

# L'AI per le simulazioni degli eventi in CMS

---

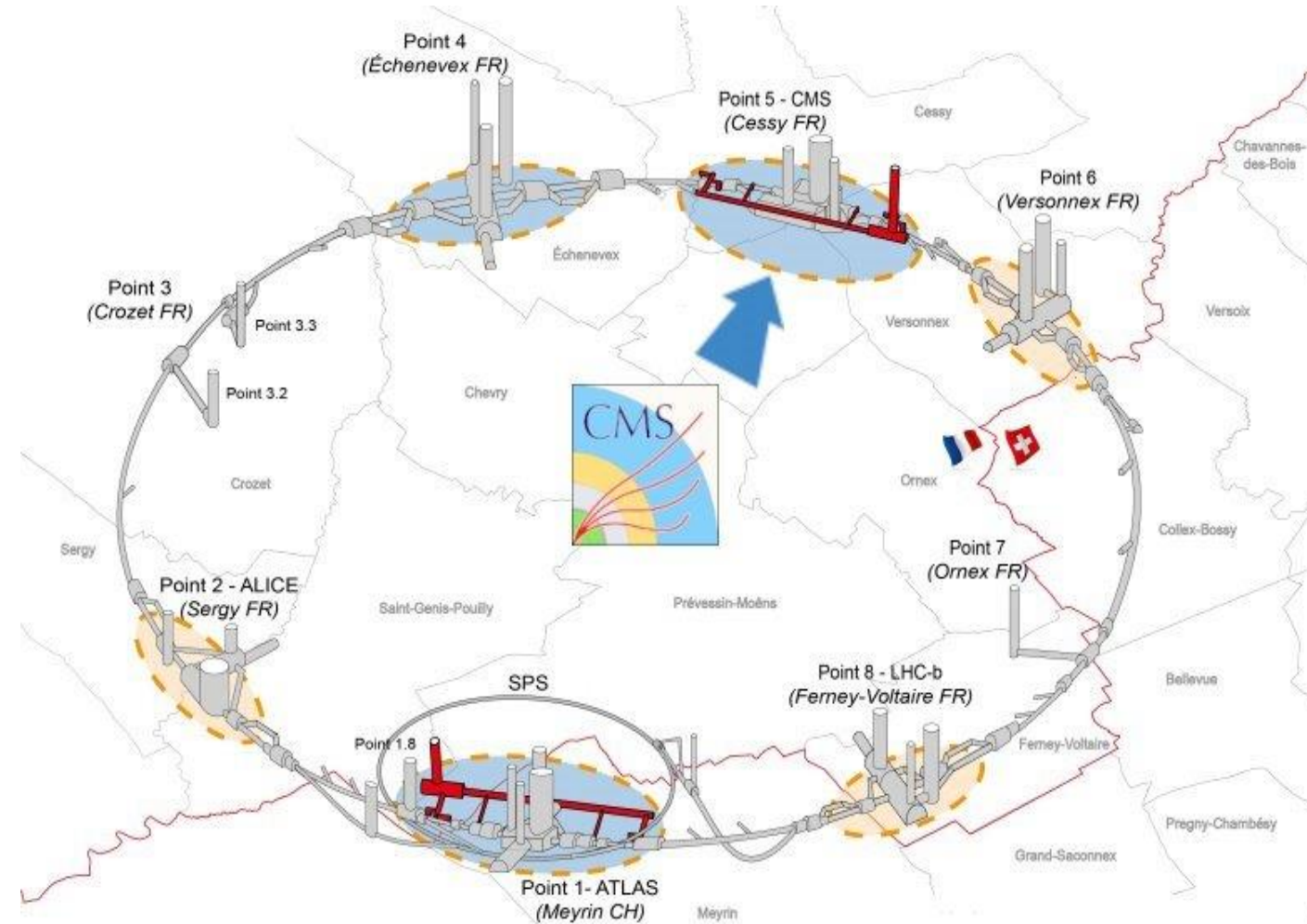
Come l'intelligenza artificiale sta  
rivoluzionando la Fisica delle Particelle



Bini Irene  
23 Marzo 2026

# Verso il 2030 con il progetto **HL-LHC**: più collisioni, più scoperte

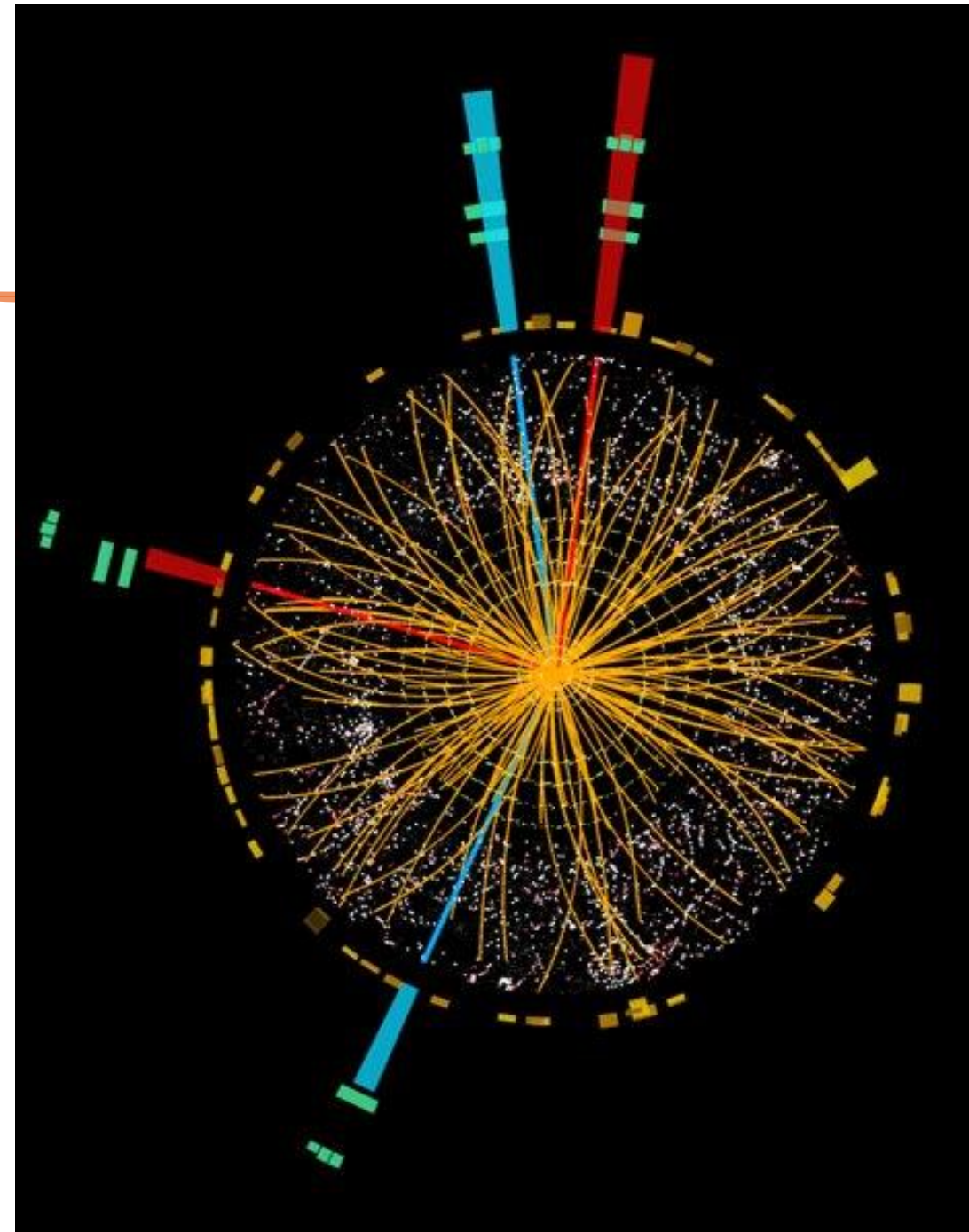
- L'obiettivo è spingere l'acceleratore ai suoi limiti fisici per massimizzare il potenziale di scoperta.
- Vogliamo decuplicare il numero di collisioni rispetto al design originale.
- Più scontri tra protoni aumentano la probabilità di osservare fenomeni rarissimi.
- Questa enorme mole di dati rende necessarie nuove tecniche di analisi e simulazioni ultra-veloci.



# Distinguere il segnale dal fondo

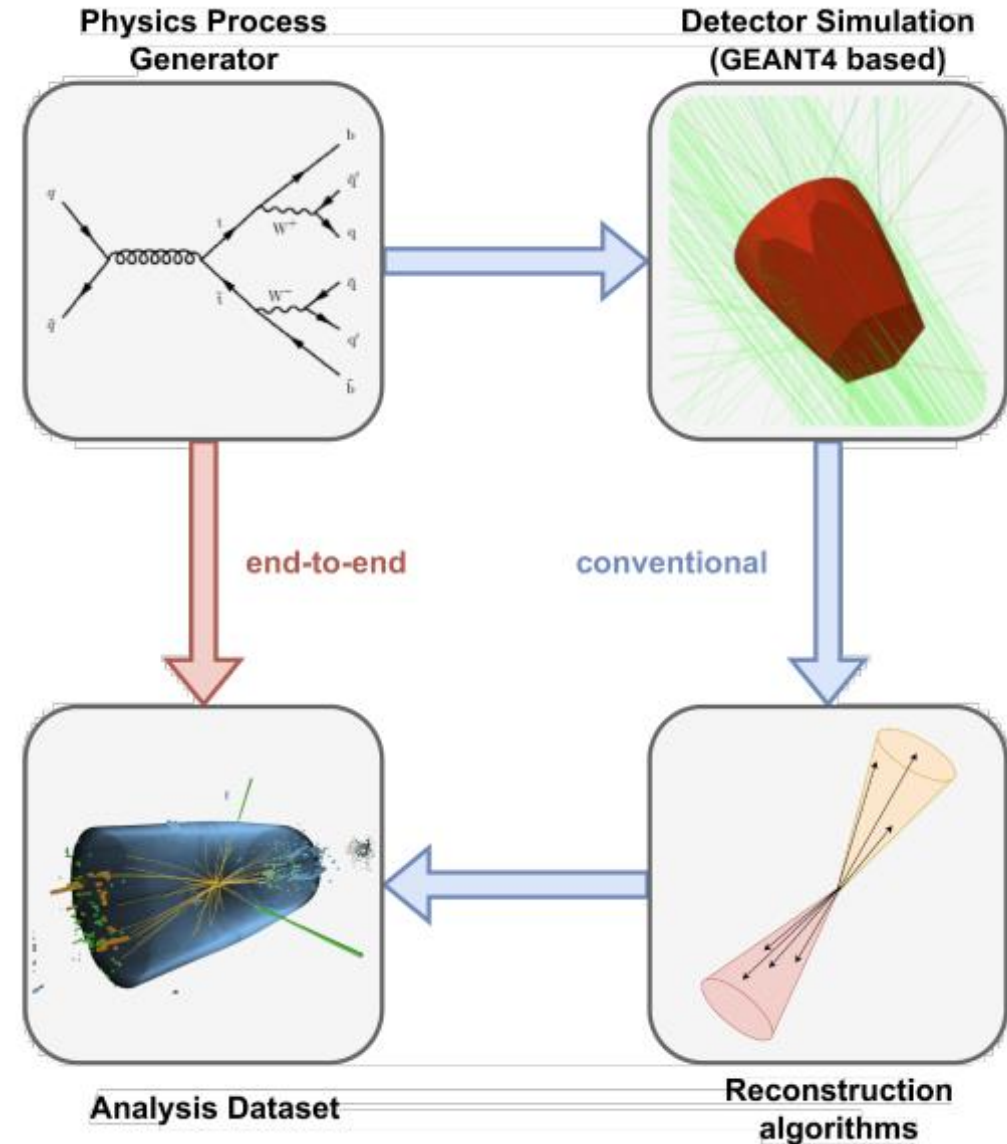
---

- L'obiettivo principale è isolare il segnale di interesse (nuova fisica)
- Il segnale è circondato da rumore, con il potenziamento ci saranno 200 collisioni simultanee ogni istante
- **Perché simulare il rumore?** Per distinguere la nuova fisica, dobbiamo essere bravi a riprodurre perfettamente tutto il rumore di fondo.
- Solo conoscendo alla perfezione l'aspetto delle 200 interazioni di disturbo possiamo "sottrarle" e isolare il segnale che cerchiamo.
- **Il limite attuale:** Generare queste enormi quantità di rumore con i metodi classici è troppo lento e costoso.



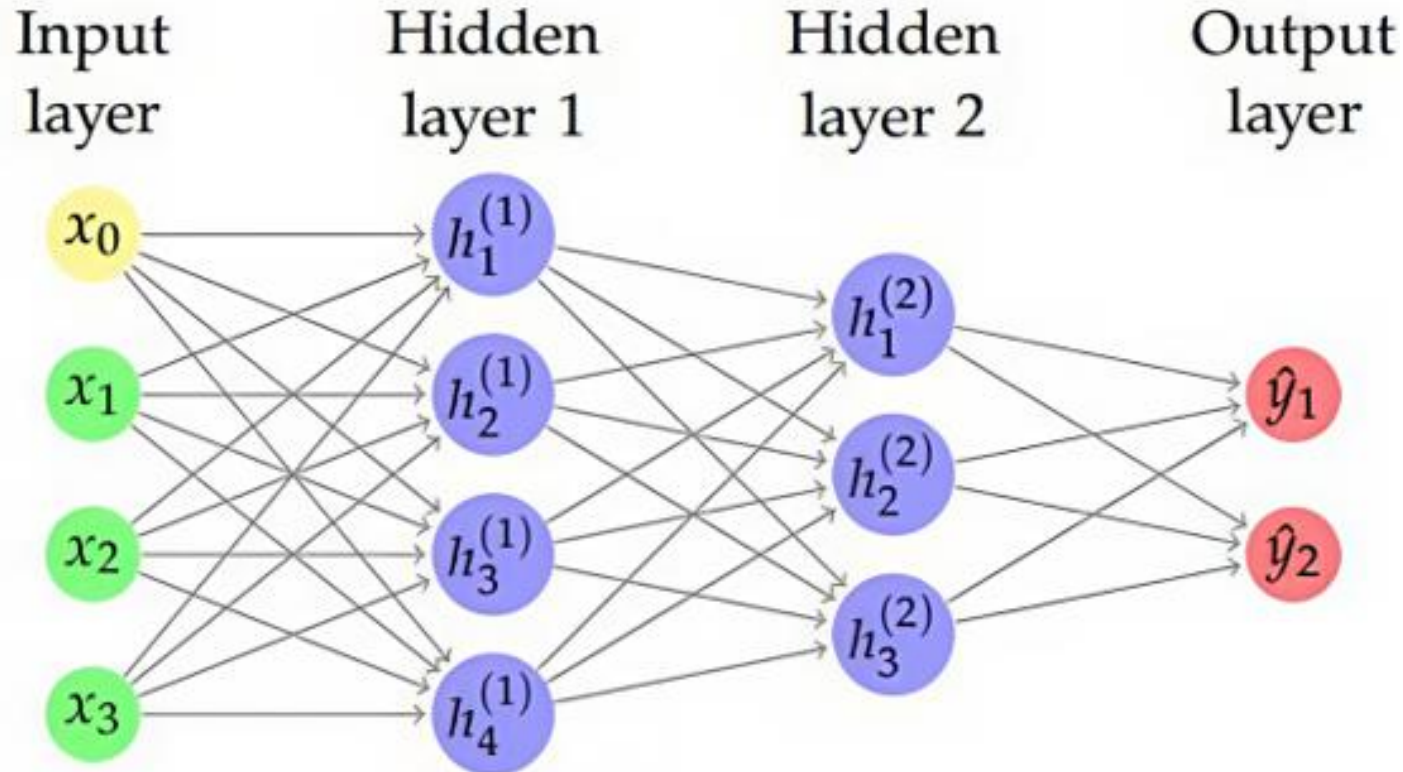
# Il collo di bottiglia e la simulazione end to end

- Le stime attuali dicono che non ce la faremo a processare i dati dell'HL-LHC con nessun budget ragionevole e soprattutto non abbiamo tempo!
- Vogliamo accelerare drasticamente il processo di simulazione mantenendo un livello di accuratezza paragonabile alla simulazione tradizionale
- Quindi ci siamo inventati un nuovo metodo che sfrutta l'AI
- Il tempo di simulazione viene ridotto di **1/1000** per ogni singolo evento.



# Non solo Chatbot: l'anatomia di una rete neurale

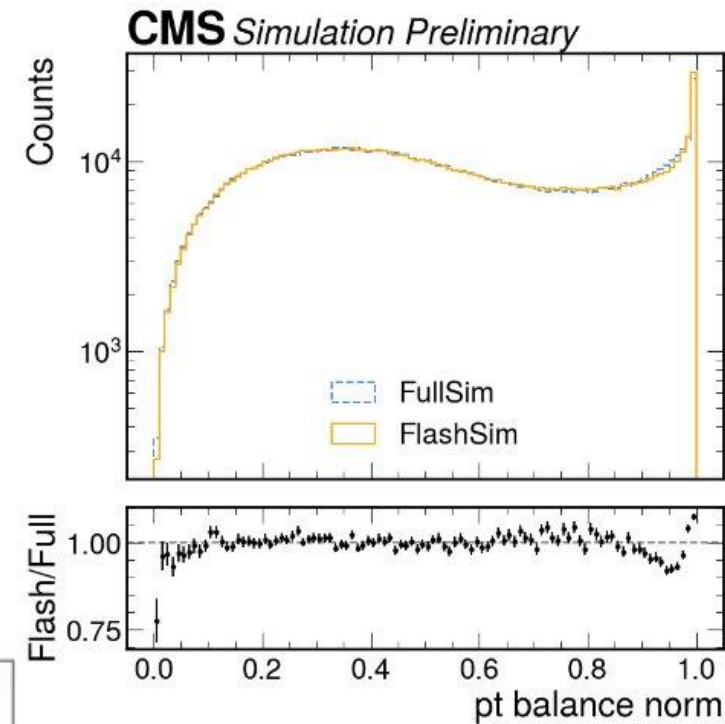
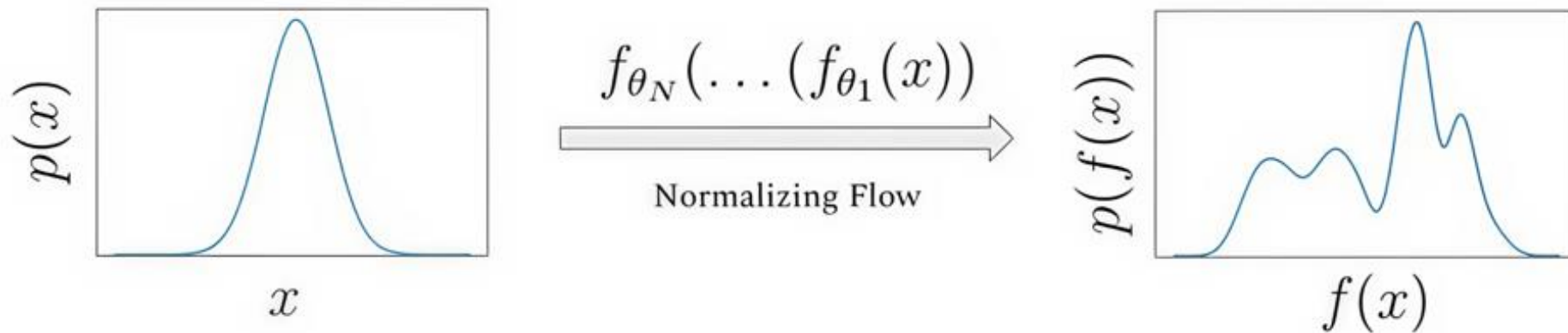
---



- **Ispirata al Cervello:** La rete è composta da neuroni artificiali organizzati in strati (Input, Hidden, Output) e tutti collegati tra loro.
- **Le Connessioni (Pesi):** Ogni legame ha un "peso". Più il peso è forte, più l'informazione che passa è importante per il risultato finale.
- **L'Allenamento (Training):** Mostriamo alla rete milioni di esempi (Input e Output corretti). Lei prova a indovinare e noi correggiamo i suoi errori.
- **Il Risultato:** Una volta "istruita", la rete sarà capace di generare da sola nuovi output coerenti con quelli fisici reali.

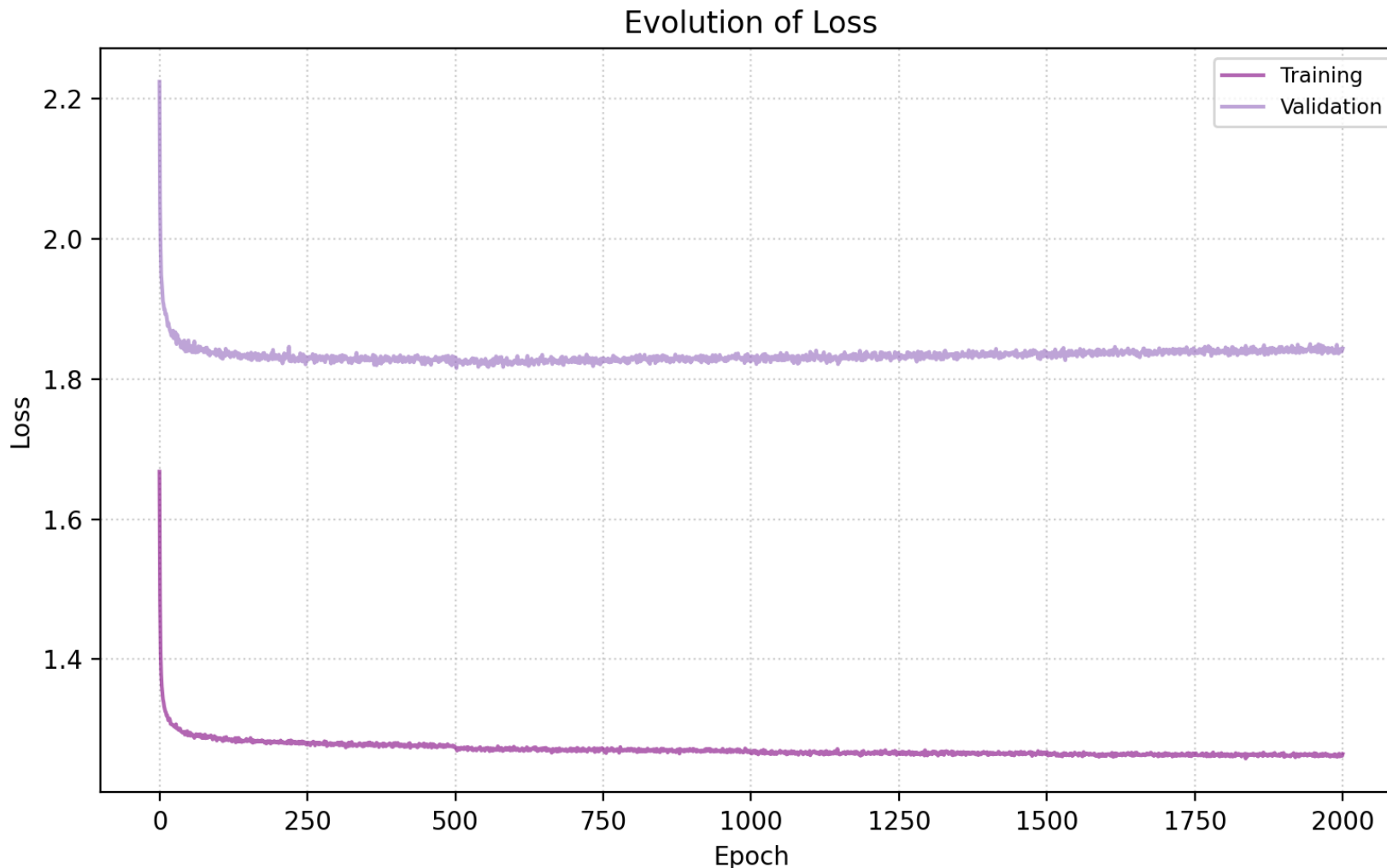
# La magia della generazione: creiamo la fisica dal rumore

- **L'Input:** Forniamo alla rete neurale del **rumore casuale** (distribuzione Gaussiana).
- **La Trasformazione:** La rete deforma e modella questo rumore.
- **L'Output:** Il disordine iniziale viene trasformato in un segnale fisico pulito e realistico.
- **Perché è rivoluzionario?** Invece di calcolare ogni singola interazione (lento e costoso), l'IA scolpisce direttamente il risultato finale (istantaneo).
- **Obiettivo raggiunto:** Otteniamo simulazioni indistinguibili da quelle reali, ma migliaia di volte più veloci.



# La discesa verso la precisione

---

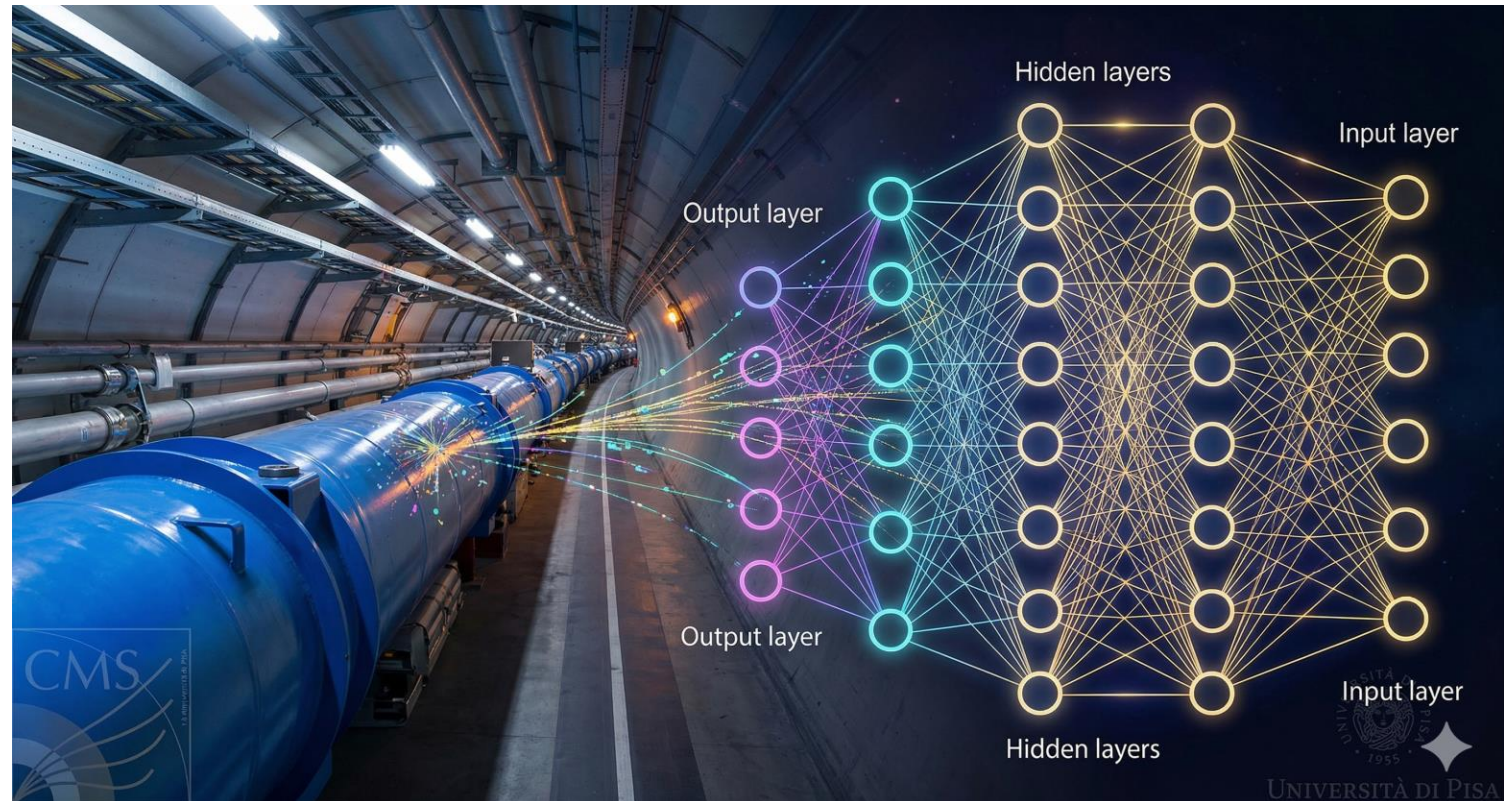


**La Funzione di Loss:** È il *voto* che diamo alla rete. Più la loss è alta e più il modello è sbagliato. All'inizio, la rete compie molti errori e quindi la loss sarà alta. Man mano che la rete impara, il valore della loss scende.

Più la loss scende, più impara a simulare la fisica reale. Quando raggiunge il fondo, il modello è pronto.

# Conclusioni

- L'HL-LHC produrrà una quantità di dati senza precedenti che i metodi di calcolo tradizionali non possono gestire da soli.
- L'Intelligenza Artificiale non è più solo un'opzione, ma uno strumento essenziale per abbattere i tempi di simulazione.
- Questa rivoluzione tecnologica ci permetterà di studiare fenomeni rarissimi e di cercare risposte ai misteri dell'Universo che ancora non conosciamo



**Grazie per l'attenzione!**