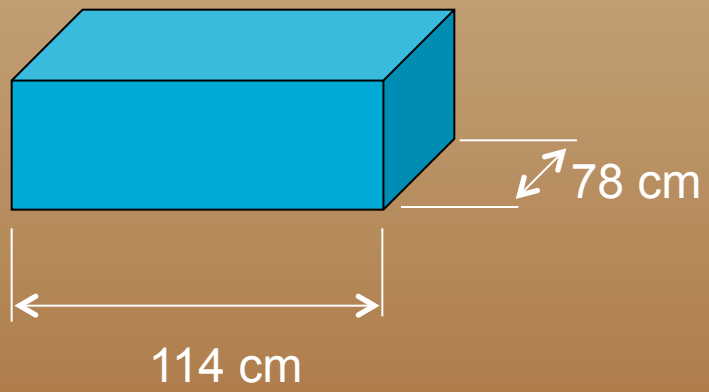
Torino

CT analysis of Kongo Rikishi (XIII century)

Kongo Rikishi

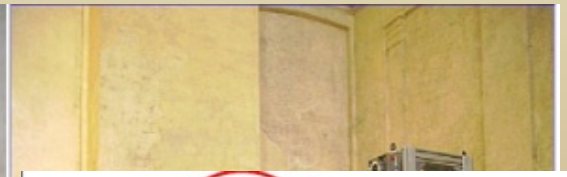
Wooden japanese statue of Kamakura period (XIII century), in cypress wood (*hinoki*).

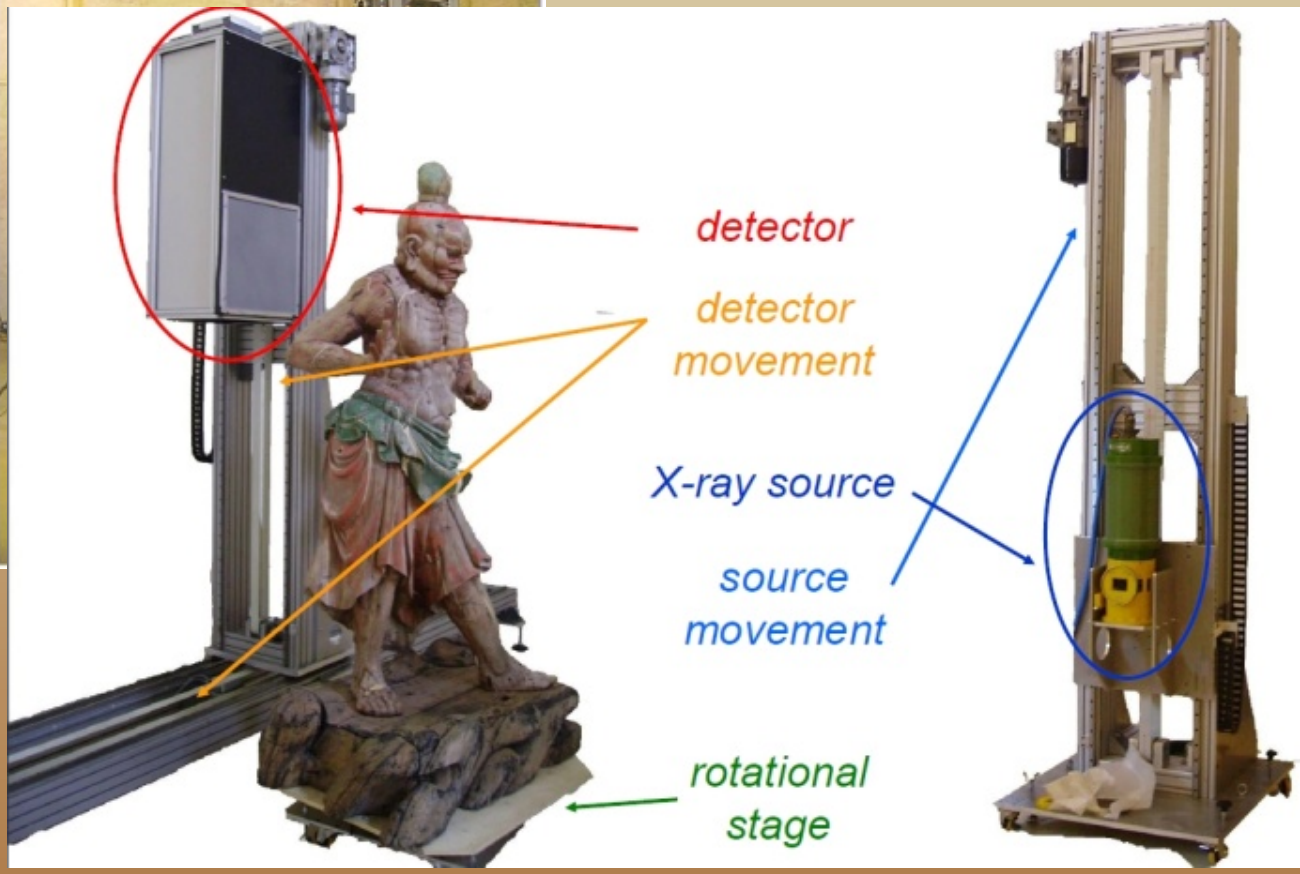
The yosegi-zukuri (joined block) technique.



Misure effettuate in collaborazione con Dipartimento di Fisica e INFN-Torino

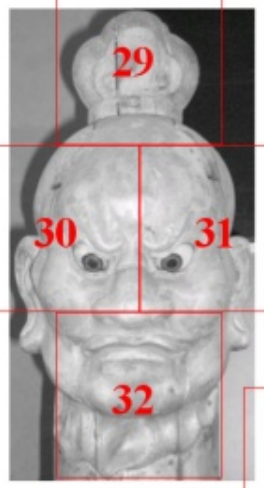
CT analysis of “Kongo Rikishi" (XIII century)



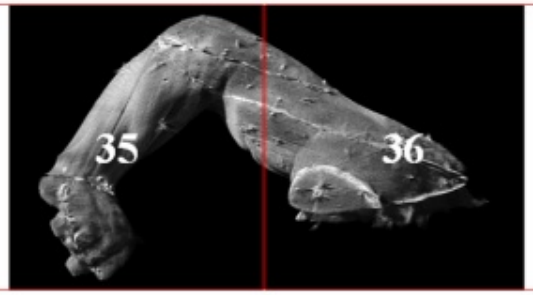


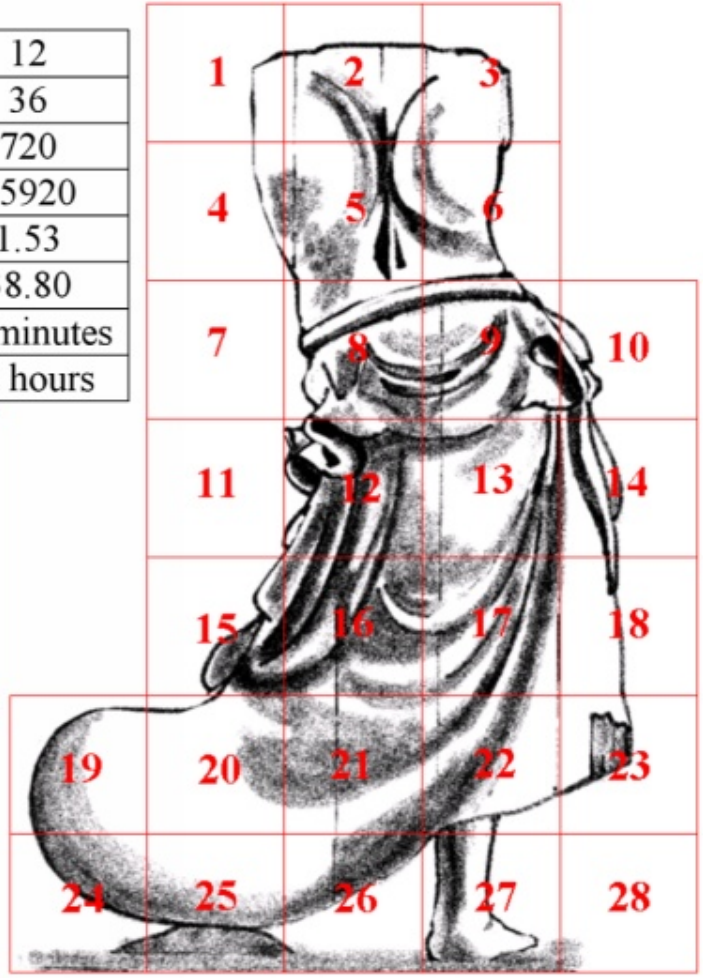
Misure effettuate in collaborazione con Dipartimento di Fisica e INFN-Torino

CT analysis of Kongo Rikishi (XIII century)



Sections	12
Frames	36
Radiographs / Frame	720
Radiographs Total	25920
Mbyte / image	1.53
Gbyte total	38.80
Scan time / frame	47 minutes
Total scan time	28 hours



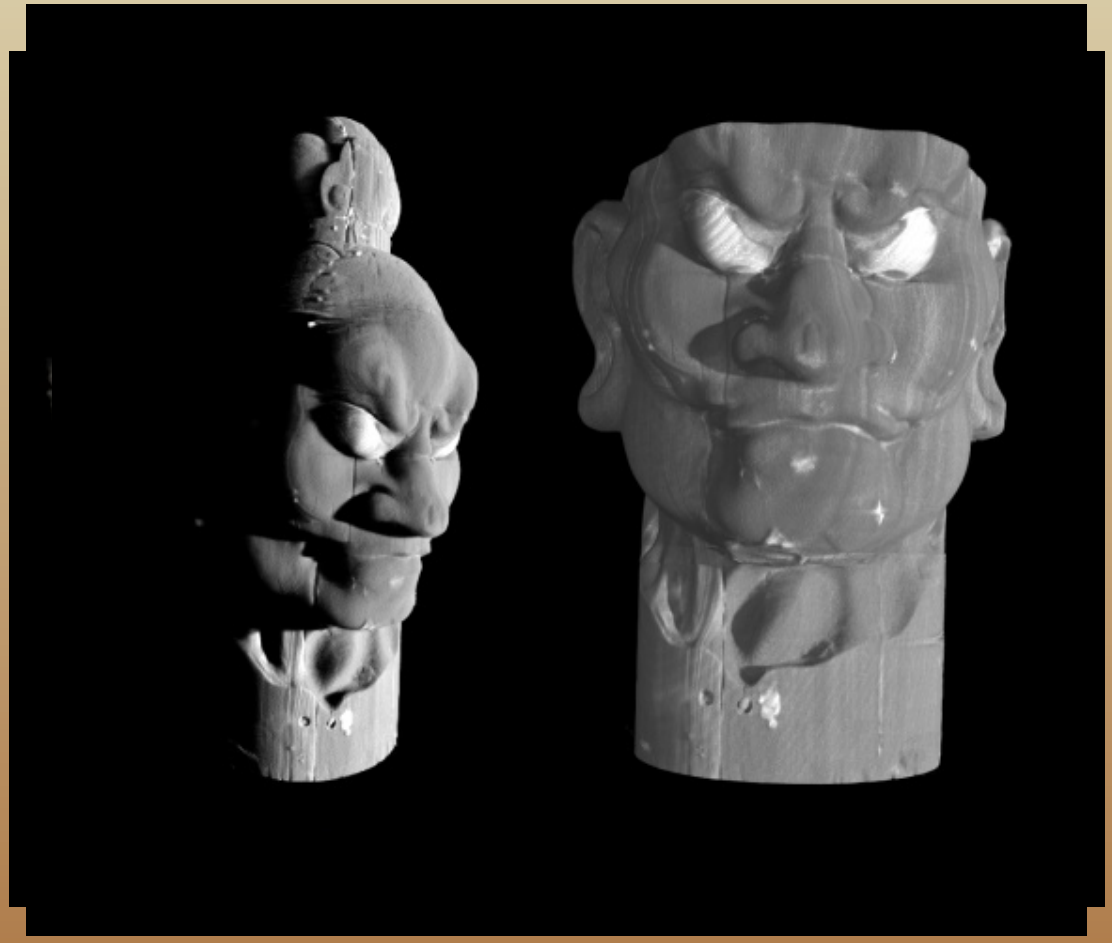


Misure effettuate in collaborazione con Dipartimento di Fisica e INFN-Torino

CT analysis of Kongo Rikishi (XIII century)

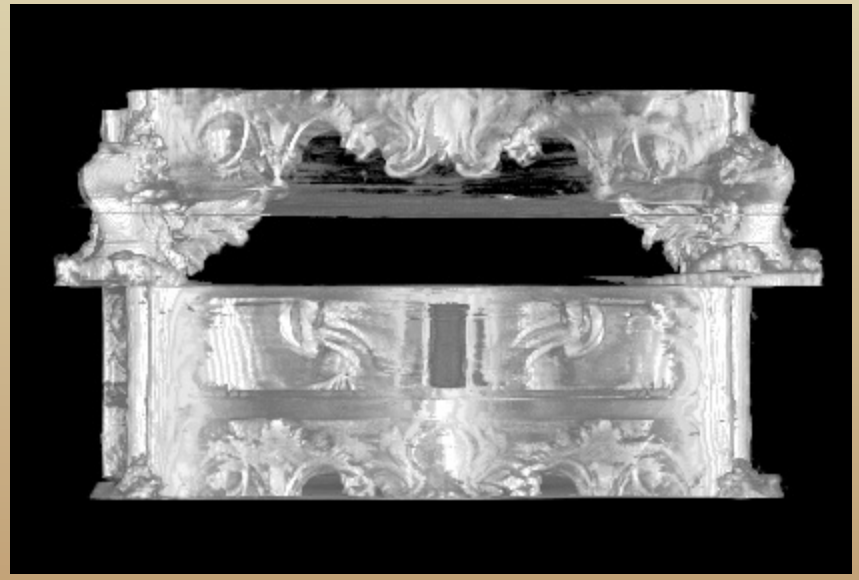
Misure effettuate in collaborazione con Dipartimento di Fisica e INFN-Torino

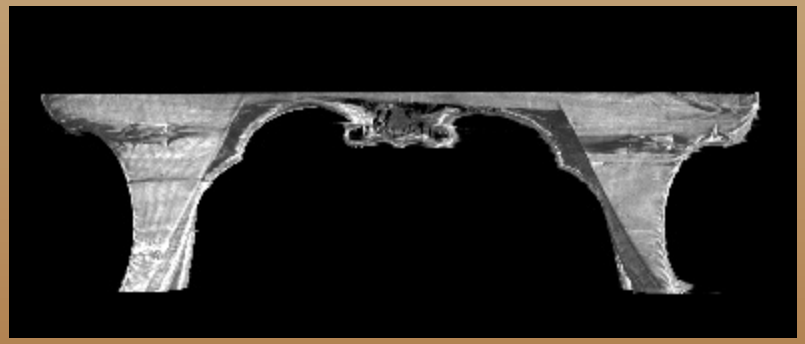
CT analysis of Kongo Rikishi (XIII century)



Misure effettuate in collaborazione con Dipartimento di Fisica e INFN-Torino

CT analysis of "Doppio corpo - Piffetti"





Misure effettuate in collaborazione con Dipartimento di Fisica e INFN-Torino

Commento del restauratore del "Piffetti"

La Tac eseguita sul Doppio corpo di Fondazione Accorsi ci ha svelato un sistema strutturale complesso , in particolare modo nel concepire i fianchi della ribalta.

Sono stati uniti tra di loro diversi masselli per limitare le deformazioni in presenza di variazioni termoigrometriche.

In prossimità del piano di ribalta le zone più aggettanti sono state composte con un massello che collega la parte inferiore del fianco con la parte superiore e creano all'interno una cavità.

Questa informazione è risultata fondamentale per l'intervento di restauro.

La presenza in questa zona di parti sollevate e di fenditure poteva presupporre l'uso di morsatura per far rientrare in sede alcune parti.

Quest'intervento avrebbe potuto creare gravi lesioni e peggiorare lo stato di fatto.

Ravera

TAC 3D del “Globo Celeste”
di
Vincenzo Coronelli

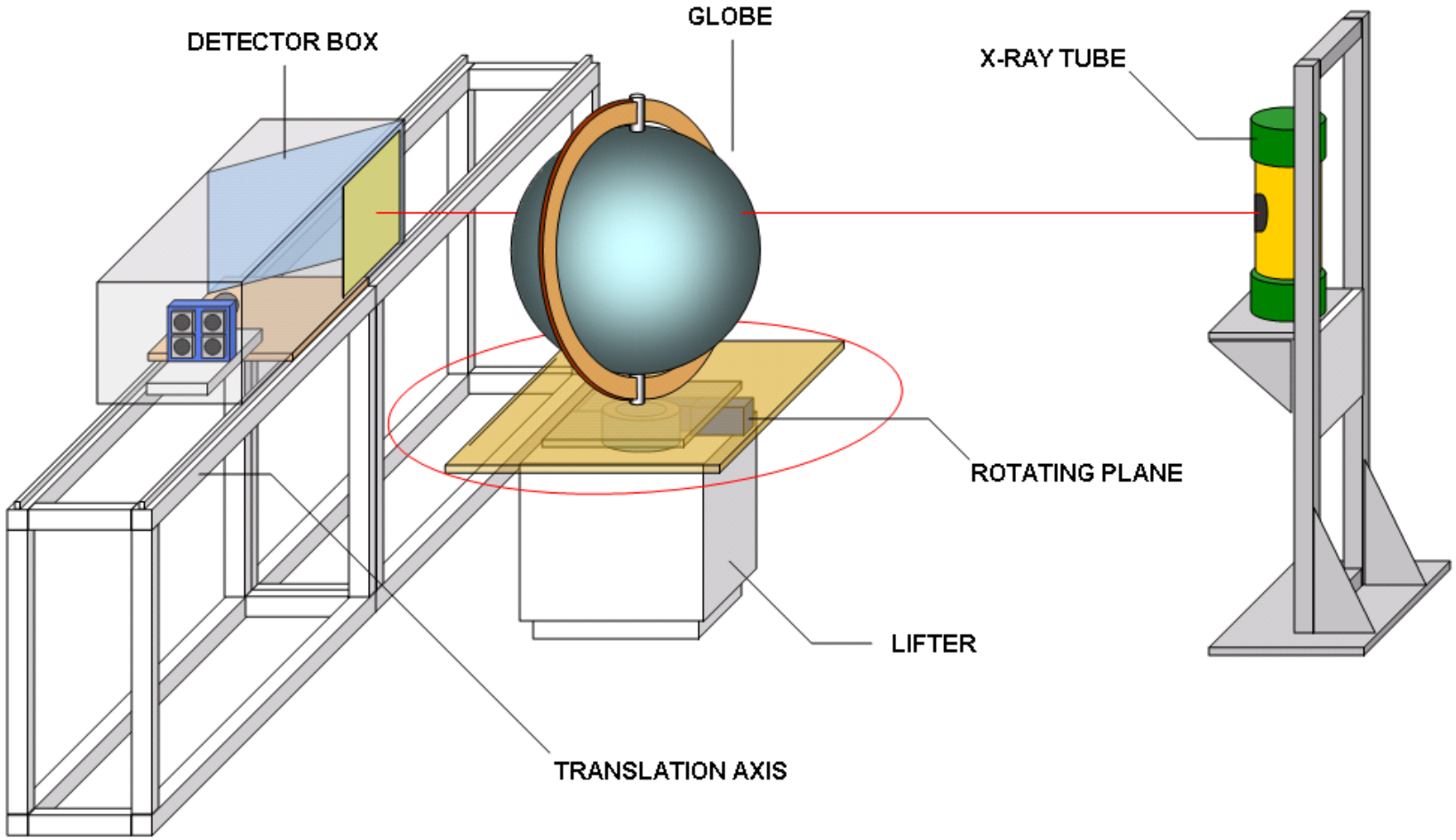
Sala di Consultazione

Nell'antica biblioteca di Faenza, prima della seconda guerra mondiale, vi erano due globi del Coronelli: il globo "celeste" (a sinistra) e quello "terrestre" (a destra)

Vincenzo Coronelli (1650 - 1718)

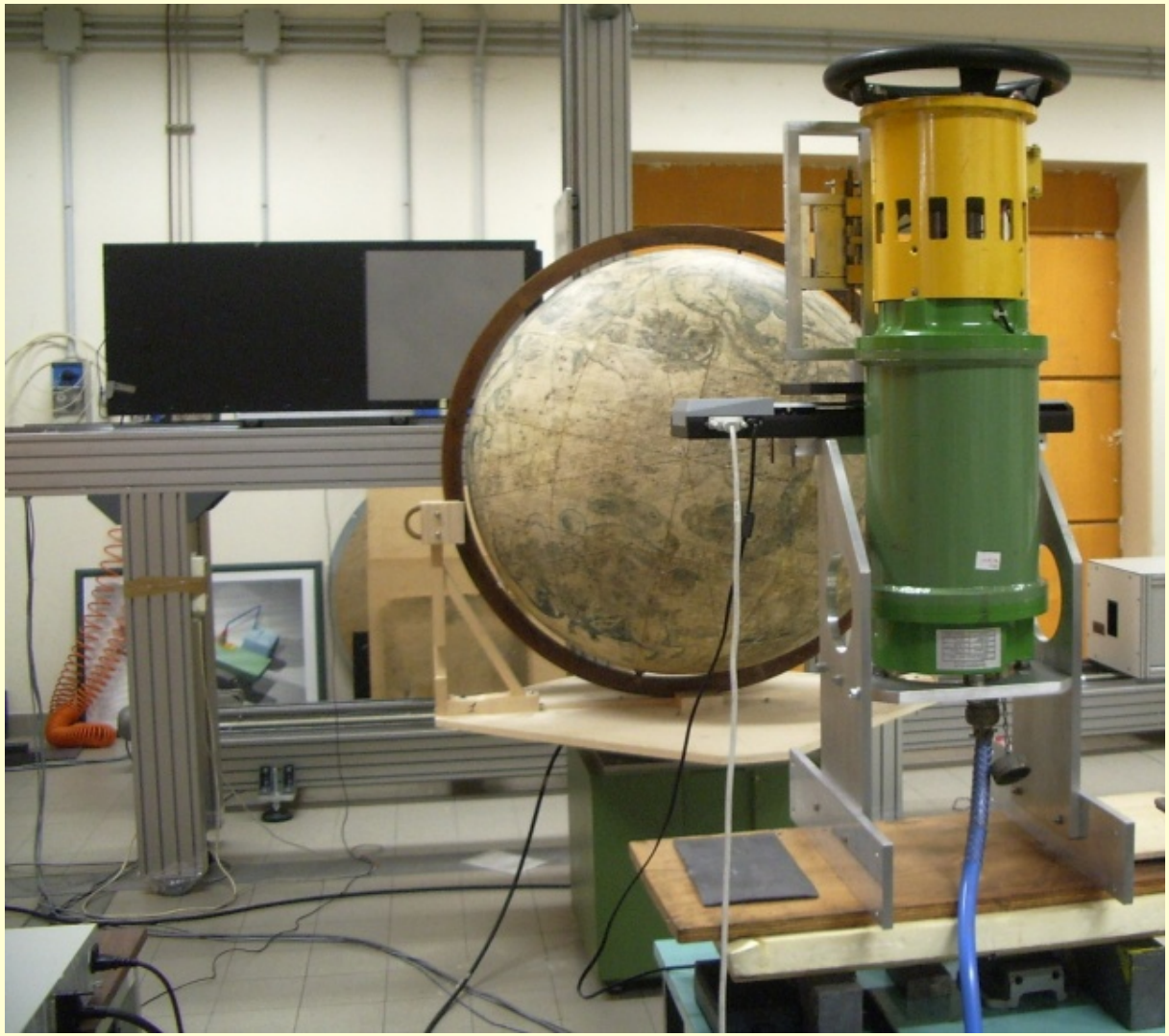
I globi furono realizzati dal Coronelli.
Si decise di realizzare il restauro del celeste

Schema del sistema tomografico



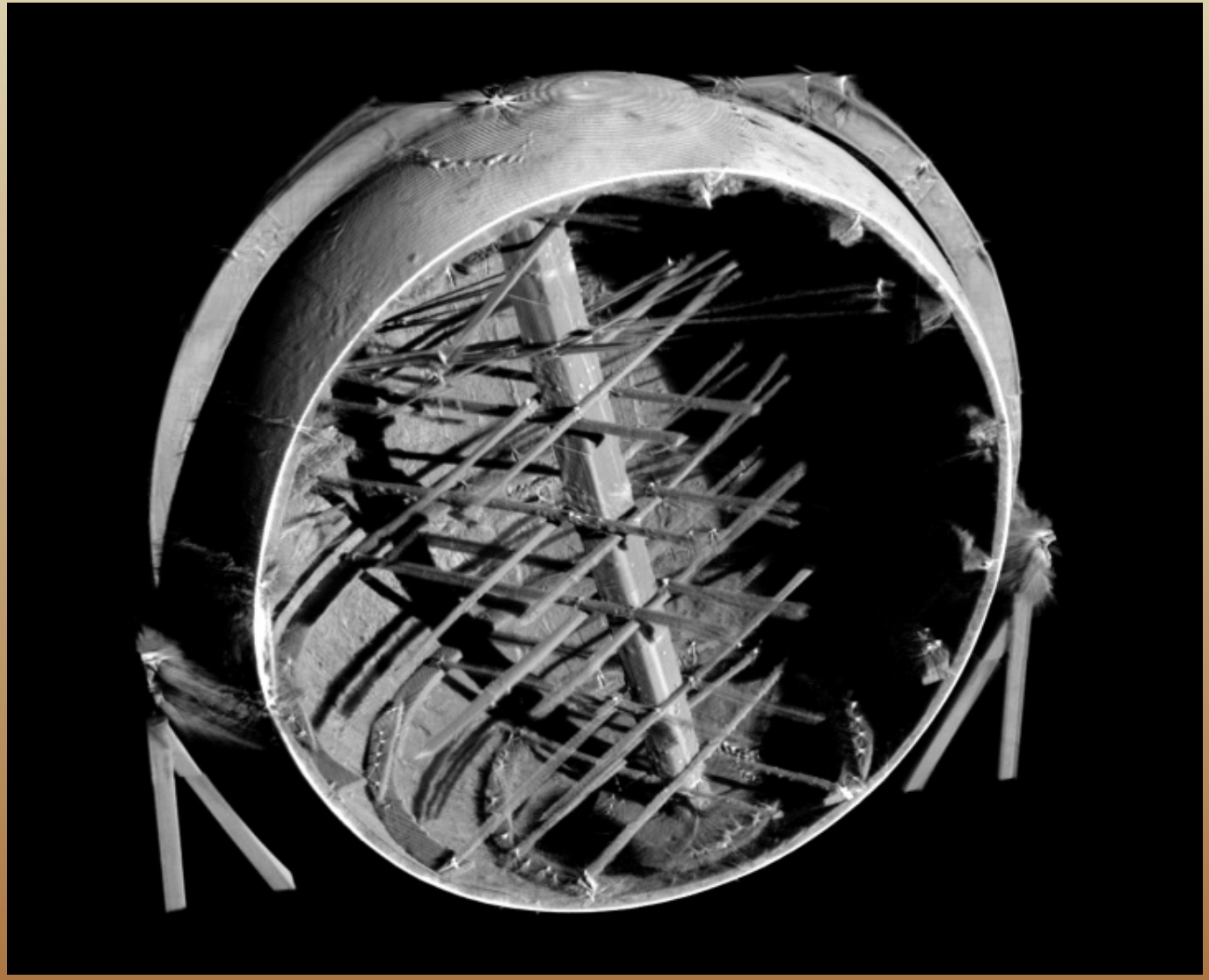
Misura effettuata presso il bunker del CNR-INAF, Bologna

Foto del sistema tomografico

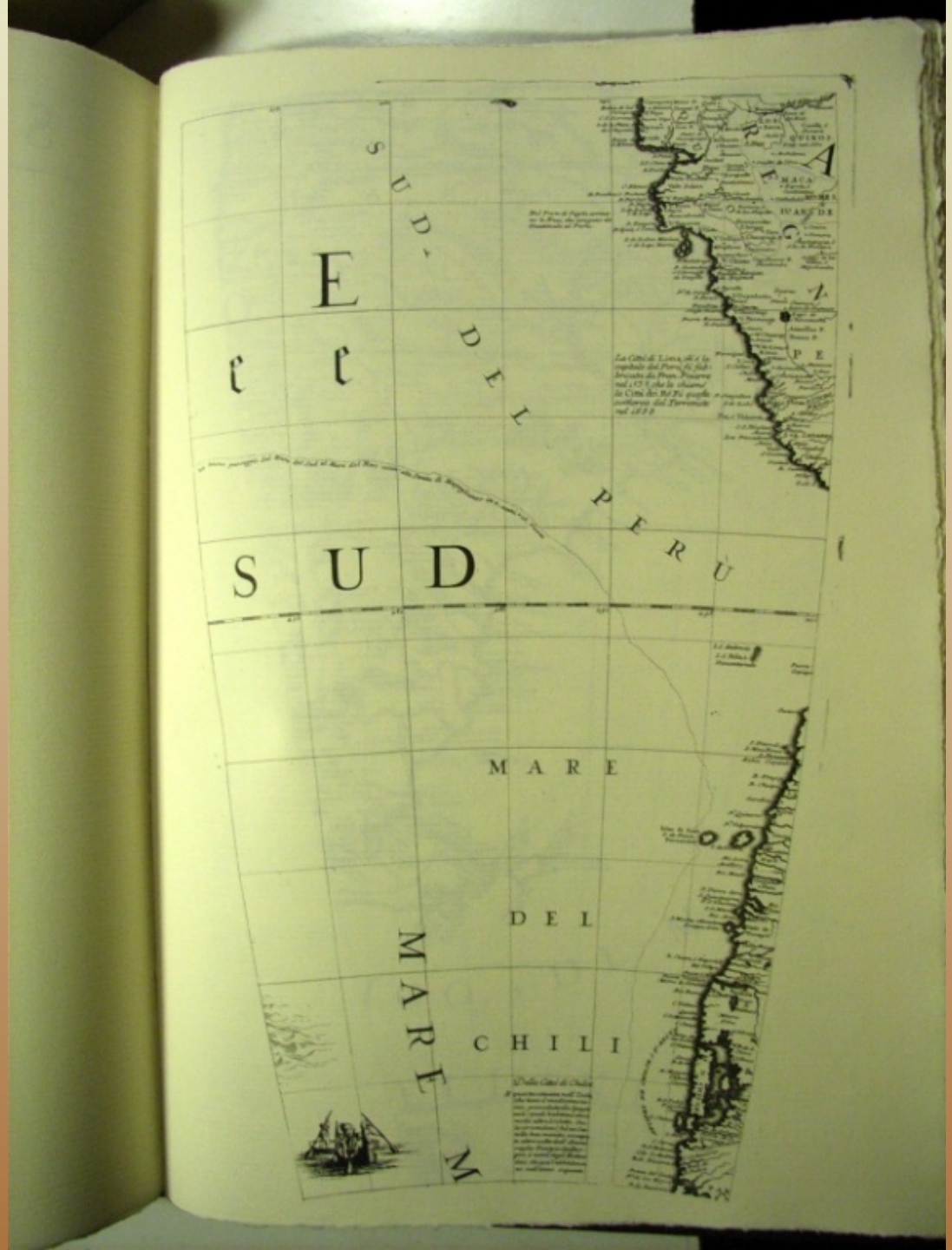


Misura effettuata presso il bunker del CNR-INAF, Bologna

La tomografia fornisce informazioni molto più accurate della radiografia



Resti del globo terrestre rinvenuti nella cantina della Biblioteca di Faenza



Il restauratore (Prof. Nicolangelo Scianna) trovò le mappe originali.

Si decise di ricostruire il globo!

Courtesy of Prof. N. Scianna

Courtesy of Prof. N. Scianna

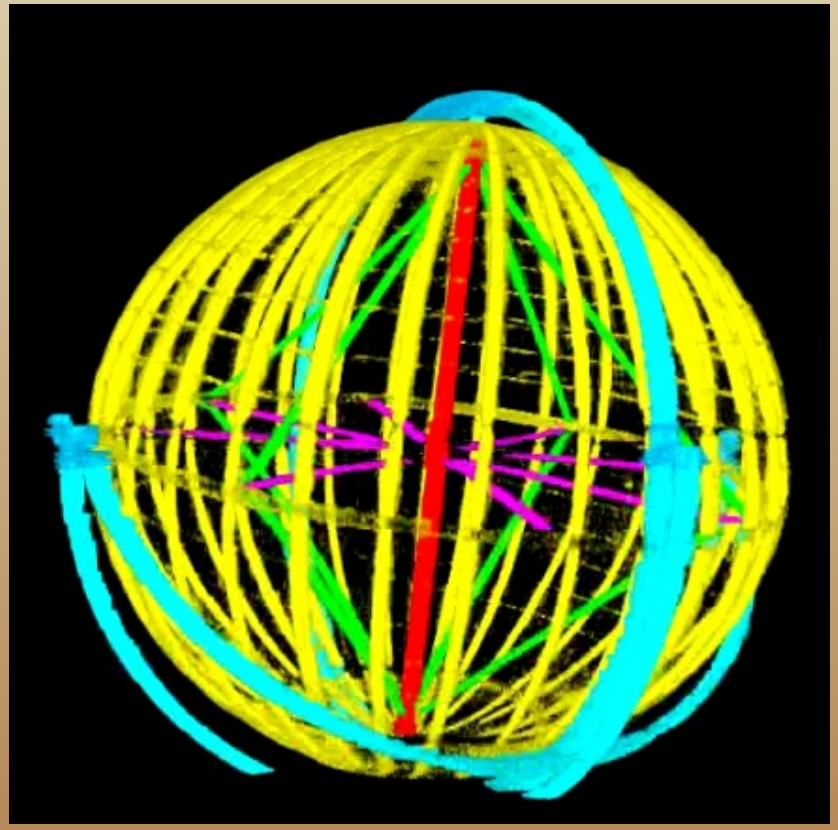
Courtesy of Prof. N. Scianna

Le cartiere di Fabriano hanno supportato il lavoro fornendo la carta speciale stendibile su una superficie sferica

La ricostruzione è quasi ultimata

Courtesy of Prof. N. Scianna

Earth Globe of Globo 'Danti' (~1570)
Palazzo Vecchio – Florence



The Map Room ("Sala delle Carte Geografiche") in Palazzo Vecchio, with the ancient large globe created by Egnazio Danti around 1570, on assignment of Cosimo I de' Medici, Duke of

Parallel Reconstruction Tests
Microsoft HPC Cluster

Redmond, WA, USA

Microsoft Server Product Portfolio
Customer Solution Case Study

University Physicists Reach New Research Horizons with High-Performance Computing

Customer: University of Bologna
Web Site: www.eng.unibo.it
Customer Size: More than 5,000 employees
Country or Region: Italy
Industry: Education—Higher education

Customer Profile
The Department of Physics at the University of Bol
in research and a
national and loca
scientific breakth

Software and Se
- Microsoft Serv
  - Windows H
- Microsoft Visu
  - Microsoft Vi
    Academic Edition

"We get results on the cluster that are faster than our previous setup by a factor of up to 75 ... [W]e've reduced image processing time from 20 days to just 6 hours."

Giuseppe Levi, Professor, University of Bologna Department of Physics

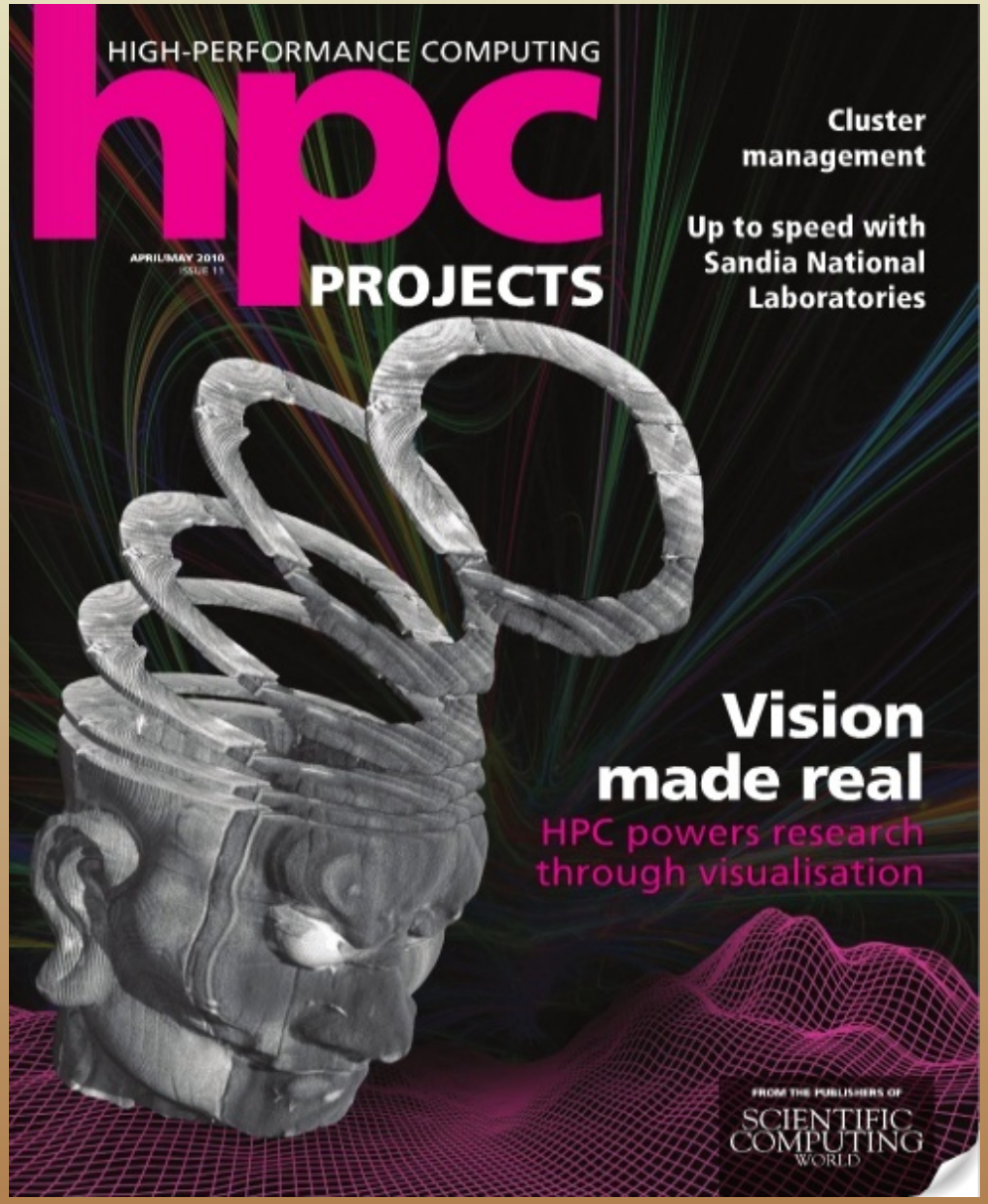
The Department of Physics at the University of Bologna needed to increase its computation speed for complex tomographic

Doing so made it possible for university researchers to avoid rewriting code, reduce calculation times from 20 days to 6 hours, and expand into new areas of research.

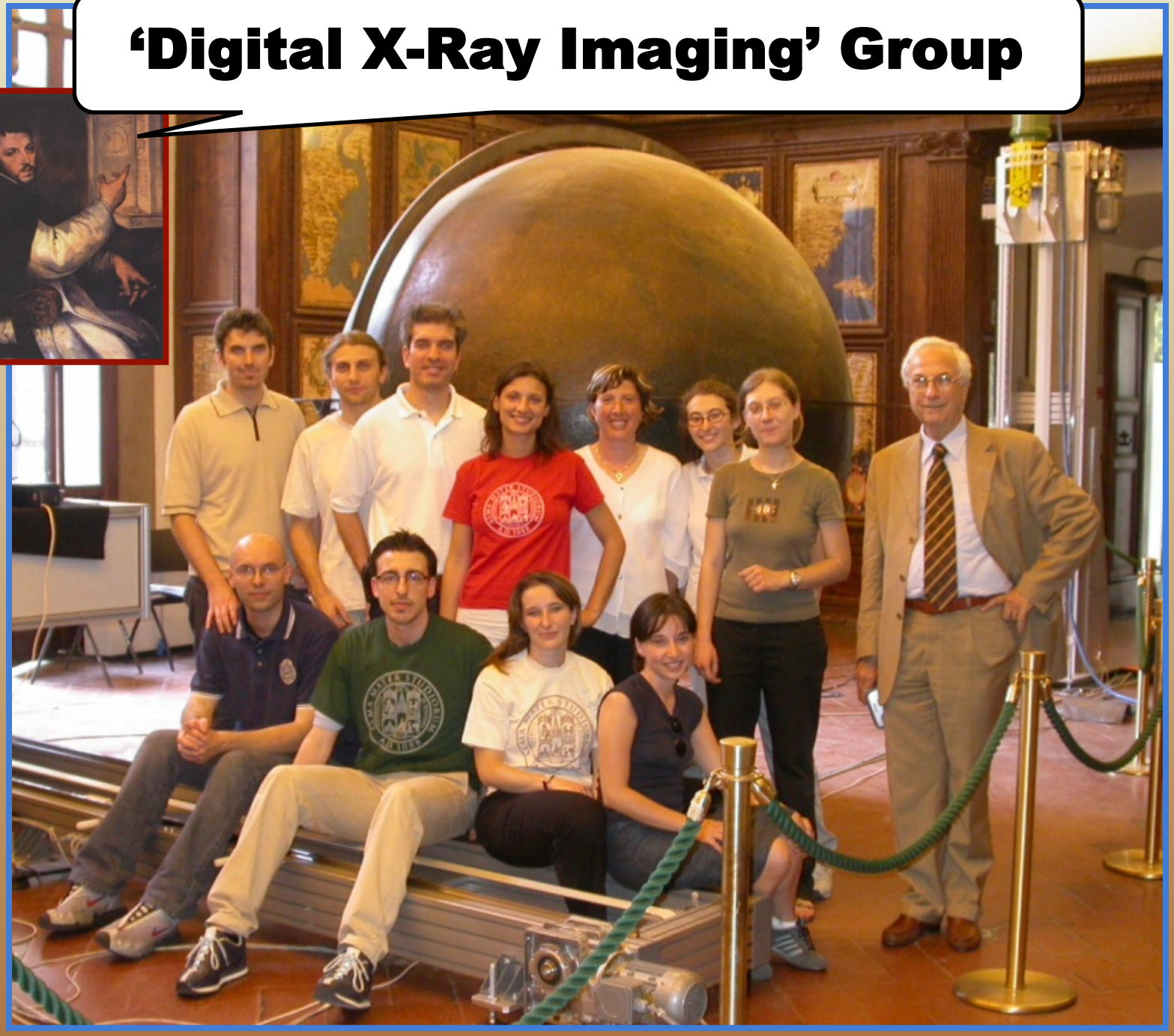
Its X-Ray Imaging Group is currently the only research group in the world capable of carrying out tomographic analyses on large objects.

computerized tomography techniques that

team studied a two-meter, thirteenth-


HIGH-PERFORMANCE COMPUTING
hpc
PROJECTS
APRIL/MAY 2010
ISSUE 11
Cluster management
Up to speed with Sandia National Laboratories
Vision made real
HPC powers research through visualisation
FROM THE PUBLISHERS OF
SCIENTIFIC COMPUTING WORLD

‘Digital X-Ray Imaging’ Group



‘Digital X-Ray Imaging’ Group

Professor : **Casali Franco**
franco.casali@yahoo.it

Researchers :

- **Morigi Maria Pia**
- **Bettuzzi Matteo**
- **Brancaccio Rosa**