

PHYSIQUE I - Filière PSI

Le sujet de Physique traitait d'une modélisation d'un transformateur et de son emploi dans un montage redresseur. Il s'agit d'un thème qui fait l'objet d'un TP-Cours spécifique à cette filière ; un certain nombre de bonnes ou très bonnes copies ont montré une réelle compréhension du sujet.

Malheureusement, le jury a aussi lu des copies beaucoup plus décevantes, sur le fond (le contenu physique des réponses proposées par les candidats) et sur la forme (les qualités de rédaction). Les lignes qui suivent vont donc proposer quelques conseils généraux aux candidats aux futures sessions du concours, espérant leur éviter quelques uns des écueils rencontrés par leurs devanciers.

Ces suggestions s'articulent en deux parties : après un certain nombre de remarques générales, applicables à toute épreuve des sessions à venir, ce rapport présentera aussi certains points particuliers, propres au sujet de Physique I PSI.

I) REMARQUES GÉNÉRALES

Comment répondre aux questions posées dans un problème de Physique ?

À toute question, le candidat doit s'efforcer d'apporter une réponse exacte, précise et complète. Est-il besoin de le rappeler ? Le candidat n'oubliera pas d'indiquer le *numéro* de la question à laquelle il répond ; il *mettra en valeur* cette réponse (encadrée, soulignée, centrée, etc.) et prendra soin, en relisant l'énoncé, de vérifier qu'il a bien répondu à *toutes les questions* posées sous ce numéro.

Une réponse ne doit jamais être fournie *sans justification*. Ainsi, lorsque le sujet demande « donner la relation entre les grandeurs... » ou bien « quelle est la valeur de... », etc., il doit être bien compris que le jury attend la *preuve* (la démonstration, la justification physique, le calcul, etc.) qui permet au candidat de formuler sa réponse.

Cette justification doit être apportée de manière *particulièrement soignée* lorsque l'énoncé demande de « vérifier » telle ou telle relation qui figure dans le texte du sujet. Le résultat étant donné, tous les candidats qui abordent cette question finissent par obtenir l'expression demandée ! Mais tous les moyens pour y parvenir ne se valent pas.

Signalons à ce sujet que la *mauvaise foi* scientifique, c'est-à-dire l'emploi de tous les moyens pour parvenir au « bon » résultat, même en partant de prémices fausses, n'est *jamais à l'avantage du candidat*. Même si le barème ne prévoit pas de points « négatifs » dans ce cas, l'étudiant qui agit ainsi verra toute la suite de sa copie regardée d'un œil plus critique et court le risque d'être traité avec plus de rigueur lorsqu'un doute se fera jour quant à une partie ultérieure de son travail.

Ainsi, il vaut mieux répondre « je ne sais pas » (en indiquant éventuellement le pourquoi de cette réponse, c'est-à-dire ce qui manque à l'étudiant pour achever de traiter la question) qu'affirmer sans preuve. Ce conseil vaut dans tous les cas, que l'affirmation injustifiée soit juste ou fausse d'ailleurs.

Comment se servir de l'énoncé ?

Tous les candidats le savent, tous ne le font pas : il convient de bien lire l'énoncé en entier avant de répondre à une question.

En particulier, lorsque une vérification (qualitative, d'unité, etc.) est demandée, ce n'est jamais par hasard : cela peut signifier par exemple que la relation ainsi validée est importante et la vérification demandée doit permettre au candidat de rectifier une éventuelle erreur qui pourrait l'handicaper pour toute la suite.

Un énoncé comporte parfois des textes « indicatifs » qui ne sont suivis d'aucune question. Ils ne doivent pas être négligés pour autant, car ils permettent souvent de valider ou, le cas échéant de rectifier la compréhension générale du problème posé.

Applications numériques, commentaires et questions qualitatives

Une application numérique est une question à part entière, validée comme telle par le barème ; elle apporte souvent autant de points que l'établissement d'une relation littérale, sous deux réserves :

- le résultat doit être exprimé au moyen d'un nombre de chiffres significatifs *raisonnable*, c'est-à-dire compatible avec la précision des données de l'énoncé. Cette année encore, un très grand nombre de candidats ont encore recopié, sans aucun esprit critique, les huit ou dix chiffres affichés par leur calculatrice.

Signalons à ceux qui ne s'en seraient pas rendu compte que *toutes les calculatrices* possèdent des modes d'affichage (dits « scientifique » ou « ingénieur ») sélectionnant le nombre désiré de chiffres significatifs et une notation en puissance de dix. Tous les candidats auraient avantage à sélectionner *systématiquement* ce mode.

- le résultat doit être accompagné d'un nom d'unité (l'abréviation « SI » ne suffisant jamais) juste et raisonnable.

Par exemple, l'emploi de la notation $H \cdot A \cdot m^{-2}$ pour un champ magnétique n'est pas faux, mais n'est pas raisonnable.

Les commentaires demandés ne doivent pas non plus être négligés ; ils doivent toujours être proposés par rapport à des situations ou des ordres de grandeur de référence, que les candidats ont donc à connaître. Le cours de Physique ne traite pas de grandeurs immatérielles, mais bien de phénomènes et d'appareils réels, et les commentaires des candidats doivent s'inscrire dans cette réalité.

Enfin, une question qualitative n'appelle pas forcément une réponse calculatoire, mais la réponse doit obligatoirement être argumentée.

II) REMARQUES PARTICULIÈRES

La *première partie* du problème proposé décrivait le circuit magnétique d'un transformateur. Le texte et les illustrations de l'énoncé mettaient bien en évidence la notion de *non-linéarité* du dispositif liée aux *saturations* successives des différentes parties du circuit magnétique. Il est donc regrettable de voir que certaines copies ont tenté de traiter la totalité du problème dans un cadre *linéaire* ($\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$ ici, $u = Z i$ ou $u = j L \omega i$ plus loin, un modèle de transformateur parfait dans la dernière partie). De telles copies ont, à l'évidence, été mal notées.

L'imprécision de l'énoncé de **la question 3** quant à la notation b (au lieu de b_1) a été prise en compte par le jury pour l'évaluation des réponses à cette question.

Certains candidats n'ont pas bénéficié de **la question 4** comme ils l'auraient dû : en demandant de vérifier l'unité de la réluctance R , l'énoncé permettait en effet de détecter, donc de corriger, d'éventuelles erreurs de raisonnement à ce niveau. Certains candidats ont *constaté* l'erreur avant de *passer à la question suivante* sans autre forme de procès : ce qui suivait était évidemment faux, et leur travail était donc inutile.

La question 8 a donné lieu à des explications parfois vagues et souvent fausses, confondant *linéarité du ferromagnétique* et *aspect linéaire de la courbe $i_p(t)$* , avant d'affirmer qu'une *saturation du ferromagnétique* expliquant l'aspect « vaguement sinusoïdal » du courant primaire... pourtant commandé par un flux sinusoïdal.

Un candidat (de bonne humeur) conclut son raisonnement d'un « bon d'accord c'est moyen, mais l'idée est là, non ? ». Le jury profite de l'occasion de ce rapport pour lui répondre personnellement que non, malheureusement, il n'a pas tracé la courbe demandée ; donc l'idée n'était pas là.

La *seconde partie* décrivait l'emploi du transformateur *non linéaire* dans un réseau électrique. Cette partie s'est révélée très difficile pour de nombreux candidats : tous ceux qui semblaient avoir oublié la loi de l'induction $e = - d\Phi/dt$.

À la **question 13**, il ne suffisait pas de recopier les trois expressions de ϵ en fonction de ϕ puisque l'énoncé demandait d'établir ϵ en fonction *du temps*.

La *troisième partie* était très proche du cours, et en particulier du TP-Cours prévu au programme. Un nombre significatif de bonnes copies a montré que le principe de l'étude et de la mesure du rendement d'un transformateur était bien compris.

Toutefois, à la **question 16**, la réponse d'un dispositif à une excitation sinusoïdale n'est *pas toujours sinusoïdale*, et le principe de Curie n'a rien à faire ici.

Un circuit formé d'un générateur sinusoïdal (le secondaire d'un transformateur) fermé sur une charge résistive (**question 17**) a donné des réponses variées mais pas toujours satisfaisantes :

- une charge résistive doit être parcourue par un courant continu ;
- pour une charge résistive, le courant doit être nul ;
- avec une charge résistive, le courant doit être amorti au cours du temps et finit par s'annuler ;
- si on met une charge résistive, le courant traversant cette charge subit des pertes par effet Joule et a (donc ?) une valeur moyenne non nulle ;
- le courant n'est pas sinusoïdal du fait de la bobine qui emmagasine l'énergie ;
- le courant sera, si le transformateur est refermé sur une charge résistive, plus grand (que quoi ?).

Évidemment, il n'est pas possible de *montrer* (**question 18**) que « la valeur moyenne de la puissance fournie ne fait intervenir que l'harmonique d'ordre un du courant primaire » si on suppose *a priori* que ce courant primaire est sinusoïdal. Rappelons aussi qu'une série de Fourier générale comporte ou une suite de termes en $\sin(n \omega t)$ *mais* aussi de termes en $\cos(n \omega t)$, ou bien une suite de termes en $\cos(n \omega t + \phi_n)$.

Très peu de candidats ont adopté pour le courant la notation en valeurs efficaces pourtant suggérée par l'énoncé ; il s'en suit malheureusement des facteurs 2 ou $\sqrt{2}$ parfois fantaisistes dans les **questions 19 et 21**, qui n'avaient pourtant rien de mystérieux.

En réponse à la **question 19**, citons cette phrase étonnante relevée sur une copie : « Il n'y a ni pertes par hystérésis et par effet Joule, ni courant de Foucault, la puissance absorbée est donc totale (souligné) ».

La **question 20** (une pure question de cours) a bien discriminé les candidats en deux parties : ceux qui savaient, et ceux qui ne savaient pas. Le jury souhaitait être généreux à propos de la valeur numérique du champ coercitif dans un matériau dur, mais n'a pas pu accepter de valeurs numériques en *tesla*, et encore moins en *técelats*.

Une malheureuse coquille d'énoncé a transformé *fer doux* en *fer mou*. Un candidat a donc, avec une certaine logique (mais hors de propos), signalé que pour un transformateur, il vaut mieux choisir du fer mou pour pouvoir le plier et éviter les pertes de champ dans les angles. Signalons quand même encore une fois le nombre important de copies qui ont bien traité cette question, décrivant les emplois respectifs des deux types de matériaux ferromagnétiques, ou évoquant l'emploi de matériaux feuilletés.

Finalement, trouver (**question 23**) pour un transformateur un rendement $\eta = 13$ ou $\eta = 4\%$ et encadrer le résultat n'est pas normal pour un étudiant de cette filière.

III) CONCLUSION

Le jury a regretté cette année une baisse globale de la qualité de la *rédaction* des copies : peu de phrases, des explications souvent vagues ou mal formulées. Un effort à cet égard ne manquera pas d'être apprécié, dans les sessions à venir du concours, et ceci dans toutes les disciplines.

Plus généralement, le jury rappelle (comme les années précédentes) que la préparation d'un concours de haut niveau passe d'abord par l'apprentissage et la compréhension du *cours*, lequel ne se résume pas à des formules qu'on ne peut, d'ailleurs, jamais appliquer sans justification.