

Il «cannone» portatile svela i segreti dell'arte

di IDA BOZZI

Uno, famoso, è nei sotterranei del Louvre e si chiama Aglae, Accélérateur Grand Louvre d'analyse élémentaire: è un acceleratore di particelle dedicato all'analisi delle opere d'arte. Può colpire con un fascio di protoni un dipinto o un reperto, eccitandone gli elettroni e ottenendone emissioni di raggi X o raggi gamma tipici delle sostanze di cui l'oggetto è composto, senza danni per l'opera. Ma per analizzare la *Gioconda* di Leonardo occorre prelevarla dalla Galerie de Médicis (si trova qui durante il restauro della Salle des États, dove tornerà in tempo per il 24 ottobre, giorno d'apertura della grande mostra *Leonardo da Vinci*) e portarla davanti ad Aglae.

Quello che Aglae (e altri acceleratori fissi per l'analisi delle opere d'arte) non può fare, infatti, è spostarsi: magari per analizzare *in loco* gli affreschi di Giotto nella Basilica di Assisi, o per entrare nell'ex refettorio di Santa Maria delle Grazie a Milano e studiare il *Cenacolo*.

Un altro acceleratore sarà invece in grado di farlo: è portatile, ha il nome leonardesco di Machina (che sta per Movable Accelerator for Cultural Heritage In-situ Non-destructive Analysis) ed è il frutto di una collaborazione tra l'italiano Istituto nazionale di Fisica nucleare (Infn) e il Cern (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) di Ginevra, con l'Opificio delle pietre dure (Opd) di Firenze dove verrà sistemato (con la possibilità appunto di trasportarlo in altri luoghi e musei). Si tratta di un acceleratore compatto ad alta precisione, trasportabile, lungo circa 2,5 metri e pesante «solo» circa 300 chilogrammi, basato sulla tecnologia di quadrupolo a radiofrequenza (Hf-Rfq) sviluppata al Cern, e su 35 anni di ricerca dell'Infn attraverso la sua rete di beni culturali Infn-ChNet (Cultural Heritage Network) che raggruppa oltre 15 gruppi di ricerca specializzati. Il prototipo si occuperà interamente di studi di diagnostica non invasiva per il restauro e dello studio dei materiali delle opere d'arte.

«Portare l'acceleratore all'opera d'arte — spiega Francesco Taccetti, coordinatore scientifico per l'Istituto nazionale di Fisica nucleare — non è mai stato fatto prima, e permette di svolgere sull'opera analisi che in molti casi non si potrebbero fare senza danneggiarla. Machina utilizza dei fasci di ioni con correnti così minuscole che la potenza destinata all'oggetto è dell'ordine delle decine di microwatts, il che significa che si tratta di analisi non invasive. Con il fascio di ioni si possono eccitare gli atomi del pigmento, e vedere la loro emissione X, oppure eccitare i nuclei degli atomi e ottenere un'emissione gamma che dà un altro tipo di informazione, o ancora si può tirare uno ione e vedere con che energia viene «rimbalzato» indietro dai materiali: tecniche di tipo multimessaggero, che forniscono insieme varie informazioni sugli elementi della natura atomica dell'opera».

Molte informazioni di diverso tipo, ma anche molti tipi di analisi diverse sull'opera d'arte: «Ad esempio pos-

siamo usare un protone di una certa energia — continua Taccetti — che si ferma a un certo spessore della superficie del quadro, diciamo decine o centinaia di micron; ma se si aumenta un pochino l'energia, il fascio si ferma più in là. Con questo gioco di energie è possibile realizzare stratigrafie dell'opera, cioè penetrare a profondità diverse nel materiale».

In pratica è possibile conoscere il tipo di sostanza usata dal pittore, ma anche individuare i diversi strati di pigmento, e molto altro, illustra Taccetti: «La misura serve a caratterizzare i componenti elementari, atomi in sostanza, di cui è composta l'opera d'arte. Per sapere cosa? Be', ad esempio perché in fase preliminare al restauro si vuole sapere quale tipo di pigmento è stato usato per realizzare un dipinto (e se uno sa qual è il pigmento è più facile trovare materiali compatibili o analoghi). Si può capire se sono stati compiuti restauri sull'opera in periodi diversi, si può scoprire se nel pigmento si trovano sostanze recenti, pensiamo ai composti del titanio o ad altri composti «moderni», con la possibilità di individuare un falso. L'acceleratore può compiere, per mezzo di un sistema di movimentazioni esterne, una scansione e sommare immagini dell'opera: ciò consente di esaminare varie informazioni di interesse sia per i restauratori sia per gli storici dell'arte, come la modalità di pittura dell'artista, la sua pennellata».

Beninteso, esistono già vari strumenti per analisi approfondite: uno dei più avanzati è il Molab, laboratorio mobile per le indagini non invasive sulle opere d'arte dell'Università di Perugia e del Cnr, che compie spettroscopia molecolare, scannerizzazione a raggi X e riflettografia infrarossa. Taccetti lo cita con entusiasmo — «sono anni che lavoriamo in sinergia con il gruppo del Cnr di Perugia e con gruppi di altri enti di ricerca (per esempio Enea)» — e prosegue: «La complementarietà della ricerca è fondamentale. Qual è la differenza tra uno scanner a raggi X e un acceleratore? L'acceleratore è un «cannone»: ha la possibilità di fare analisi di tipo quantitativo e si presta a svolgere procedimenti di stratigrafia che permettono di sapere strato per strato com'è fatta l'opera».

Ma quali sono i tempi per l'entrata in funzione del prototipo di Machina? L'acceleratore verrà presentato il 14 settembre durante l'open day del Cern a Ginevra, mentre al convegno LuBeC di Lucca, il 3 e 4 ottobre, sarà mostrato un modello in 3D del prototipo e il progetto finale del «punto di misura», cioè la parte da cui esce il fascio dei protoni. «Quanto alle tappe: l'acceleratore è stato sviluppato da Infn intorno a due moduli costruiti dal Cern di Ginevra. L'acceleratore, per la parte della sorgente di protoni, dei sistemi di controllo e delle parti di alta energia è stato portato a Ginevra a luglio: da questa data inizia l'integrazione dei due moduli Cern, che dovrebbe avvenire ragionevolmente entro la fine di ottobre. Poi inizierà una parte di test che dovrebbe durare fino alla fine dell'anno o ai primi del 2020 (nei tempi previsti); verso febbraio, conclusi i test, si dovrebbe poterlo riportare a Firenze per

i primi test all'Infn di Firenze, per poi portarlo all'Opificio delle pietre dure in primavera».

Il costo complessivo del prototipo di Machina è di circa 2,5 milioni di euro, ma, avverte Taccetti, «il costo di un prototipo è sempre molto diverso e più alto del costo di un prodotto industriale». E continua: «Va considerata tutta la prima fase di sviluppo e di prove — e le prove sono state utili per trovare configurazioni stabili, mostrandoci tutta una serie di soluzioni semplici e a basso costo — e il resto dipende anche dal mercato. L'acceleratore è stato sviluppato anche, per la parte Infn, pensando alla formazione del personale. A differenza di una macchina consegnata da una ditta a scatola chiusa, qui è tutto "in chiaro": i giovani ricercatori all'Infn hanno lavorato alla messa a punto di un acceleratore, e non è cosa da poco per un giovane fisico». Già si prevede un seguito a questa ricerca, per portare ulteriori modifiche, e per rendere l'interfaccia con l'utente il più semplice possibile. «Quello che ci premeva era comporre il primo oggetto portatile per investigazioni in loco. Abbiamo costruito una macchina che ha un'energia finale sufficientemente bassa per limitare tutti gli impatti legati alla radioprotezione: sarebbe inutile fare un acceleratore portatile se poi non lo si può portare in giro. Machina è in grado di entrare nei centri di restauro e nei musei (anche se ancora non lo si può attaccare all'impianto di casa: ha un assorbimento non del tutto trascurabile dell'ordine di 7-8 chilowatt) ma esisterà una "fase due" di sviluppo ulteriore, questo è un prototipo. Abbiamo fatto in modo che l'oggetto possa essere facilmente replicabile».

A proposito, il fisico racconta che Machina ha già fatto un primo viaggio, a Ginevra: «All'Infn di Firenze in tre ore abbiamo smontato l'acceleratore, l'abbiamo portato a Ginevra, l'abbiamo riassembleto in pochi minuti, poi abbiamo acceso i sistemi di vuoto, acceso la sorgente di ioni, e saremmo stati pronti per "sparare" se avessimo avuto un'opera d'arte: non esiste al mondo un altro acceleratore che in tre ore viene smontato e in due rimontato».

© RIPRODUZIONE RISERVATA

i



Lo scienziato

Sopra: il fisico Francesco Taccetti, coordinatore nazionale per Infn della rete di beni culturali Infn-ChNet, e responsabile scientifico (per la parte di competenza italiana) di Machina. È stato responsabile di vari progetti presso l'acceleratore Tandem dell'Infn di Firenze

Le immagini

Nella foto in alto a sinistra, gli scienziati della collaborazione Infn-Cern davanti ai componenti di Machina al Cern. Da sinistra:

Lorenzo Giuntini (Infn), Francesco Bertinelli (Cern), Maurizio Vetrenar (Cern), Francesco Taccetti (Infn), Amy Bilton (Cern), Speranza Falciano (Infn), Hermann Pommerenke (Cern), Serge Mathot (Cern), Frédéric Bordry, (Cern), Francesca Giambi (Infn), Fernanda Benetti (Infn), Caroline Czelusniak (Infn), Alessandra Lombardi (Cern), Marco Manetti (Infn), Giovanni Anelli (Cern), Agostino Lanza (Infn). Nella foto grande: il rendering di

Machina una volta terminato. Nella foto sotto: il lavoro di una restauratrice dell'Opificio delle pietre dure di Firenze (un istituto autonomo del ministero per i Beni e le Attività culturali dedicato al restauro e alla manutenzione delle opere d'arte) sull'Ultima cena di Giorgio Vasari

Il convegno LuBeC

Dopo la presentazione al Cern di Ginevra il 14 settembre, Machina sarà mostrato al XV LuBeC - Lucca Beni Culturali, incontro internazionale dedicato a cultura, turismo e innovazione che sarà il 3 e 4 ottobre al Real Collegio di Lucca

Sguardi

Pittura, scultura, architettura, fotografia

Istituto di Fisica nucleare e Cern di Ginevra hanno creato **Machina**: acceleratore di particelle che indaga le opere (e scopre i falsi). Ecco

