

**Verbale della Commissione di concorso per l'assegnazione del premio di studio "Paolo Piovesan"**  
**Edizione 2023**

La Commissione si è riunita presso il Consorzio RFX in data 14 febbraio 2024 per un esame preliminare della documentazione presentata dai candidati e ha concluso i lavori nella riunione del 28 febbraio 2024.

Sono state valutate quattro tesi di dottorato:

- ✓ Aymerich Enrico: Machine Learning and Deep Learning applications for the protection of nuclear fusion devices;
- ✓ Giuliani Umberto: Low-carbon energy scenarios and the role of Fusion;
- ✓ Lucchini Francesco: Development of Gas Insulated High Voltage Components for Neutral Beam Injectors (NBI);
- ✓ Spinicci Luca: 3D Nonlinear MHD modelling studies: Plasma Flow and Realistic Magnetic Boundary Impact on Magnetic self-organisation in Fusion Plasmas.

Tutte le tesi sono state giudicate dalla Commissione di ottimo livello, con risultati originali e innovativi, e ben argomentate. La Commissione osserva che la tesi del candidato Spinicci è nel campo della fisica della fusione.

Fra tutte le tesi di dottorato presentate, quella del candidato Enrico Aymerich, dal titolo:

*"Machine Learning and Deep Learning applications for the protection of nuclear fusion devices"*

è stata scelta all'unanimità come la più meritevole del premio.

La tesi affronta una tematica importante per la salvaguardia dell'integrità dei dispositivi per la fusione nucleare in configurazione tokamak o stellarator e di eventuali reattori nelle medesime configurazioni. Lo studio applicato ai tokamak si concentra sullo sviluppo di schemi automatici e di strategie per mitigare o evitare la terminazione veloce della corrente di plasma (disruzione), mentre la ricerca relativa alla configurazione stellarator indaga tecniche per la stima in tempo reale del flusso termico sulla prima parete e la loro ingegnerizzazione per l'uso in sistemi di controllo in linea per la prevenzione del sovraccarico termico.

La tesi applica sia metodi statistici a partire dai modelli fisici dei fenomeni, sia metodi guidati dai dati basati su tecniche di Intelligenza Artificiale, come Machine Learning e Deep Learning. L'analisi si avvale dei dati sperimentali acquisiti dall'esperimento JET per la configurazione tokamak e dall'esperimento W7-X (W7X) per la configurazione stellarator. Entrambi i dispositivi fanno parte del programma EUROfusion per lo sviluppo della ricerca sulla fusione nucleare.

Nello svolgimento dell'argomento di tesi, il dott. Aymerich ha seguito un approccio teorico, numerico e di verifica sperimentale coerente e ben strutturato.

La tesi ha contribuito alla ricerca nel settore con lo sviluppo di un algoritmo per l'identificazione automatica dei periodi "pre-disruzione" nelle scariche dei tokamak, con l'obiettivo di rendere automatica la fase di apprendimento dei modelli guidati dai dati, tipicamente soggetti al problema dell'invecchiamento. Inoltre la tesi introduce tecniche di Machine and Deep Learning basate su modelli di previsione della disruzione tramite Generative Topographic Mapping, Fully Connected Neural Networks e propone l'uso di un tipo innovativo di reti neurali denominato Convolutional Neural Networks, capaci di analizzare immagini. Infine i modelli sono confrontati sulla stessa base di scariche con il medesimo insieme di diagnostiche e usando metriche note. Lo scopo del lavoro è la determinazione di criteri per confrontare sistematicamente predittori diversi in vista

dell'adozione da parte di EUROfusion di una base di dati comune per il collaudo di predittori della disruzione guidati dai dati.

La Commissione ha apprezzato in particolare il livello di contestualizzazione del lavoro nell'ambito dell'amplessima letteratura relativa ai diversi modelli, metodologie e metriche di valutazione per la loro comparazione.

Per quanto riguarda W7X, il dott. Aymerich ha usato reti neurali denominate Physics-Informed Neural Networks (PINN) che rappresentano un approccio innovativo e molto promettente nell'ambito delle applicazioni di reti neurali in campo fisico. Queste reti in fase di apprendimento sono in grado di tenere conto di fattori che indicano l'attinenza della soluzione alle leggi fisiche del fenomeno che analizzano. La tesi ha contribuito inoltre a identificare algoritmi paralleli per la stima dei flussi termici in W7X adatti all'esecuzione in real-time su architetture di calcolo parallele quali Graphics Processing Unit (GPU) che permettono tempi di risposta adatti alle relative applicazioni di controllo.

Il contributo individuale e la qualità dell'attività di dottorato di Enrico Aymerich sono testimoniati da numerose e significative pubblicazioni scientifiche di argomento pertinente alle tematiche di tesi, in cui il candidato compare come primo autore.

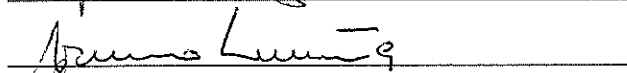
Padova, 28 febbraio 2024

La Commissione

Elena Gaio



Adriano Luchetta



Pierluigi Zaccaria

