

Analyser un problème en électromagnétique

- ✧ L'électromagnétisme est un domaine si vaste qu'il n'est pas facile de décrire de manière succincte une méthode permettant d'accéder rapidement à la solution, ou presque.
- ✧ C'est pourquoi, ici plus qu'ailleurs, cette fiche se contentera de suggérer quelques pistes.

Analyse physique

- ✧ Une des premières choses à repérer dans un problème d'électromagnétisme est l'interaction champ-matière.
- ✧ La question n'est pas tant de savoir s'il y a ou non présence de matière, que de savoir si cette matière peut bouger avec le champ. Si tel est le cas, il faudra faire appel à des notions de mécanique. Sinon, il est possible de se contenter d'une approche électromagnétique « pure ».

Approche électromagnétique pure

- ✧ Il y a deux grandes classes de problèmes d'électromagnétisme « purs » :
 - le calcul de champs statiques ou quasi-statiques ;
 - le calcul de champs propagatifs.
- ✧ Dans les deux cas il y a un point fondamental à côté duquel il serait impardonnable de passer : l'étude des symétries et des invariances du problème. C'est un **indispensable** qu'il convient de réaliser proprement et de ne surtout pas bâcler à l'oral en balayant le raisonnement d'un revers de main en disant « pour des raisons de symétries »...
- ✧ Rappelons ici que les lois concernant les symétries en physiques ne sont pas enseignées pour elles-mêmes mais elles constituent un des fondements les plus importants de toutes les théories. C'en est à ce point que la conservation de l'énergie, qui est, pourtant, une loi fondamentale et transcendente en physique, *découle* de lois de symétrie.
- ✧ Lors de l'analyse, il est important de repérer / déterminer si la matière présente (fil, conducteurs...) est source de champ ou bien le subit. Notons que même si toute matière chargée est à l'origine d'un champ, celui-ci peut être négligeable devant un champ extérieur (c'est bien ce qui arrive dans l'induction de NEUMANN).
- ✧ Suite ou simultanément à ce qui précède, il est important de voir quel(s) phénomène(s) ont lieu, qui est source de quoi, quelles interactions se font, s'il y a rétroaction ou non,...
- ✧ En terme de grandeur pertinente, nous avons :
 - les grandeurs de sources *imposées par l'expérimentateur* (grandeurs de charge, de courant) ;
 - la géométrie (épaisseur, longueur, rayon...);
 - les constantes intrinsèques aux champs (ϵ_0 pour le champ électrique et μ_0 pour le champ magnétique) ;
 - les caractéristiques d'interaction avec la matière (conductivité, permittivité relative...);
 - d'éventuelles contraintes de champs, de charges, de puissance...

Interaction avec de la matière en mouvement

- ✧ Cette catégorie de problèmes est certainement une des plus vaste qui puisse exister car, d'une certaine manière, quasiment tout peut se réduire à de l'interaction champ électromagnétique – matière. Le « quasiment » tient au fait que la seule autre force fondamentale qui existe est la gravitation.
- ✧ Pour analyser un tel problème, il faut déjà savoir à quelle échelle se situe le problème :
 - à l'échelle microscopique, en utilisant un modèle classique des aspects quantiques ;
 - à l'échelle mésoscopique ;

- à l'échelle macroscopique.
- ✧ Comme dans la recherche de champs, il est important de déterminer si la matière est aussi source de champs et si ce champ se superpose de manière notable avec le champ extérieur. En d'autres termes, il est important de savoir s'il y a rétroaction de la matière sur le champ.
- ✧ À l'échelle microscopique, il est utile de penser au modèle de l'électron élastiquement lié de manière à l'adapter au problème (l'électron est-il lié ou non ? y a-t-il des pertes énergétiques ? l'hypothèse de l'électron non relativiste est-elle pertinente ?)
- ✧ À l'échelle mésoscopique, le modèle le plus connu est celui dit de DRÛDE sur la conduction électrique. Il est utile, là aussi, d'y penser de manière à pouvoir l'adapter.
- ✧ À l'échelle macroscopique, s'il y a des objets qui bougent, il faut faire appel à des aspects mécanique (donc des notions de forces, d'énergie). Et si le mouvement de cet objet n'a aucune influence sur le champ, le problème devient « purement » mécanique.
- ✧ Dans le cas particulier d'un problème d'induction de LORENTZ, reprendre la méthode d'analyse vue en cours avec les deux aspects mécanique et électrique ainsi que la double rétroaction.
- ✧ En terme de grandeurs pertinentes, nous avons :
 - les grandeurs inertielles ;
 - la géométrie (épaisseur, longueur, rayon...);
 - les grandeurs de champs soit *via* leurs constantes intrinsèques, soit *via* des champs imposés extérieurement ($E_0, B_0 \dots$)
 - les caractéristiques d'interaction avec la matière (ω_0, τ pour les modèles micro et mésoscopiques, p_0 pour les dipôles...);
 - d'éventuelles contraintes ou conditions initiales ($v_0, \omega \dots$)

Analyse technique

- ✧ Dans le cas de calculs de champs quasi-statiques, tout dépend de la « quantité de symétries » :
 - dans les cas à hautes symétries, il faut penser aux approches globales (théorèmes de GAUSS, d'AMPÈRE);
 - dans le cas des basses symétries, il reste les lois de COULOMB (ou BIOT et SAVART) voire les lois de MAXWELL;
 - ne pas oublier qu'à l'échelle mésoscopique, tous les champs sont continus alors qu'à l'échelle macroscopique, il faut penser aux relations de passage.
- ✧ Pour le calcul de champs propagatifs, faire comme d'habitude (décompte du nombre de milieux propagatifs, écriture de chaque onde duale dans chaque milieu, décompte et écriture des conditions aux limites).
- ✧ Dans le cas de problème mécanique, voir la fiche correspondante. Faites particulièrement attention à l'aspect énergétique et faites très attentions aux changements de référentiels.