

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

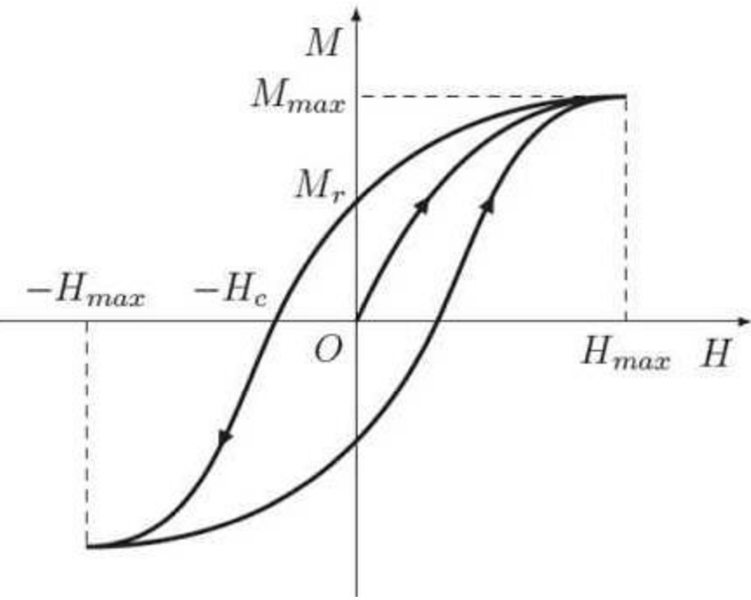
***Relazione per la prova finale
«Modelli numerici della transizione
di Curie»***

Tutor universitario:

Prof. Michele Forzan

Padova, 21/07/2023

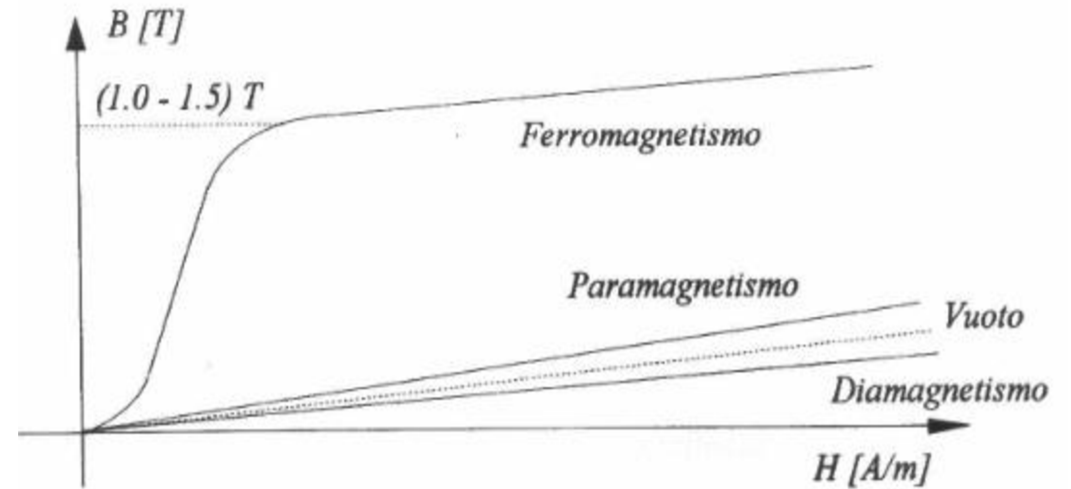
Laureando: *Stefano Moretto*



CICLO di ISTERESI

Materiali:

- Paramagnetici
- Diamagnetici
- Ferromagnetici $\mu_r \gg 1$



TEMPERATURA di CURIE

- Perdita delle proprietà ferromagnetiche
- Acciai $T \approx 760^\circ$
- Scoperta da Pierre Curie



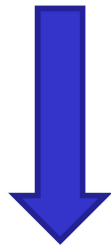
ZEBRA EFFECT

Di che fenomeno si tratta?

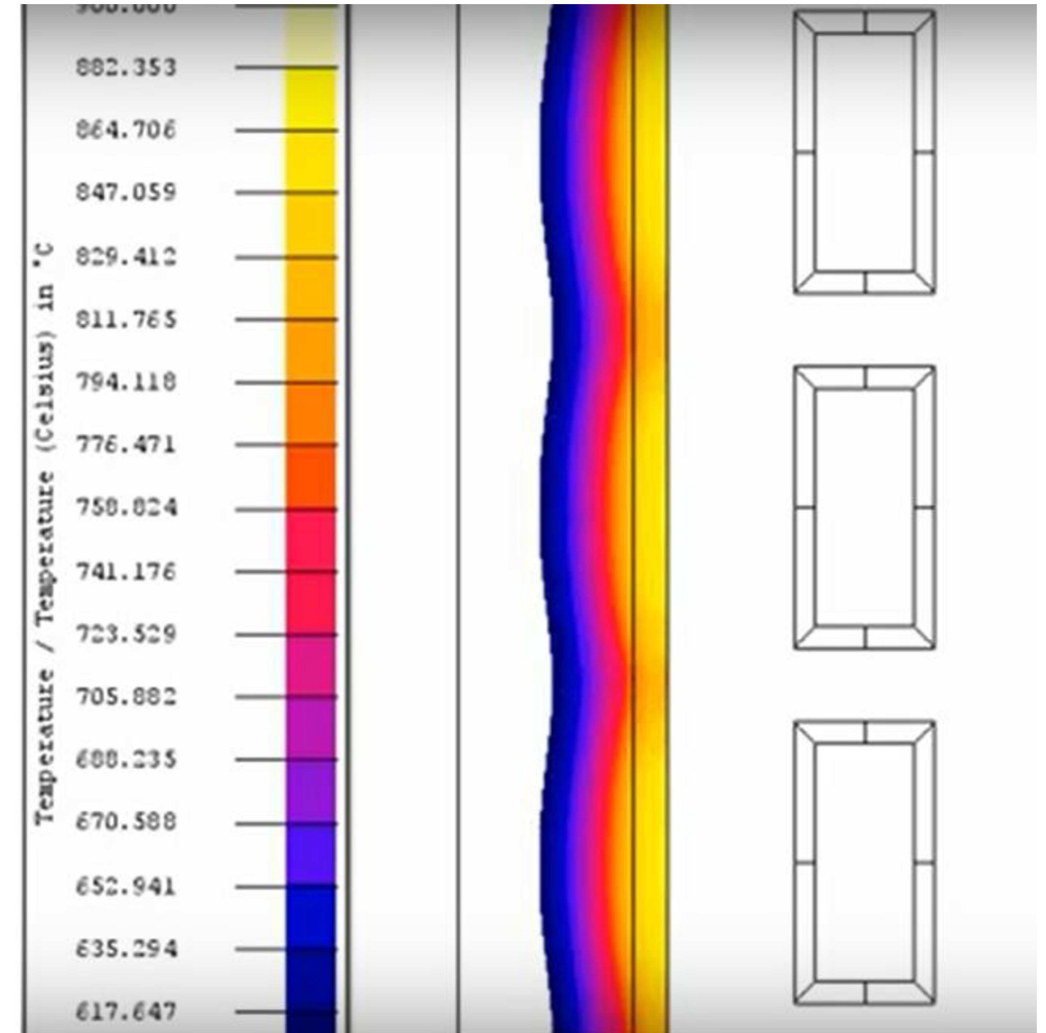
Si tratta di una distribuzione anomala della temperatura sulla superficie di pezzi ferromagnetici sottoposti a riscaldamento ad induzione

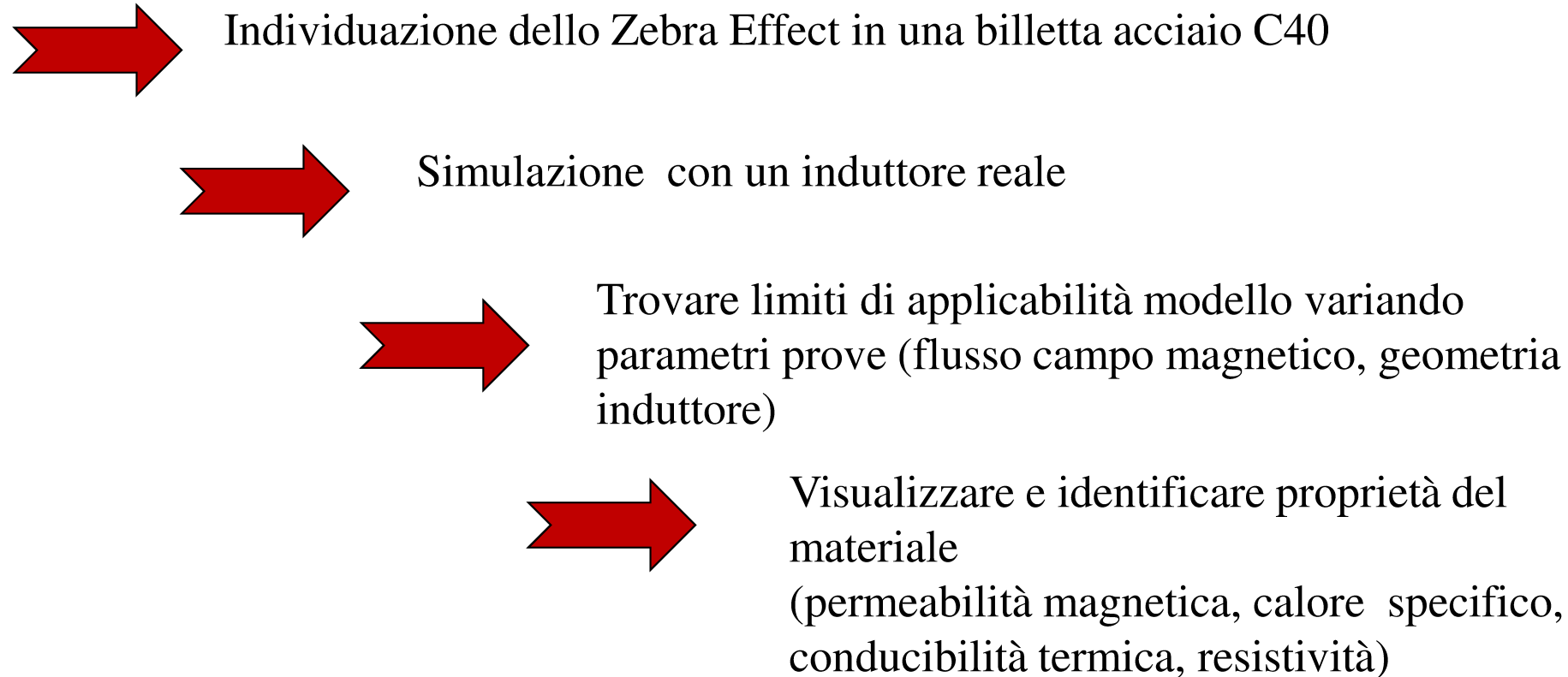
Individuato nel 1940 da 2 fisici russi

Quando si manifesta ?



- Solo nell'intorno del punto di Curie
- in materiali con permeabilità elevata
- Visibile con step iterativi del software molto fitti



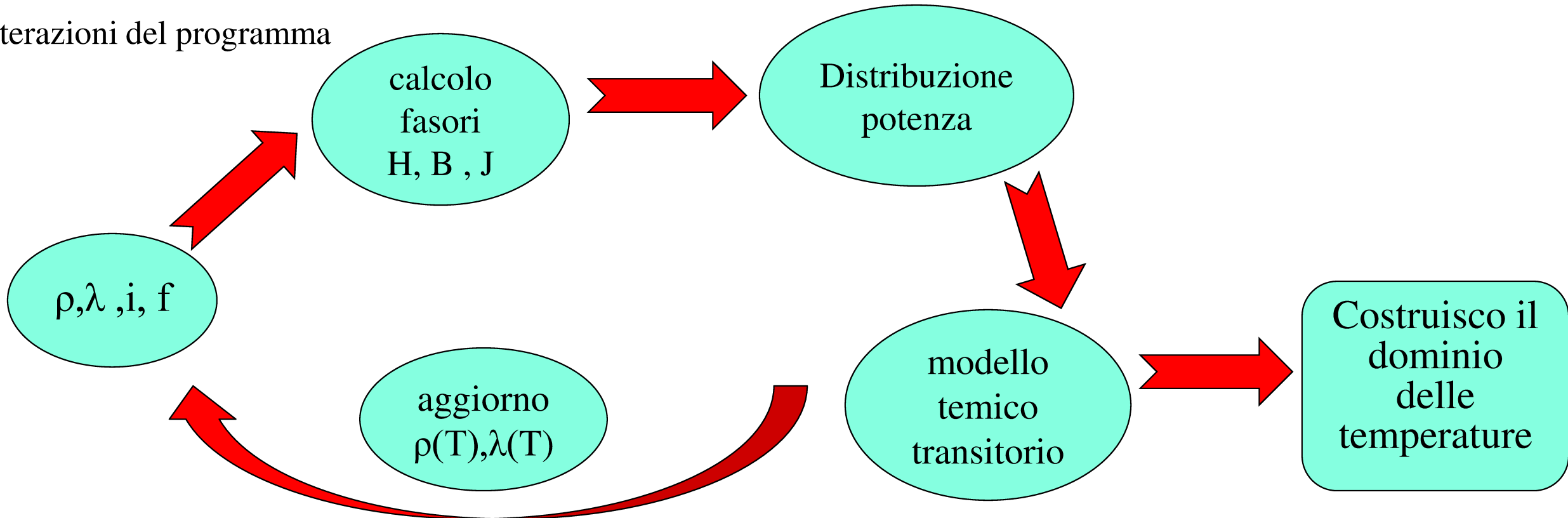




Software agli elementi finiti:

- Mesh quadratica
- Sensori di temperatura
- Creazione del campo elettrico

Iterazioni del programma



Geometria induttore

$N=10$ spire

$i=3800$ A

$H_{\text{coil}}=500$ m

$R_{\text{INT_coil}}=48$ mm

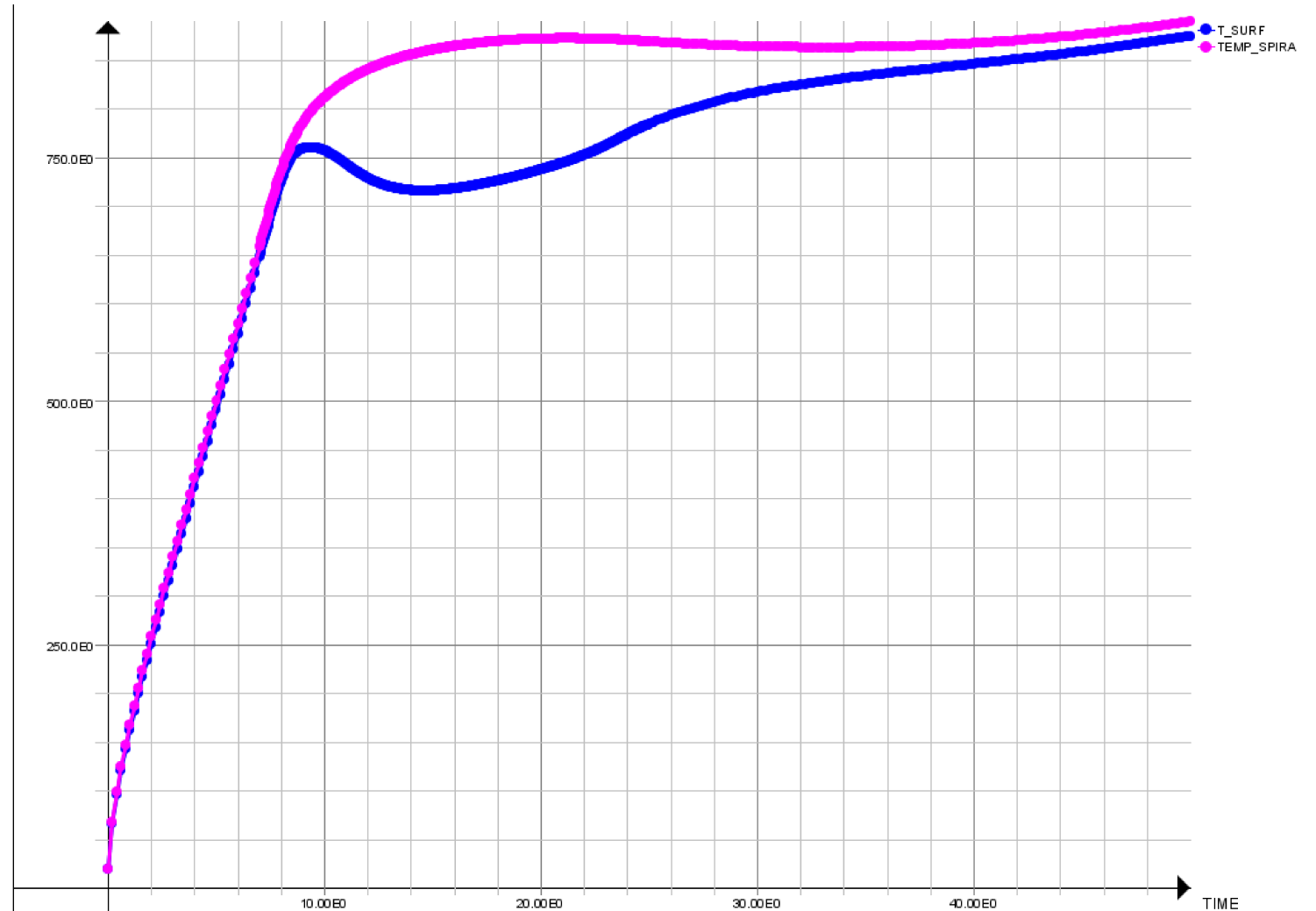
$H_{\text{ind}}=40$ mm

$L_{\text{ind}}=20$ mm

$S_{\text{ind}}=3$ mm

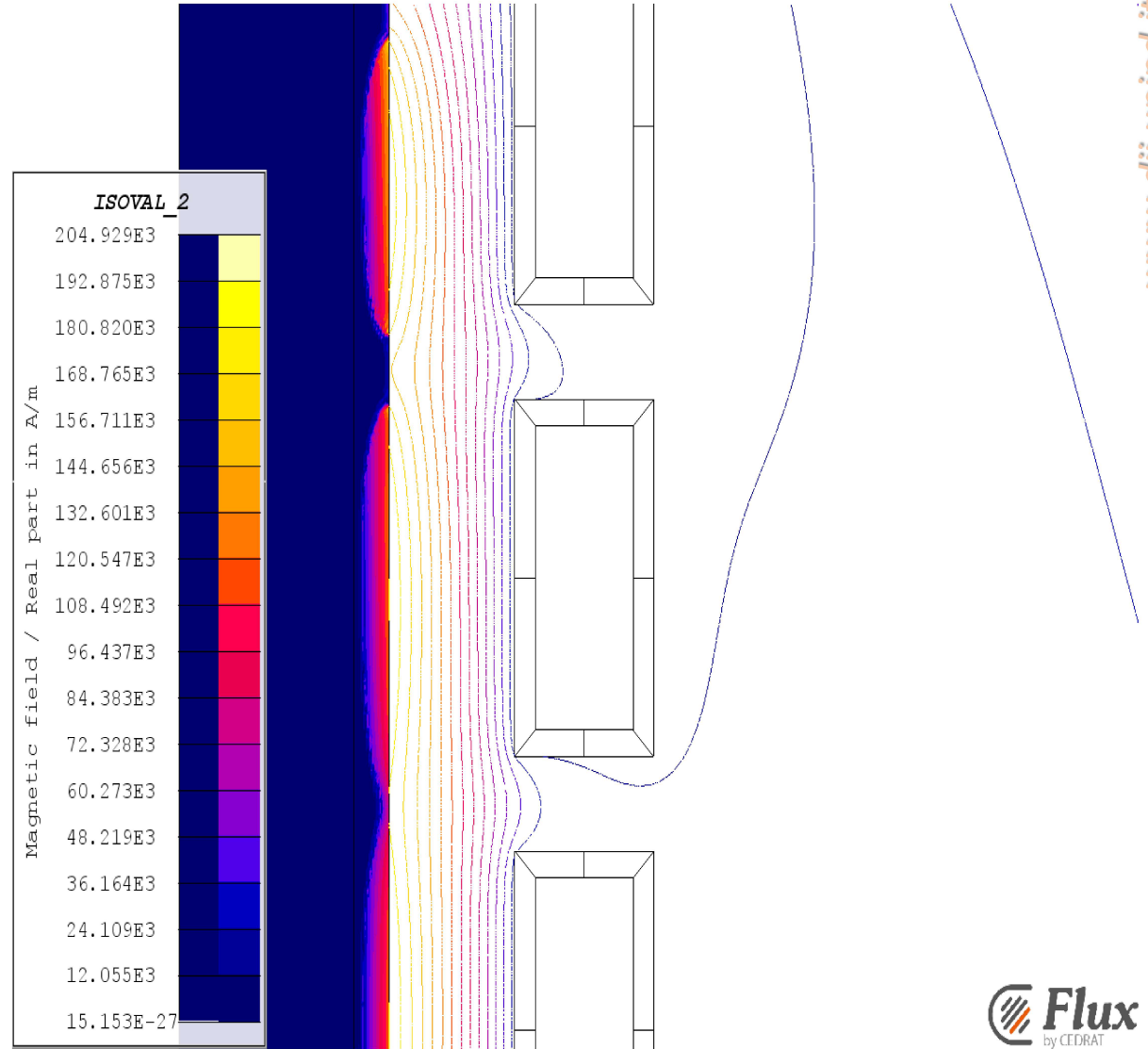
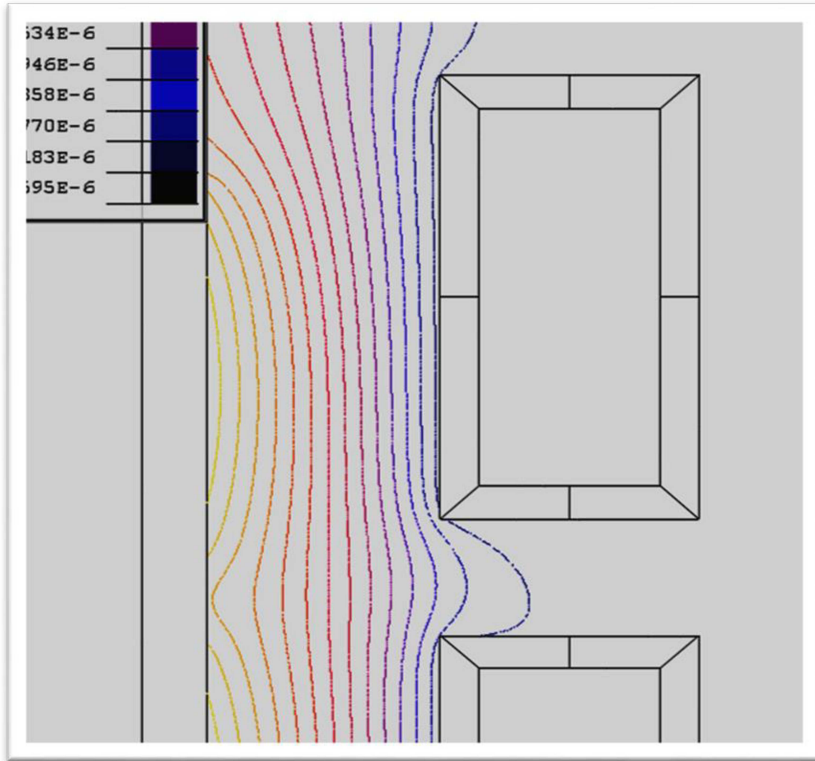
$Gap=10$ mm

Lo Zebra Effect si presenta per un breve lasso di tempo dopo la transizione di Curie



Osservazioni:

- Le linee del campo magnetico sono alterate durante la transizione
- Bilancio delle correnti superficiali e amper-spire
- Distribuzione della densità di corrente elettrica



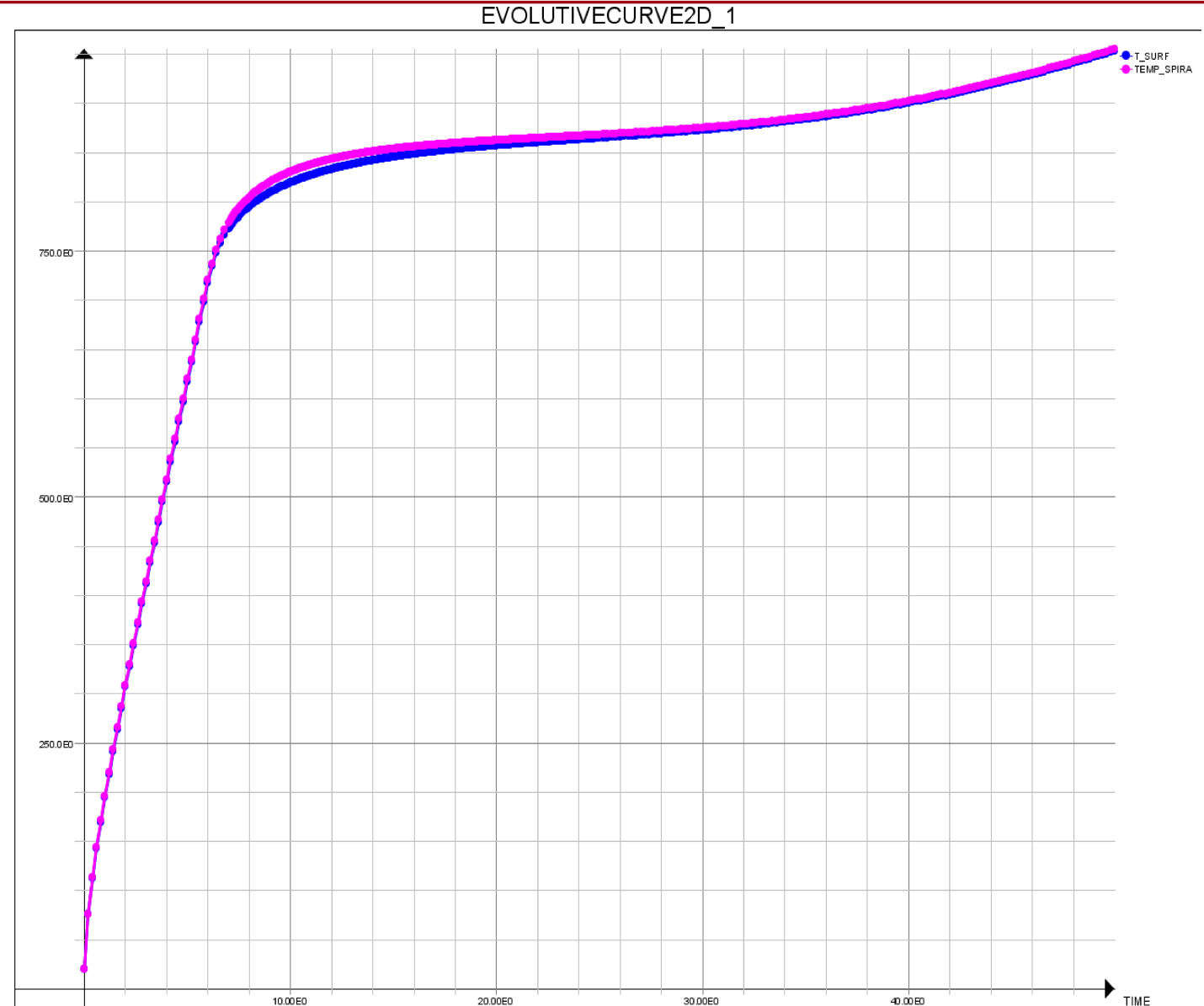
Parametro analizzato : distanza tra le spire
dell'induttore

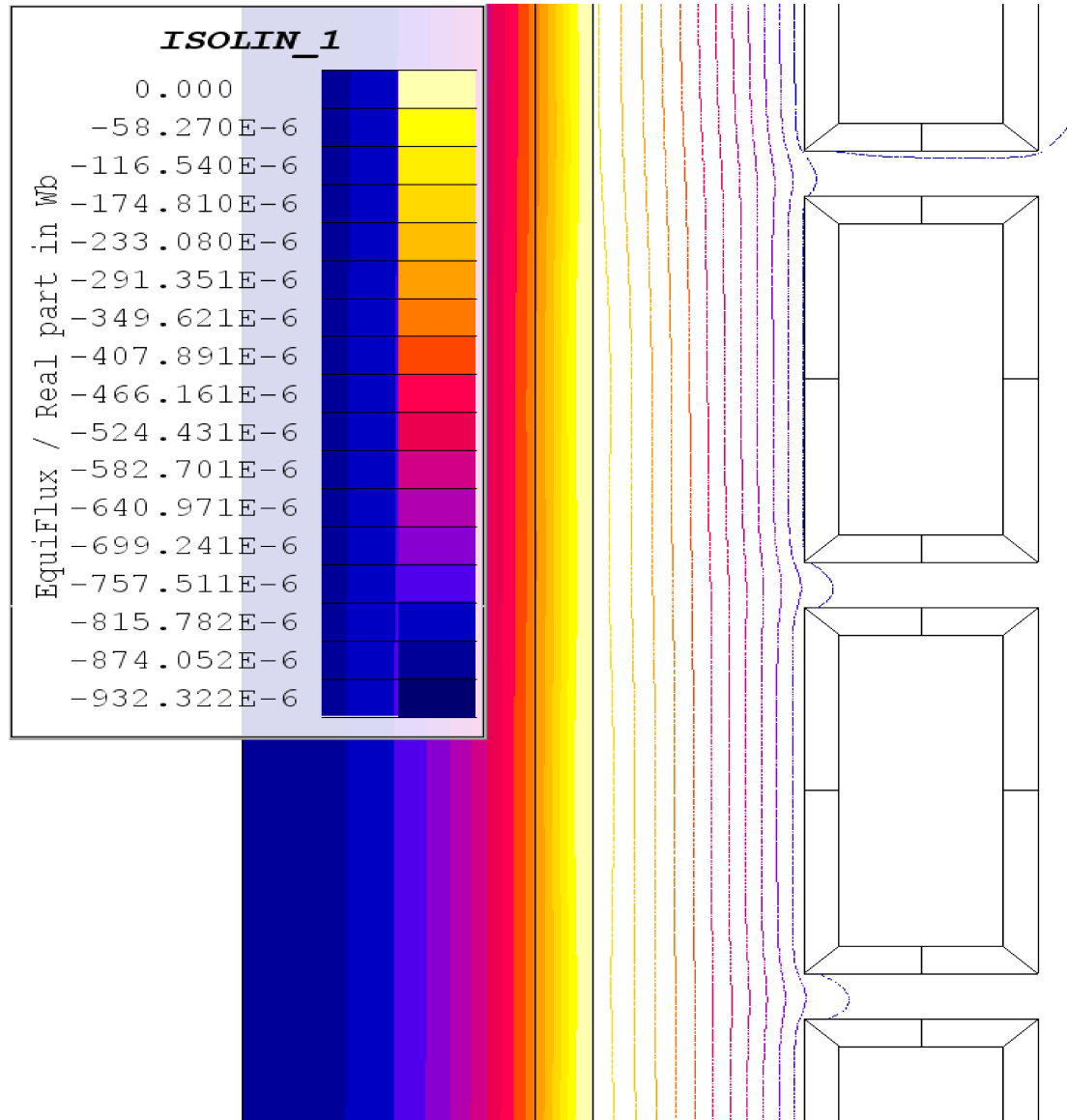
Geometria invariata

Gap impostati 5mm e 7,5mm

Osservazioni:

- Zebra Effect non si manifesta
- Densità distribuzione correnti elettriche
- Linee campo magnetico: hanno comportamento atteso anche in prossimità della temperatura di Curie





Gap 5mm: campo
magnetico a 16 sec
durante la transizione di
Curie

Obiettivo : simulare comportamento di un induttore reale, per prova pratica in laboratorio

Parametro analizzato: lunghezza totale dell'induttore

Lo Zebra Effect non è presente nei casi presi in considerazione:

Le lunghezze testate vanno da 200 a 250 mm

Dimensioni dell'induttore realizzato

$H_{ind}=30\text{mm}$

$L_{ind}=10\text{mm}$

$S_{ind}=5\text{mm}$

Il gap tra le spire aumenta ad ogni prova ma già nel primo caso è sufficiente a non far apparire il fenomeno

I risultati ottenuti durante le prove di simulazione incoraggiano la continuazione dello studio e confermano la scarsa prevedibilità del fenomeno.

Conclusioni:

- Lo Zebra Effect è influenzato da molti parametri interni ed esterni al materiale
- Esiste una correlazione tra la geometria dell' induttore e la comparsa del fenomeno
- La discretizzazione del dominio e degli step di tempo possono costituire una importante fonte di errore
- la ricerca potrebbe beneficiare di una maggiore quantità di prove sperimentali