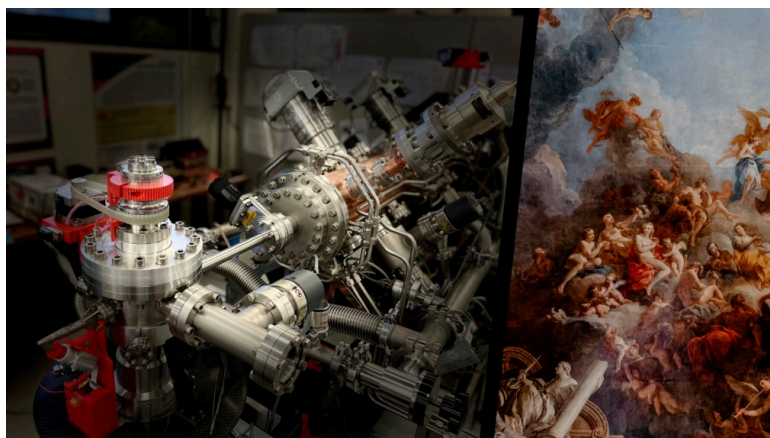


Quando le Particelle incontrano l'Arte

I progetti MACHINA e MACHINA 2

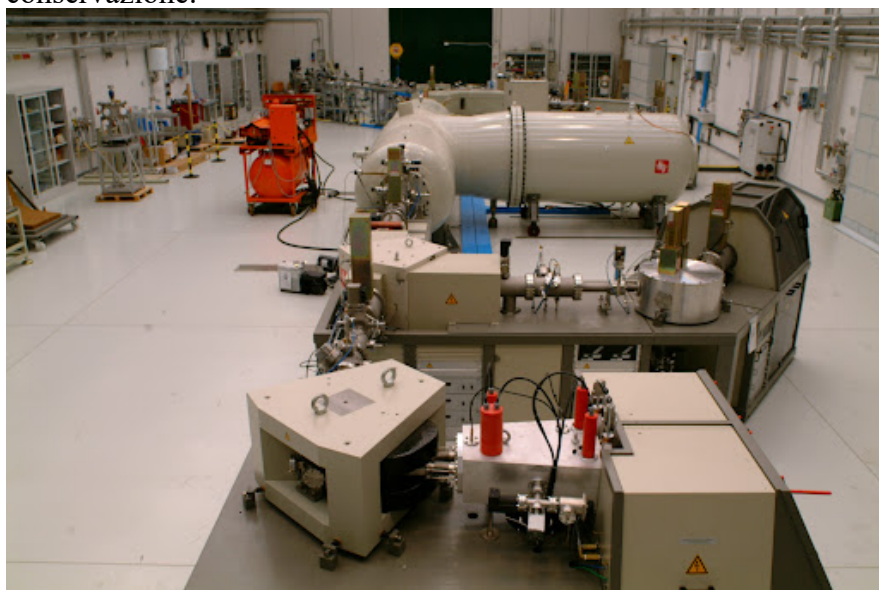


A cura di Massimo Rossi – DB Science,
DB Elettronica Telecomunicazioni S.p.A.

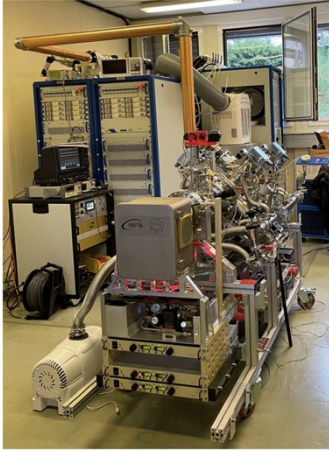
*Sono lieto di condividere alcune informazioni sui progetti. **MACHINA** e **MACHINA 2***

La scienza e l'arte, mondi che sembrano lontani, possono incontrarsi e dare vita a soluzioni innovative. I progetti **MACHINA** e **MACHINA 2**, sviluppati dall'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) in collaborazione con il CERN e prestigiose istituzioni culturali, rappresentano un esempio concreto di come la fisica nucleare possa essere messa al servizio della conservazione e dello studio dei beni culturali.

Al centro di queste iniziative troviamo **MACHINA 2**, il più piccolo acceleratore di particelle al mondo: un sistema compatto e trasportabile, capace di operare direttamente nei musei e nei siti storici. Grazie a tecniche come la **Ion Beam Analysis (IBA)**, la **PIXE** e la **Rutherford Backscattering Spectrometry (RBS)**, è possibile analizzare pigmenti, metalli e materiali senza danneggiare le opere, ottenendo informazioni preziose sulla loro composizione e sullo stato di conservazione.



Sistema di analisi prima di MACHINA e MACHINA 2 INFN / LABEC / CHNet



Test Bench CERN MACHINA 2021



Analisi *in Situ*

Il ruolo di DB Science

Un contributo decisivo è stato fornito da **DB Science**, divisione di DB Elettronica Telecomunicazioni S.p.A., che ha sviluppato e ottimizzato i sistemi RF a stato solido. Questi rappresentano il “motore” tecnologico dell’acceleratore e ne garantiscono stabilità, efficienza energetica e sostenibilità operativa. Sono stati inoltre introdotti sistemi di monitoraggio digitale e di controllo remoto, fondamentali per assicurare la replicabilità delle analisi e l’affidabilità delle misure.

Collaborazioni internazionali

Il progetto si è sviluppato grazie a una rete di collaborazioni di altissimo livello:

- **CERN** → progettazione delle cavità compatte RFQ e supporto ingegneristico;
- **INFN / LABEC / CHNet** → integrazione dei sistemi e sperimentazioni *in situ*;
- **Opificio delle Pietre Dure (OPD)** → sede dei primi test su opere reali;
- **GSSI e PNRR** → sostegno scientifico ed economico allo sviluppo della seconda generazione.

Innovazioni di MACHINA 2

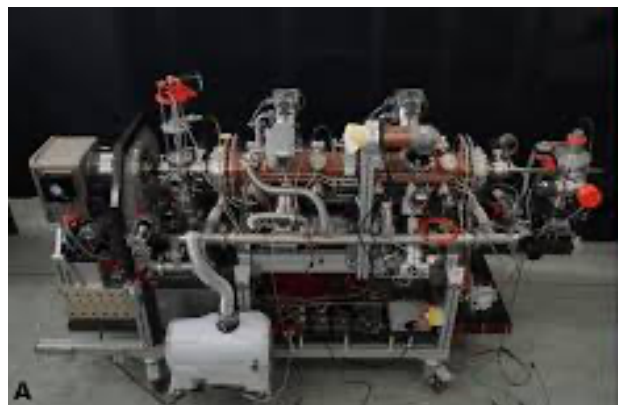
Rispetto al prototipo iniziale, MACHINA 2 introduce importanti miglioramenti: modularità e portabilità, installazione rapida e sicura, sistemi di interlock avanzati e una significativa riduzione dei consumi energetici. Queste caratteristiche rendono l’acceleratore adatto a lavorare direttamente nei contesti museali, riducendo al minimo gli spostamenti delle opere.



MACHINA 100kW Liquid cooling



MACHINA 2 100kW Air cooling.



Acceleratore Compatto 750MHz <1m³

Profili di impulso

Uno degli aspetti più innovativi è la possibilità di adattare i parametri del fascio di particelle alle diverse tipologie di opere, garantendo analisi precise e non invasive.

Materiale	Durata (μs)	Ripetition Rate (Hz)	Applicazione principale
Affreschi	10–50	10–50	Analisi superficiale
Tele	20–80	20–100	Pigmenti e ritocchi
Ceramiche	80–150	50–150	Smalti e ossidi
Metalli	150–250	100–200	Studio di leghe e corrosione
Manoscritti	10–30	10–30	Materiali sensibili

Specifiche tecniche

Il sistema combina compattezza e alte prestazioni:

Parametro	Valore
Tipo	RFQ lineare compatto
Energia	Fino a 2 MeV
Frequenza	750 MHz
Potenza di picco	100 kW
Durata impulso	10–250 μs
Ripetition Rate	10–200 Hz
Consumo medio	~20 kW
Raffreddamento	Aria
Dimensioni / Size	< 1 m ³

Impatti e prospettive

Con queste caratteristiche, oggi è possibile condurre analisi *in situ* su affreschi, dipinti, reperti archeologici e metalli antichi, fornendo ai restauratori e agli storici dell’arte informazioni indispensabili per la conservazione, l’autenticazione e lo studio delle opere.

Time Line

Anno	Progetto
2017	Approvazione e avvio del progetto MACHINA.
2018–2021	Sviluppo del prototipo MACHINA, test dei sistemi RF di potenza DB Science.
2022	Primo fascio protonico da 2 MeV con MACHINA.
2023–2024	Consolidamento operativo in OPD, sperimentazioni in situ e raccolta dati scientifici.

2024– 2025	Sviluppo e implementazione di MACHINA 2 (PNRR / GSSI), con sistemi RF avanzati DB Science, maggiore portabilità, ottimizzazione energetica e integrazione di sistemi di monitoraggio digitale.
---------------	--

Oggi questo acceleratore rappresenta uno strumento unico, capace di unire rigore scientifico, innovazione tecnologica e tutela del patrimonio culturale.

Siamo orgogliosi di essere parte di questa partnership con INFN, CERN, OPD e GSSI, unendo le nostre competenze ingegneristiche a un progetto che mette la scienza al servizio dell'arte e della cultura.

Contatti

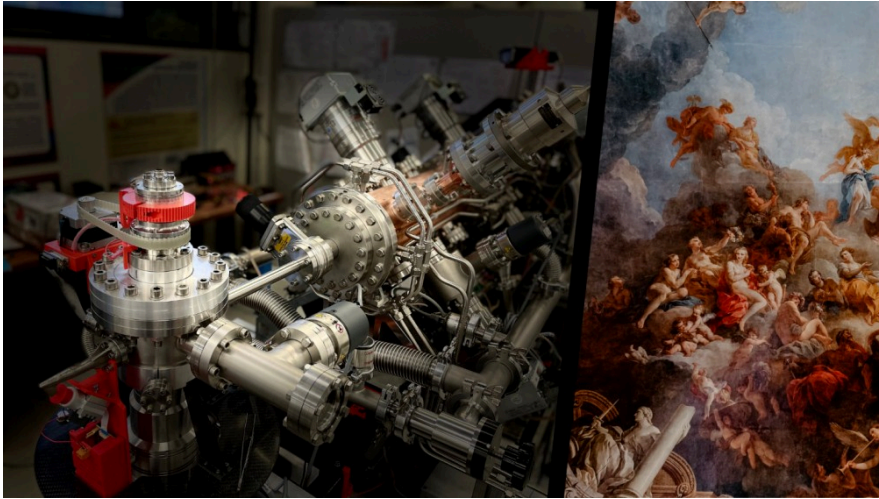
Beatrice Martin-Contract Manager DB Science

DB Elettronica Telecomunicazioni S.p.A.

 beatrice@db-science.com  www.db-science.com  +393386880617

When Particles Meet Art

The MACHINA and MACHINA 2 Projects

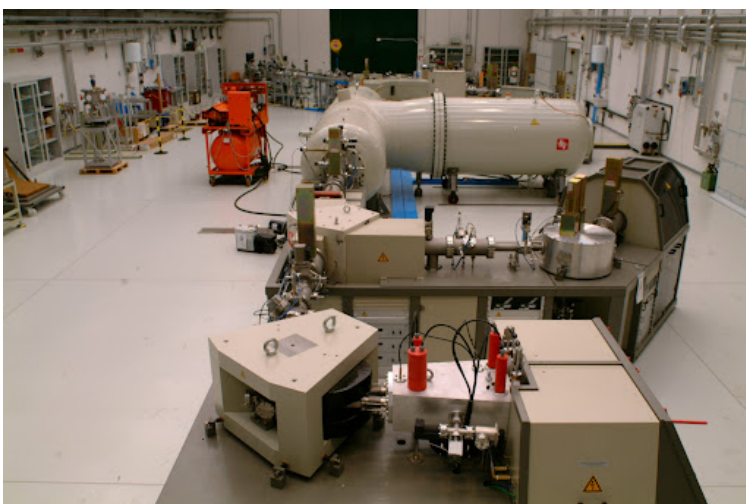


*By Massimo Rossi – DB Science,
DB Elettronica Telecomunicazioni S.p.A.*

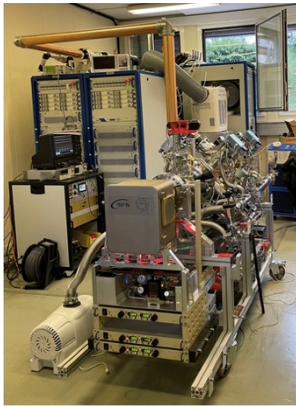
I am pleased to share some information about the MACHINA and MACHINA 2 projects.

Science and art, two seemingly distant worlds, can come together to deliver groundbreaking solutions. The **MACHINA** and **MACHINA 2** projects, developed by INFN (Italian National Institute for Nuclear Physics) in collaboration with CERN and prestigious cultural institutions, are a remarkable example of how nuclear physics can serve the conservation and study of cultural heritage.

At the heart of these initiatives is **MACHINA 2**, the smallest particle accelerator in the world: compact, transportable, and designed to operate directly inside museums and historical sites. Using techniques such as **Ion Beam Analysis (IBA)**, **PIXE**, and **Rutherford Backscattering Spectrometry (RBS)**, it is possible to study pigments, metals, and materials without damaging the artworks, providing crucial insights into composition and conservation.



Analysis system before to MACHINA and MACCHINA 2 INFN / LABEC / CHNet



Test Bench CERN MACHINA 2021



Analysis *in Situ*

The role of DB Science

A decisive contribution came from **DB Science**, a division of DB Elettronica Telecomunicazioni S.p.A., which developed and optimized the solid-state RF systems, the technological “engine” of the accelerator. These solutions improved stability, reduced energy consumption, and enhanced sustainability. Digital monitoring and remote-control systems were also introduced to ensure reliability and repeatability of measurements.

International collaborations

The project succeeded thanks to a strong network of collaborations:

- **CERN** → design of compact RFQ cavities and engineering support;
- **INFN / LABEC / CHNet** → system integration and field testing;
- **Opificio delle Pietre Dure (OPD)** → venue for the first applications on real artworks;
- **GSSI and PNRR** → scientific and financial support for the second-generation system.

Innovations in MACHINA 2

Compared to the first prototype, MACHINA 2 introduced major improvements: modular and portable design, faster and safer installation, advanced safety interlocks, and optimized energy efficiency. This allows the accelerator to operate directly in museum environments, minimizing the need to move fragile artworks.



MACHINA 100kW liquid cooling.



MACHINA 2 100kW Air cooling



Compact Accelerator 750MHz <1m³

Pulse Profiles

One of the most innovative aspects is the ability to adapt beam parameters to different types of artworks, ensuring precise and non-invasive analysis.

Material	Duration (μs)	Ripetition Rate(Hz)	Main application
Frescoes	10–50	10–50	Surface analysis
Canvas paintings	20–80	20–100	Pigments and retouching
Ceramics	80–150	50–150	Glazes and oxides
Metals	150–250	100–200	Alloys and corrosion
Manuscripts	10–30	10–30	Sensitive materials

Technical Specifications

The system combines compactness with high performance:

Parameter	Value
Type	Compact RFQ linear accelerator
Energy	Up to 2 MeV
RF Frequency	750 MHz
Peak Power	100 kW
Pulse Duration	10–250 μs
Repetition Rate	10–200 Hz
Average Consumption	~20 kW
Cooling	Air-cooled
Size	< 1 m ³

Impacts and perspectives

With these features, it is now possible to perform in situ analyses on frescoes, paintings, archaeological artifacts, and ancient metals, offering restorers and art historians valuable data for conservation, authentication, and research.

Time Line

Anno / Year Progetto / Project	
2017	Approval and start of the MACHINA project.
2018–2021	Development of the MACHINA prototype, testing of RF DB Science
2022	First 2 MeV proton beam with MACHINA.
2023–2024	Operational consolidation in OPD, in situ experiments and scientific data collection.

2024– 2025	Development and implementation of MACHINA 2 (PNRR / GSSI), advanced RF DB Science, greater portability, energy optimization, and integration of digital monitoring systems.
---------------	---

Today, this accelerator stands as a unique tool that combines scientific rigor, technological innovation, and the protection of cultural heritage.

We are proud to be part of this partnership with INFN, CERN, OPD, and GSSI, combining our engineering expertise with a project that places science at the service of art and culture.

Contacts

Beatrice Martin-Contract Manager DB Science

DB Elettronica Telecomunicazioni S.p.A.

 beatrice@db-science.com  www.db-science.com  +393386880617