



Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

HELMAG

SOFTWARE PER IL
CALCOLO ANALITICO ESATTO
DELL'INDUZIONE MAGNETICA
GENERATA DA
CAVI ELICORDATI



Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

PRESENTAZIONE

I cavi elicordati (spesso in configurazione ad elica visibile) vengono sempre maggiormente utilizzati nel trasporto di energia in MT e BT.

Ad esempio, la proliferazione di impianti di produzione di energia alternativa (eolico, solare, biomasse ecc.) richiede l'impiego di cavidotti asserviti al trasporto dell'energia prodotta dall'impianto sino al punto dove avviene l'immissione nella rete elettrica del gestore. Questi cavi, generalmente, sono elicordati (a meno di non considerare impianti molto grandi, nei quali il trasporto avviene direttamente in AT).

Come ogni altra realizzazione elettrica che prevede il trasporto (ma anche la produzione, trasformazione e distribuzione) dell'energia elettrica, è quindi necessario sottoporre la struttura ad una analisi di impatto magnetico. Ossia, alla valutazione previsionale del campo magnetico generato dalle strutture.

E' prassi comune, nella valutazione dell'impatto magnetico generato da cavi elicordati, non considerare l'effetto dell'elicordatura. In questo caso si ottiene una sovrastima del campo generato, sovrastima che può essere (a seconda dei casi) anche molto significativa, generando, quindi, delle fasce di rispetto che in realtà non esistono. Tale modus operandi, oltre a rappresentare una modalità tecnica non certo ideale per caratterizzare la situazione di pressione magnetica, non è sicuramente preferibile nel momento in cui, come a volte avviene, il cavidotto passi vicino ai recettori e, contemporaneamente, è presente la coesistenza all'interno dello stesso scavo di più terne di conduttori elicordati.

Le considerazioni testé effettuate trovano ancor maggiore valenza nel momento in cui l'interesse alla simulazione non sia rivolto solo alla valutazione dell'ottemperanza al limite legislativo di 3 micro tesla, ma a valutare il rispetto di livelli di induzione minori (vedi 0.2, 0.4, 0.5 micro Tesla, a seconda dei casi).

Per la simulazione dell'induzione magnetica generata da cavi elicordati esiste, a tal scopo, anche una formulazione approssimata. Essa, però, è valida solo da una certa distanza dal cavo elicordato stesso, fornendo valori di induzione magnetica inferiori a quelli reali (e quindi non cautelativi) nel caso di diminuzione della distanza di valutazione.

Lo scopo di HELMAG è quello di fornire un tool di calcolo che sia in grado di calcolare esattamente l'induzione magnetica di questa tipologia di struttura.

Questa problematica è stata già affrontata tempo fa da chi scrive, con la realizzazione dello script HELIC B. Ma tale script, realizzato con GNU Octave, era ed è riservato solo per un uso interno allo Studio Tecnico, a differenza di HELMAG.

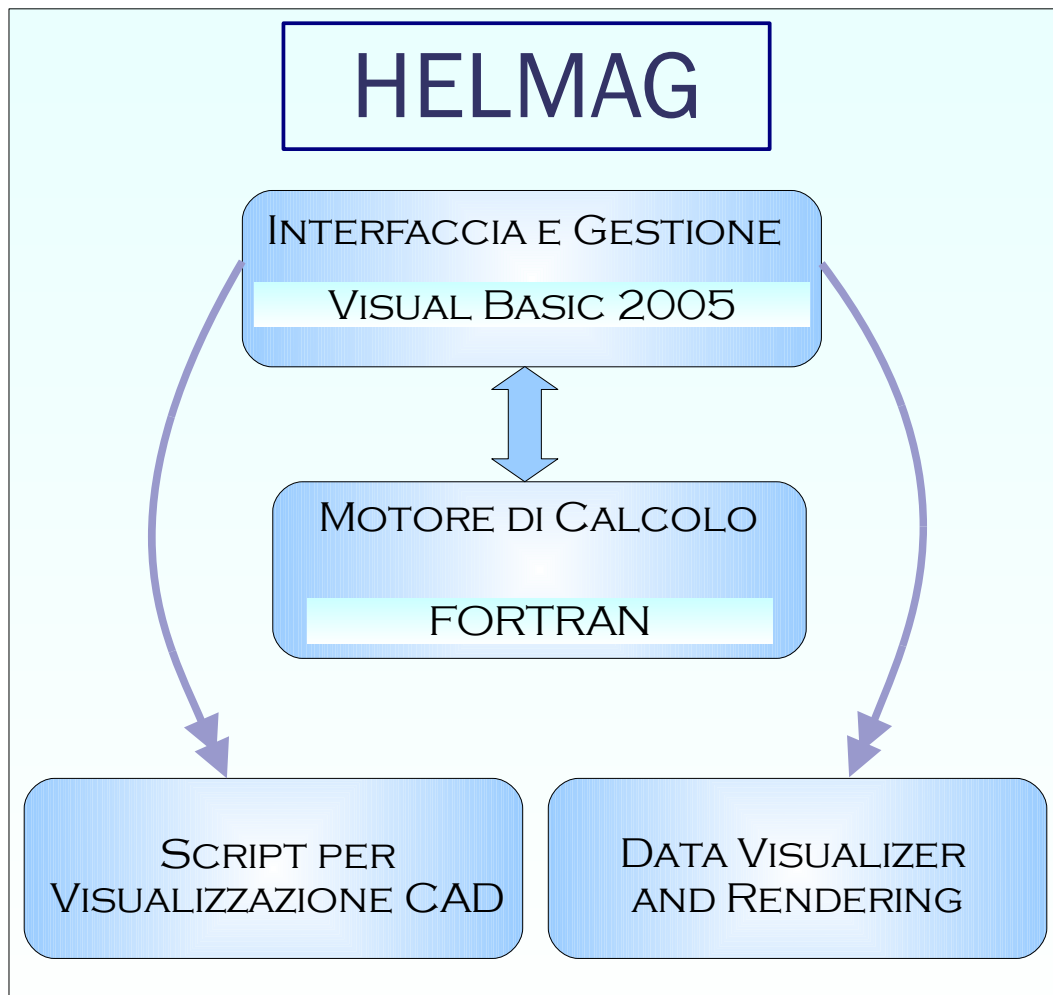
Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

Per quanto riguarda il codice di calcolo di HELMAG, esso è lo stesso di quello utilizzato in HELIC B, al quale si rimanda per riferimenti.

HELMAG permette la simulazione dell'induzione magnetica generata da cavi elicordati attraverso la valutazione di una sommatoria nella quale figurano funzioni di Bessel modificate del primo e del secondo tipo, oltre alle loro derivate¹.

Con questo algoritmo è possibile valutare il campo magnetico generato anche in zone molto vicine ai cavi, Inoltre, pur non avendo valenza radioprotezionistica, è possibile la valutazione anche in zone interne ai cavi elicordati.

La figura seguente esemplifica la struttura di HELMAG:



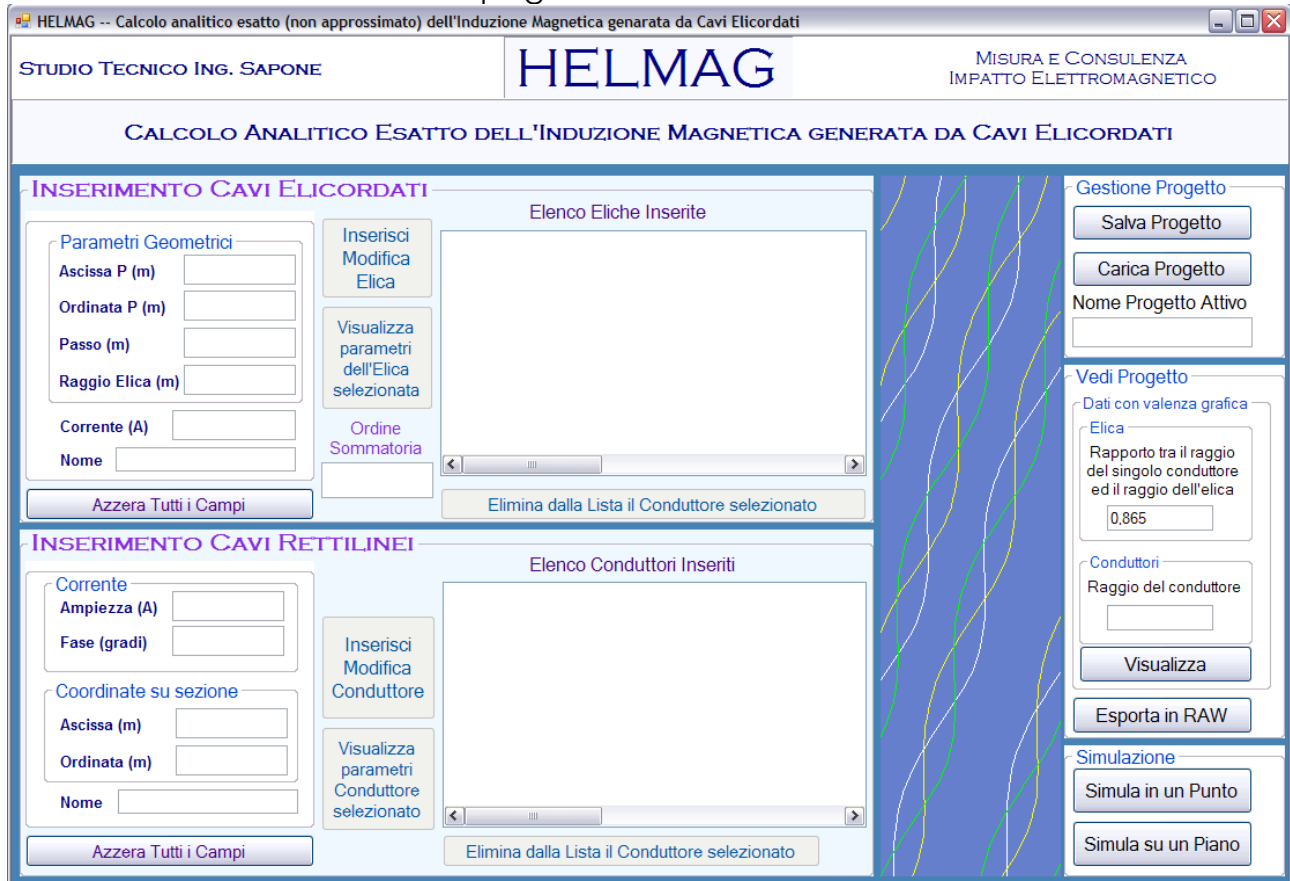
¹ L'induzione magnetica generata da un cavo elicordato presenta una leggera oscillazione, intorno ad un valore medio, spostandosi sia longitudinalmente che "girando" intorno al cavo (a parità di distanza di valutazione dal cavo stesso). Sebbene HELMAG sia perfettamente in grado di calcolare questa oscillazione, si è ritenuto essa come non avente valore radioprotezionistico. Conseguentemente, HELMAG fornisce il massimo valore dell'induzione magnetica presente in queste oscillazioni. La possibilità di tener conto di questa oscillazione è stata invece mantenuta nel codice HELIC B (tramite il parametro phi). Vedi il seguente link:

<http://www.studioingsapone.it/doc/HelicB.pdf>



Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

Vediamo lo screenshot della pagina iniziale di HELMAG.



Come vediamo è presente una finestra di inserimento per i cavi elicordati. Oltre a questa, è altresì presente una finestra per l'inserimento di cavi rettilinei.

Questa scelta è stata dettata dal fatto che, nonostante HELMAG sia un software che trova motivo di esistenza nella possibilità di simulare analiticamente il valore esatto dell'induzione generata da cavi elicordati, nelle situazioni pratiche, alcune volte coesistono nello stesso scavo sia terne elicordate sia terne di conduttori rettilinei. Si è quindi ritenuto utile introdurre anche questa possibilità in HELMAG.

IN HELMAG è possibile inserire contemporaneamente un numero illimitato di terne elicordate e di conduttori rettilinei.

All'interno del codice, comunque, questo numero è stato limitato a 200 (ossia, si possono inserire 200 terne elicordate insieme a 200 conduttori rettilinei), ritenendo questo numero una quantità eccezionalmente alta per un utilizzo pratico.

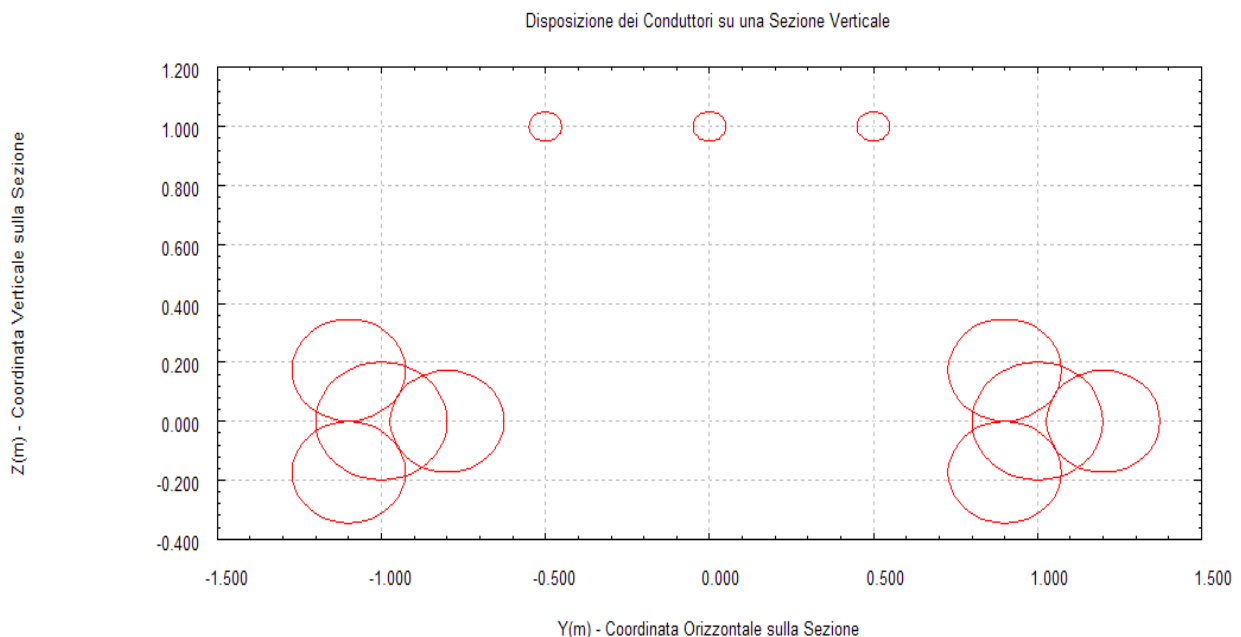
Nell'effettuazione del calcolo dell'induzione magnetica, generata in un dato punto di valutazione, ed associata a più terne elicordate, è necessaria una piccola parentesi.

Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

Come detto HELMAG effettua il calcolo analitico esatto dell'induzione magnetica generata da una terna elicordata. Nel momento in cui al valore dell'induzione magnetica in un dato punto contribuiscono più terne elicordate, HELMAG applica una condizione worste-case. Questo perchè:

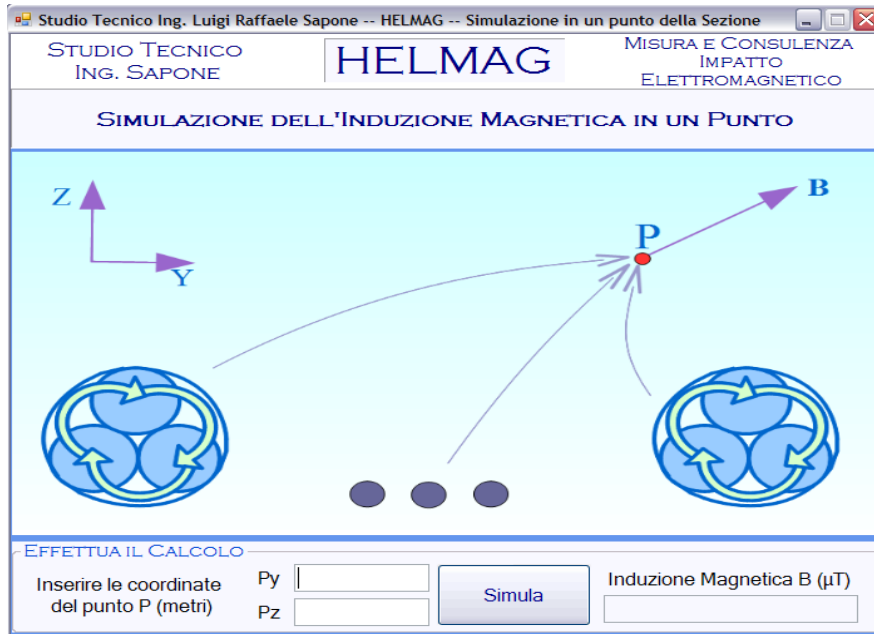
- ◆ la condizione worste-case può accadere durante il percorso dei cavi elicordati e, conseguentemente, la sua applicazione rappresenta un obbligo più che una scelta dal punto di vista radioprotezionistico.
- ◆ Per non applicare la condizione worste-case (cosa impossibile, in base al punto precedente) si dovrebbero conoscere accuratamente una serie di dati geometrici (la costanza del passo elica, la tipologia dello scostamento dal perfetto parallelismo delle varie eliche, la disposizione geometrica dei conduttori su una sezione presa come riferimento e la distanza da questa sezione della sezione di valutazione, ecc.) che è impensabile siano conosciuti e ripetibili nelle condizioni di installazione e posa in opera. La condizione worste-case può essere considerata comunque uguale o vicina (ossia cautelativamente poco maggiore) alla situazione che si trova su una qualsiasi sezione, al lordo delle oscillazioni ivi presenti.

Inserendo le terne elicordate e i conduttori rettilinei da simulare viene creato un progetto che può essere salvato e, all'occorrenza, richiamato per sessioni di simulazioni successive. E' altresì presente la possibilità che HELMAG visualizzi la geometria inserita, come di seguito visibile nel caso di inserimento di due terne elicordate e di una terna piana di conduttori rettilinei.

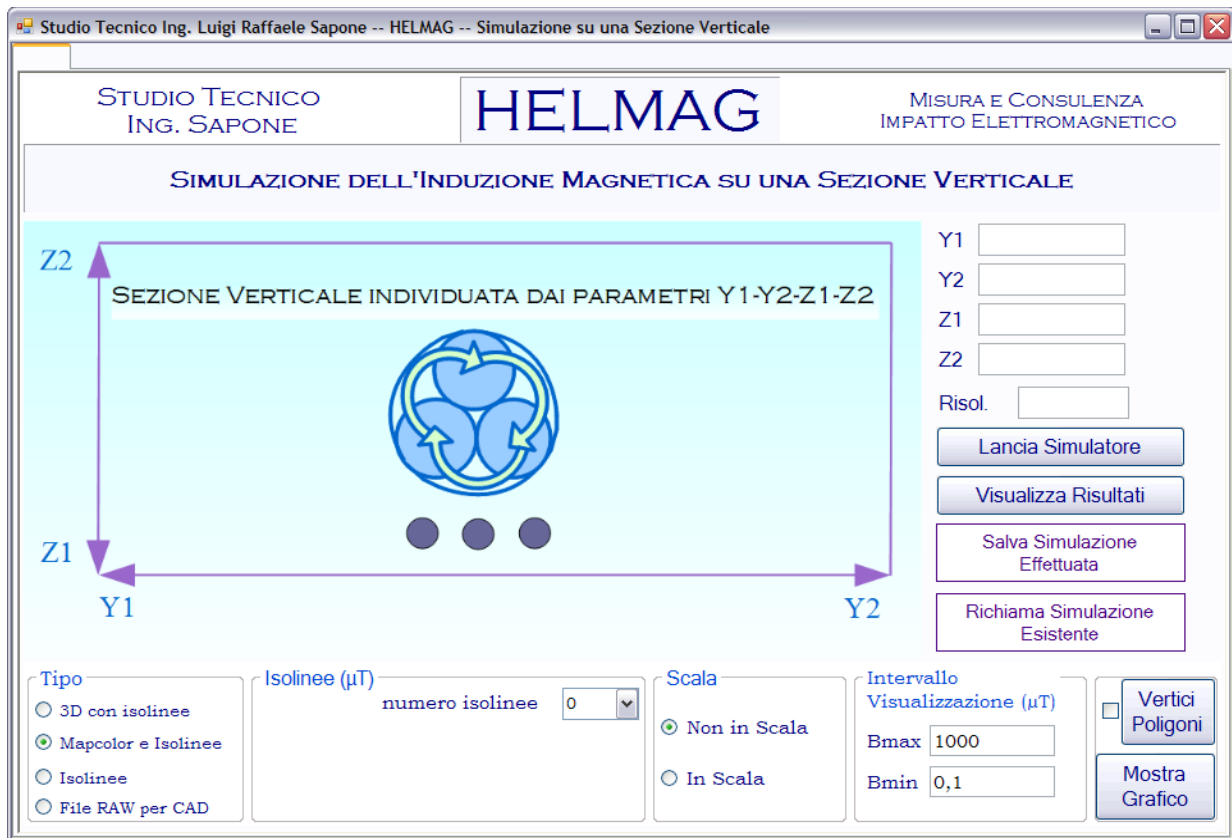


Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

Optando per la simulazione in un punto si apre la seguente finestra.



Mentre, quella in una sezione verticale si presenta nel seguente modo:

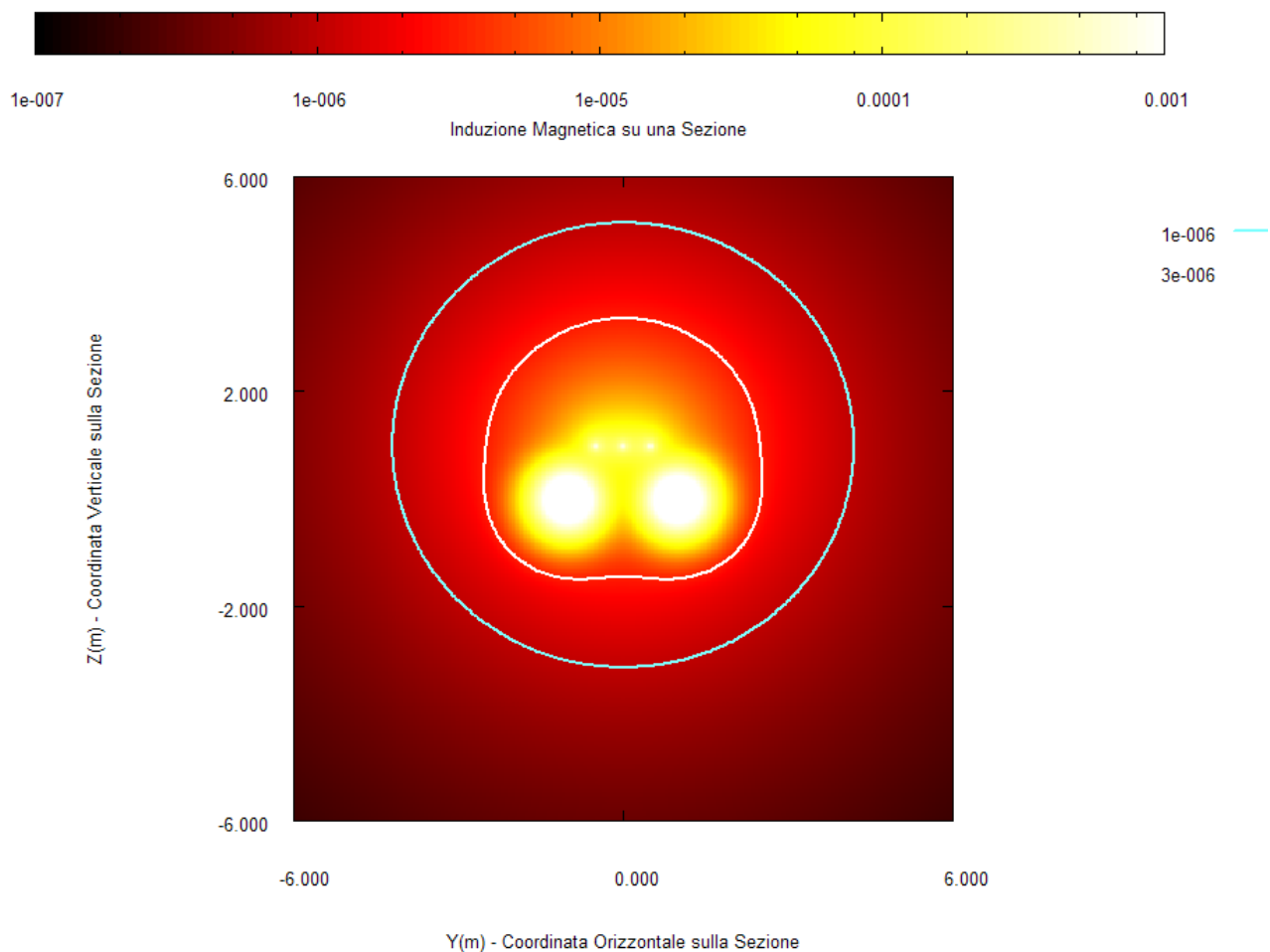


Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

Gli utenti del software SELF3D troveranno familiare il tipo di interfaccia utilizzata. Anche le possibilità di output grafiche sono simili a quelle di SELF3D. Esse sono relative alla:

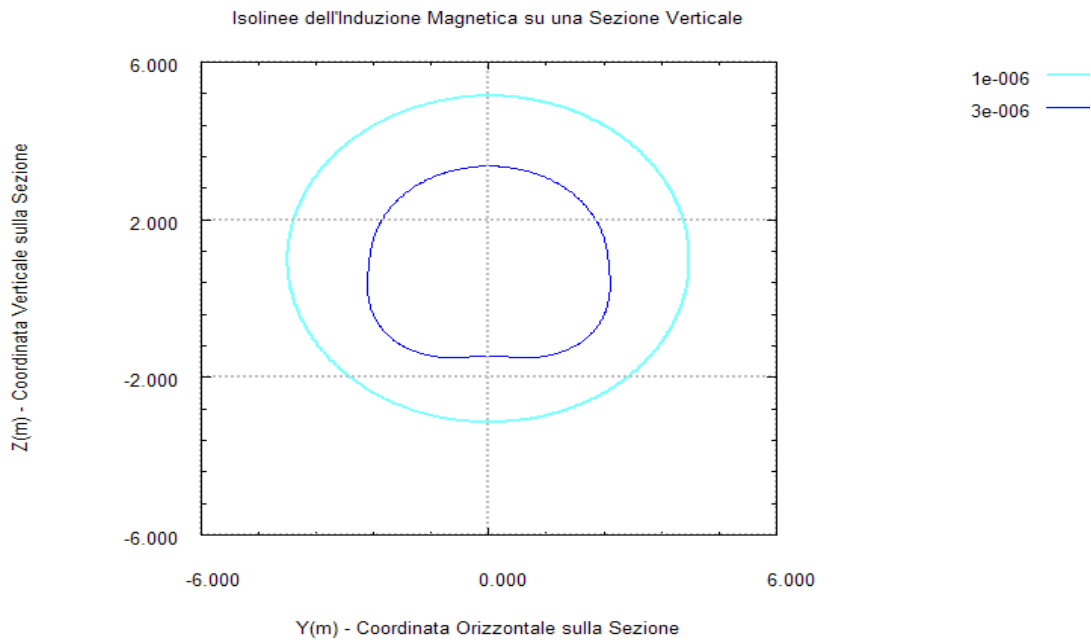
- ◆ Visualizzazione come curva 3D
- ◆ Visualizzazione come mappa colorata (Mapcolor) con sovrapposizione di isolinee
- ◆ Visualizzazione di solo isolinee
- ◆ Visualizzazione in ambiente CAD. Questo è permesso dallo script Helmagcad fornito in bundle con HELMAG

In questa breve presentazione vediamo il tipo di output generato nel caso di scelta dell'opzione "Mapcolor e Isolinee":

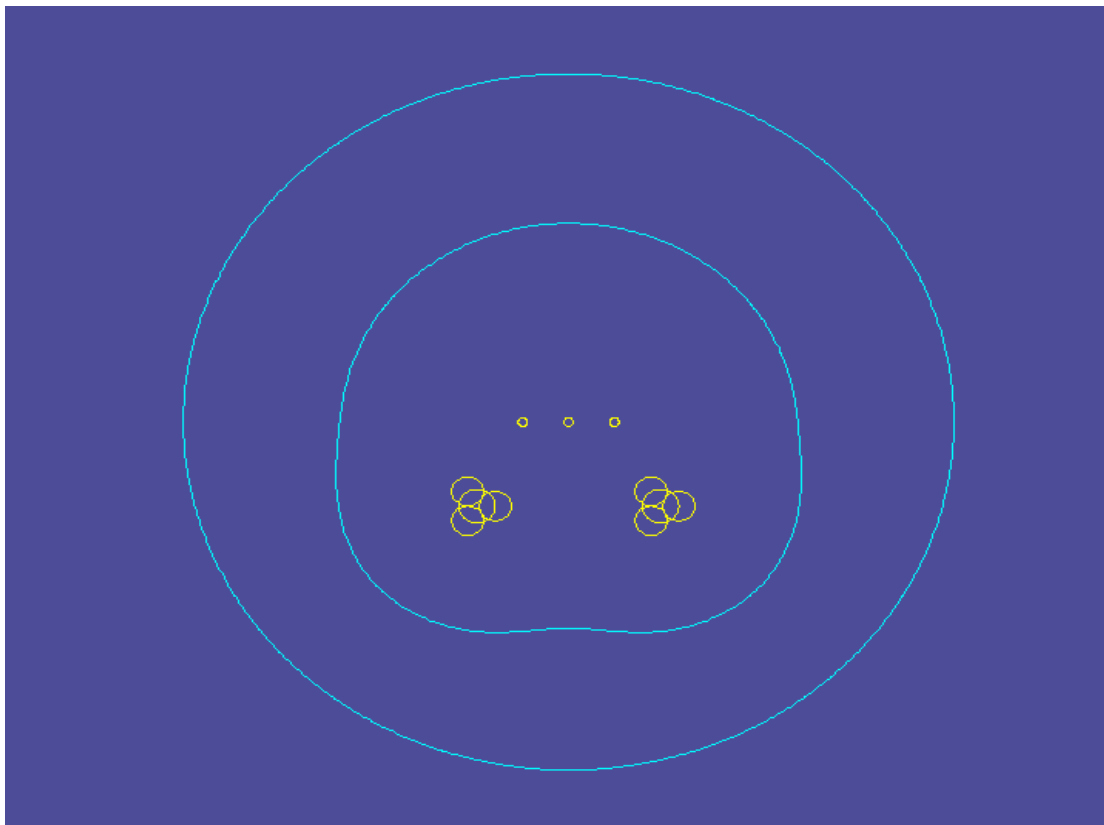


nel caso di rappresentazione di solo isolinee:

Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico



e, infine, nel caso di visualizzazione in CAD con lo script Helmagcad:



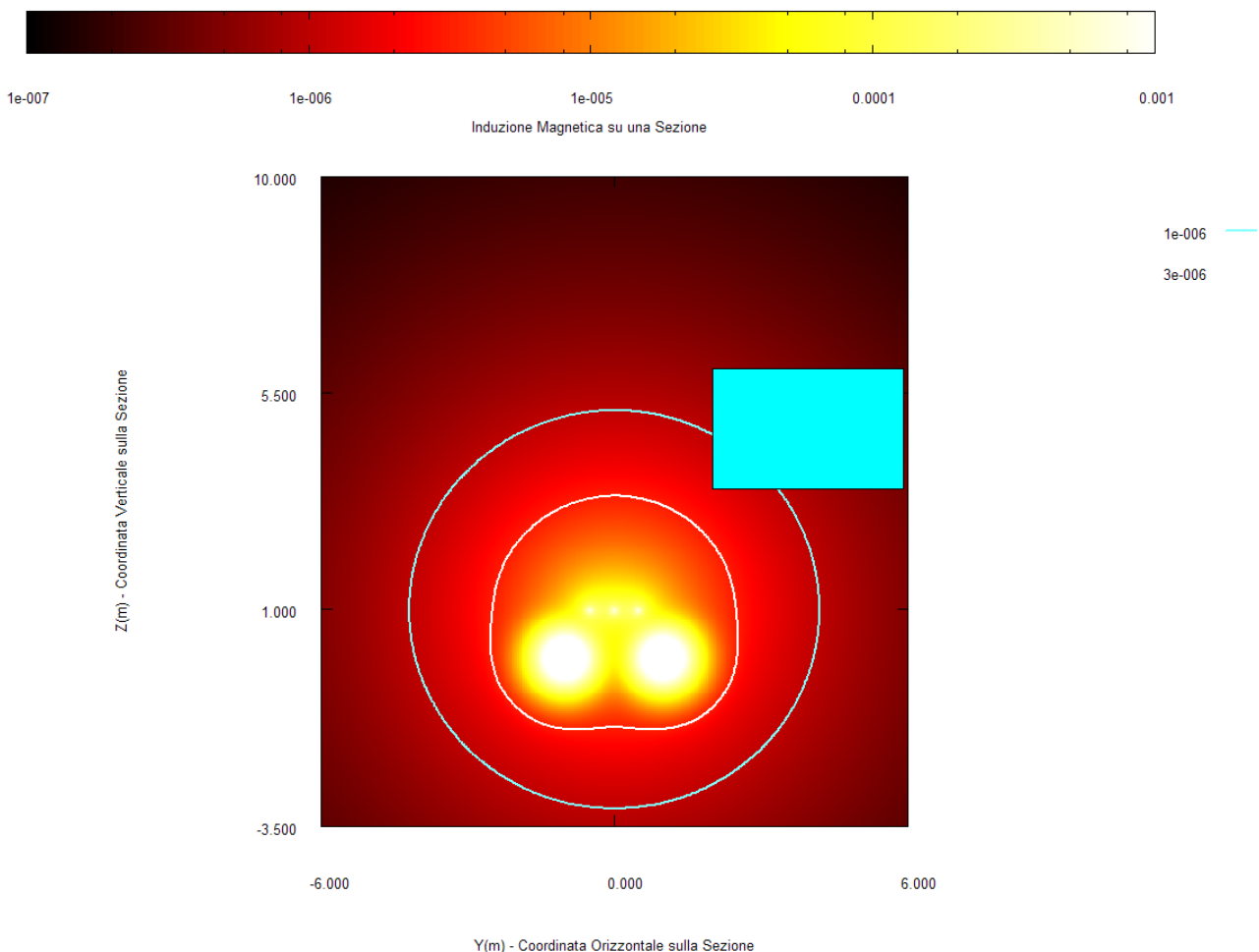
Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

E' possibile osservare come, nel caso di generazione dell'output nell'ambiente CAD, è possibile esportare contemporaneamente sia le isolinee che la schematizzazione delle eliche e dei conduttori.

Questo è utile nel momento in cui si deve approntare la relazione che dovrà accompagnare la simulazione del particolare lavoro che state affrontando.

Chiaramente, una volta entrati in ambiente CAD, è possibile disegnare geometrie da sovrapporre alle isolinee e i conduttori esportati da HELMAG, al fine di verificare eventuali intersezioni tra le isolinee e (ad esempio) gli edifici.

A questo proposito, è stata fornita anche la possibilità di disegnare geometrie, da sovrapporre ai grafici delle isolinee, direttamente all'interno di HELMAG. Quindi, l'utente che voglia effettuare il lavoro interamente in HELMAG, ha questa possibilità, come evidenziata dal seguente output (dove si è inserito un rettangolo azzurro che rappresenta un ipotetico recettore sensibile).





Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

CONFRONTO TRA I RISULTATI OTTENUTI DA HELMAG E QUELLI DI SELF3D

SELF3D è un software, dotato di un codice di calcolo di tipo tridimensionale, ideato per la simulazione dell'induzione magnetica di linee aeree, interrate e di forma arbitraria.

Per quanto riguarda le linee di forma arbitraria, SELF3D è in grado di simulare qualsiasi geometria attraverso la sua polilinea approssimante.

A questo scopo, SELF3D può prendere i parametri della polilinea in due modi:

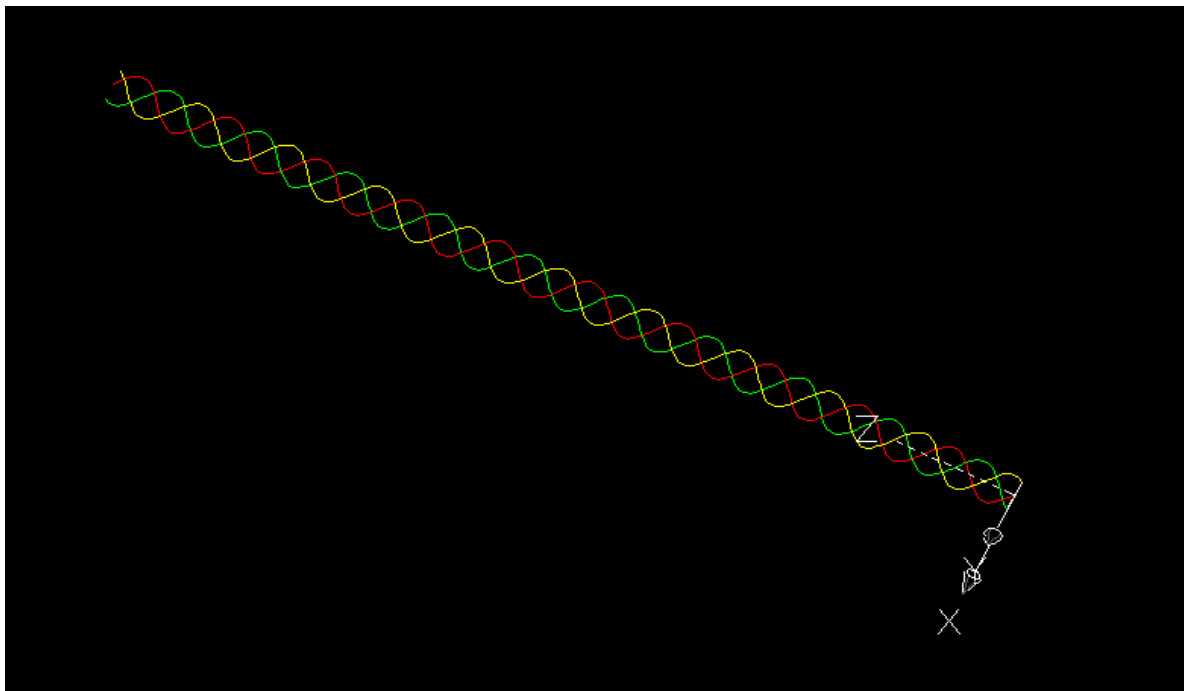
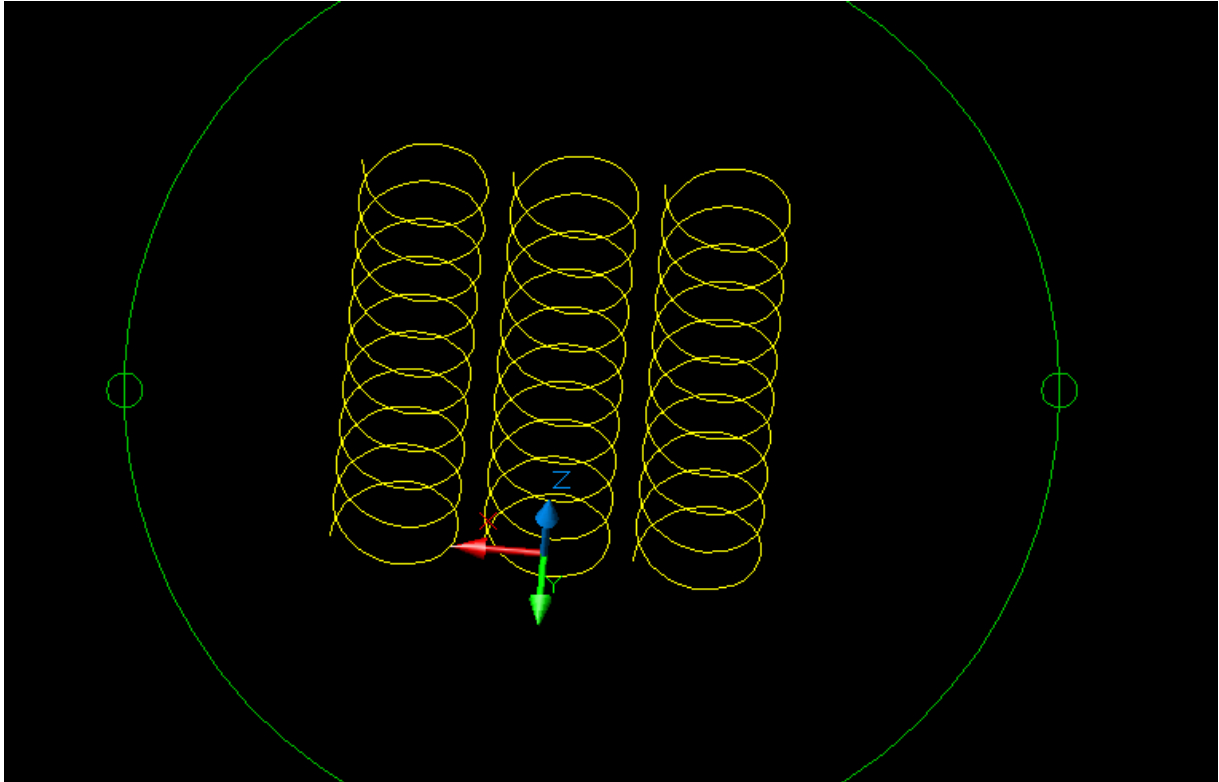
- nel caso la forma del conduttore sia esprimibile attraverso una funzione matematica, è possibile valutare questa funzione nella serie di punti individuanti gli spezzoni di polilinea e, quindi, passare il file di testo generato a SELF3D
- nel caso di conduttori di forma generica, deve essere utilizzato uno script fornito in bundle con SELF3D (denominato Self3dcad) e destinato all'interazione con l'ambiente CAD. Una volta disegnato il conduttore in ambiente CAD, di qualunque forma esso sia, lo script permette facilmente di caricarsi, all'interno di SELF3D, il conduttore (o i conduttori) disegnati. Fatto questo, il conduttore diventa un progetto di SELF3D e, ad esso, sono quindi applicabili tutte le simulazioni permesse per le classiche linee aeree ed interrate.

Lo script testé citato, oltre alla funzione di esportazione CAD-SELF3D (ma anche di esportazione SELF3D-CAD), è dotato di altre due utility (dalla versione 2.6.6).

Esse permettono di:

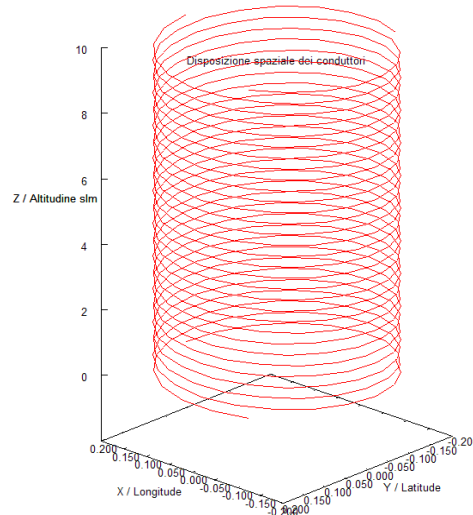
- ◆ disegnare automaticamente dei solenoidi (e quindi esportarli in SELF3D)
- ◆ disegnare automaticamente dei cavi elicordati (e quindi, anche in questo caso, esportarli in SELF3D)

Le due figure alla pagina seguente esemplificano una serie di tre solenoidi ed una terna di conduttori elicordati generati automaticamente dallo script che accompagna SELF3D.

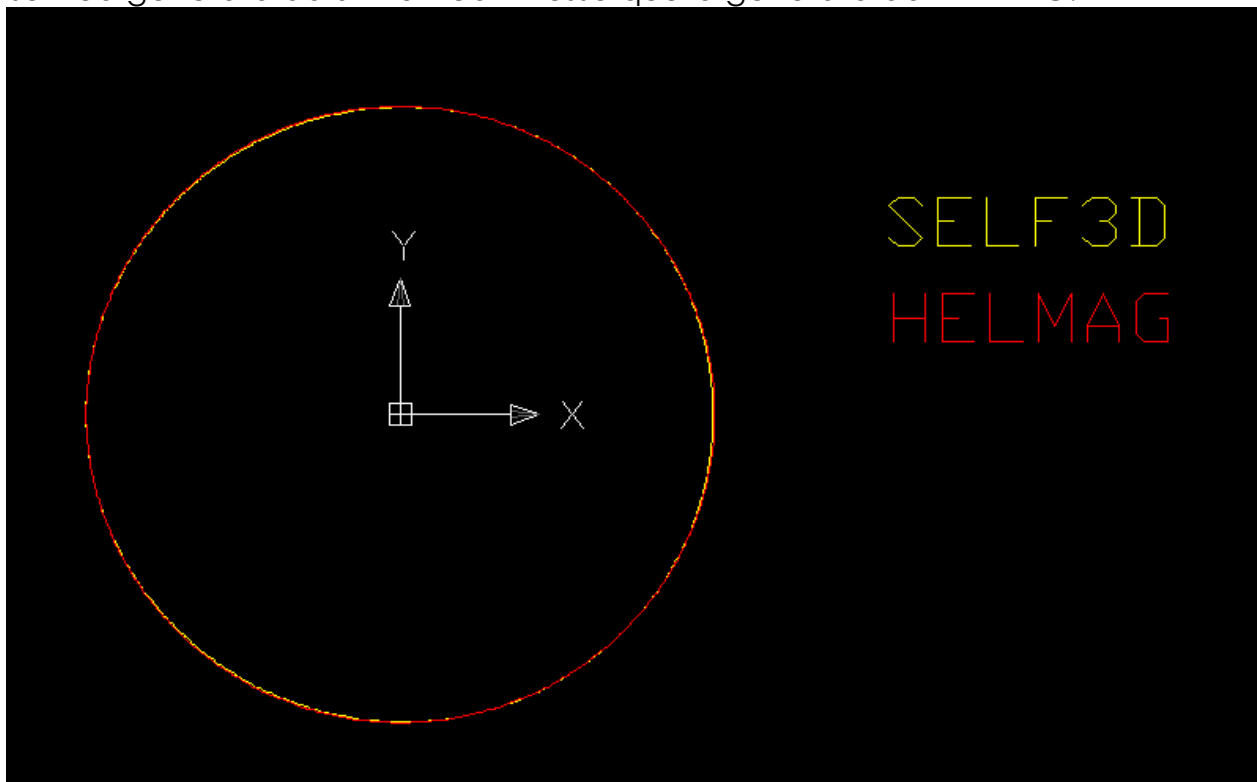


Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

Prendendo in considerazione il cavo elicordato (che rappresenta l'obiettivo del software HELMAG), dopo l'esportazione in SELF3D con lo script Self3dcad, esso appare (nel visualizzatore incluso in SELF3D) come di seguito (non in scala):



A questo punto si è effettuata una simulazione dello stesso cavo elicordato sia con SELF3D che con HELMAG. Successivamente, si sono esportate in CAD le isolinee ottenute nei due casi (anche HELMAG, come SELF3D, è dotato della possibilità di osservare gli output in CAD). Il risultato è visibile di seguito. In giallo è rappresentata l'isolinea generata da SELF3D ed in rosso quella generata da HELMAG.





Misura e Consulenza Impatto Elettromagnetico

Come si può evincere, si fatica a distinguere una linea rossa che corre separatamente da una linea gialla (c'è più una fusione che da l'arancione), a testimonianza del fatto che i risultati sono praticamente identici.

Quanto detto considerando, tra l'altro, che:

- ◆ SELF3D approssima il cavo elicordato con una polilinea e, conseguentemente, i risultati sono tanto migliori quanto più la polilinea è fine, ossia quando più sono piccoli gli spezzoni della polilinea stessa
- ◆ come detto nella nota a pagina 3, l'induzione magnetica di un cavo elicordato, simulata su una sezione, presenta delle oscillazioni. Ora, mentre HELMAG adotta nel calcolo delle assunzioni valide ai fini protezionistici (le quali portano a considerare solo il valore massimo presente in queste oscillazioni), il software SELF3D simula quello che li viene dato in ingresso, tale e quale com'è. Conseguentemente, queste oscillazioni non sono presenti nell'output di HELMAG ma lo sono nell'output di SELF3D. Comunque, dato che questa verifica era finalizzata ad un confronto SELF3D-HELMAG, nella scelta della tipologia dell'elica, e della distanza di valutazione, si è operato in modo che queste oscillazioni risultassero trascurabili (anche se, ad una attenta osservazione ed ingrandendo la figura, si nota come l'isolinea gialla di SELF3D abbia una estensione di pochissimo inferiore, in zone interdistanti 120° come la separazione spaziale dei conduttori, rispetto all'isolinea rossa "oscillazione-free" di HELMAG...).

Cosa altro dire? Per concludere, segnalo che HELMAG è disponibile sia come:

- applicativo stand alone

sia come

- modulo opzionale per il Software SELF3D FULL

HELMAG È STATO TESTATO SU UN SISTEMA OPERATIVO WINDOWS XP.

PER RICHIEDERE UN PREVENTIVO È NECESSARIO UTILIZZARE IL MODULO [CONTATTI](#)

Grazie del tempo dedicatomi

LUIGI RAFFAELE SAPONE