



## 1/ CONSIGNES GENERALES :

### A) Présentation du sujet

Le sujet proposait une résolution de l'équation de Poisson dans le cadre de l'électrostatique afin d'obtenir le potentiel de champ en tout point de l'espace, suivie de deux études de cas permettant de comparer des prévisions théoriques classiques avec celles de la simulation numérique.

#### Première partie

Après une partie introductive théorique permettant de souligner le rôle central en électrostatique de l'équation de Poisson, une alternance d'analyses numériques et physiques étaient conduites.

Une large part est donnée à l'implémentation numérique de l'équation de Poisson permettant le calcul du potentiel électrostatique aux différents points d'un maillage défini dans le domaine d'étude. Différentes méthodes de plus en plus performantes sont envisagées, tenant compte des problèmes liés aux calculs itératifs. La rapidité de la convergence est présentée, donnant l'occasion de discuter de la complexité du programme le plus performant. Enfin, le calcul du champ électrique à partir du potentiel calculé numériquement est évoqué, donnant l'occasion d'aborder les conditions aux limites.

#### Deuxième partie

Les résultats de la simulation numérique produite par les algorithmes de la première partie sont alors confrontés aux résultats théoriques (résultant de modélisations simplifiées) concernant deux cas d'école :

- le fil infini chargé uniformément pour lequel il est possible d'extraire une solution analytique facilement. Cet exemple permet en outre de mettre en avant aussi bien les limites de l'approche théorique que celles de l'approche numérique. L'étude se termine en proposant le cheminement inverse : retrouver, à partir d'un résultat numérique, le modèle physique initial.
- le mouvement d'un électron dans un tube d'oscilloscope, la déviation étant induite par le passage de la particule chargée entre les plaques d'un condensateur plan fini. L'étude théorique très classique de ce problème est suivie de son étude numérique : obtention de la carte de champ électrique, puis détermination de la trajectoire de l'électron à l'aide de la méthode d'Euler.

### B) Prestation des candidats

#### Présentation

La présentation de nombreuses copies laisse à désirer sur un assez grand nombre de points :

- questions non ou mal numérotées, écriture peu soignée, code quasi-illisible et/ou non commenté,
- résultats non mis en évidence, applications numériques sans unités,
- absence de figures ou de schémas lorsqu'ils seraient souhaitables.

On ne peut que répéter que la présentation d'une copie est essentielle afin que le correcteur puisse juger en toute objectivité les réponses apportées aux questions posées.

#### Partie physique

En physique, de nombreuses questions étaient très proches du cours, permettant de mesurer la connaissance indispensable de celui-ci. D'autres étaient plus subtiles et ont permis de distinguer les candidats les plus brillants.

Les démonstrations sont trop souvent partielles, les résultats affirmés sans justification correcte.

Les questions d'interprétation (analyse des graphes et des figures) sont mal traitées.

Les résultats sont globalement décevants voire inquiétants, car de trop nombreux candidats ne maîtrisent pas des notions élémentaires :

- homogénéité des résultats,
- écriture de développements limités à l'ordre 1 ou 2,
- détermination de la surface de Gauss après détermination des symétries/invariances,
- utilisation des théorèmes énergétiques dans le cadre de la mécanique classique, expression de l'énergie potentielle électrique,
- détermination de la trajectoire d'une particule chargée dans un champ électrique.

## Partie informatique

En informatique, de nombreux étudiants ne réutilisent pas les fonctions préalablement introduites et codées, perdant en clarté et gaspillant un temps précieux. Un problème d'informatique est souvent conçu de façon à ce que les questions intermédiaires introduisent des fonctions qui facilitent l'écriture de la solution.

Peu ont respecté la manière dont les bibliothèques étaient chargées par l'énoncé, en particulier lors de l'utilisation des fonctions mathématiques ou de la valeur de  $\pi$ .

## 2/ REMARQUES SPECIFIQUES :

### Première partie : équation de Poisson

**Q 1** : nom de  $\epsilon_0$  souvent approximatif, unités : quelquefois en  $\text{kg.m}^{-3}$ .

**Q 2** : rarement deux exemples sont donnés.

**Q 3** : le changement de variable est étonnamment très souvent mal effectué, conduisant à un résultat faux.

**Q 4** : le développement limité à l'ordre 2 est non maîtrisé.

**Q 6->13** : beaucoup de confusions entre les fonctions qui modifient des tableaux « en place » et celles qui renvoient des valeurs, non utilisation des fonctions définies précédemment, non respect de la valeur de retour demandée. Initialisation des tableaux, terminaisons des boucles souvent effectuées de manière partielle.

**Q 14** : la question de complexité était très abordable, mais seul un nombre extrêmement réduit de candidats l'ont traitée et très peu l'ont fait correctement : la réponse était souvent  $O(N)$  ou  $O(N^2)$ , et le passage à  $N = 1000$  quasiment toujours absent.

**Q 15** : les bords du tableau sont rarement pris en compte correctement.

### Deuxième partie : études de cas

**Q 16, 17, 18** : questions très classiques. Beaucoup ne savent pas utiliser le théorème de Gauss, on a par exemple souvent une surface de Gauss sphérique alors qu'avant ils ont expliqué que les surfaces équipotentielles étaient des cylindres. Un cercle proposé comme surface équipotentielle est évidemment une réponse incorrecte. De trop nombreux candidats ne connaissent pas l'unité du champ électrique !

**Q 19** : près de la moitié des candidats ne connaissent pas l'équation d'un cercle en coordonnées cartésiennes : ils ont souvent programmé la localisation de l'intérieur d'un carré mais pas d'un cercle !

**Q 20,21** : rarement correctes, la notation  $\tau_{ab-f}$  n'a parfois pas été comprise (confusion entre un tableau global et l'argument d'une fonction).

**Q 22** : les commentaires manquent de finesse en général, les documents et données à disposition n'étant pas examinés avec suffisamment de détails. Par exemple, le fait que le champ calculé au centre ne soit pas exactement nul a été très rarement commenté, tout comme la valeur plus élevée du champ au bord de l'enceinte.

**Q 23** : l'idée de la répartition est souvent présentée, sans réelle justification. Les calculs de champs sont rarement faits.

**Q 24** : la démonstration de l'expression est trop souvent approximative.

**Q 25** : erreurs de signe, oubli d'unités répété.

**Q 26** : conditions initiales parfois mal exploitées.

**Q 27** : cette question est rarement traitée dans son intégralité : la détermination de l'équation de la tangente à une parabole semble être une question difficile !

**Q 28** : cette question, évidente, est majoritairement ratée : la nullité de  $\chi_{\text{HOS}}$  échappe à beaucoup de candidats.

**Q 30** : réponses très souvent incomplètes. Beaucoup ne jugent pas nécessaire d'écrire les développements limités permettant d'aboutir aux résultats et se contentent d'inventer la formule par « analogie ».

**Q 31, 32, 33** : Ces trois questions, très abordables, auraient pu être correctement traitées par la quasi-totalité des candidats, ce qui n'a pas été le cas.

**Q 35** : le tracé a très souvent été très mal reproduit sur la copie, et l'interprétation physique des résultats absente.

### Conclusions

Toutes les parties du problème donnaient lieu à discussion /critiques et permettaient ainsi aux étudiants de mettre en avant les compétences et la démarche d'analyse scientifique qu'ils ont pu acquérir aux cours de deux ou trois années en CPGE.

La plupart des copies abordent toutes les parties, mais bien souvent avec une absence chronique de rigueur, surtout pénalisante dans les parties algorithmiques où l'on attend que les candidats écrivent le code dans un langage obéissant à une syntaxe spécifique, elle-même évaluée.

L'annexe sur Python, pourtant bien fournie, n'a sans doute pas été bien lue par certains candidats qui ont commis des erreurs simples comme ne pas utiliser la fonction `np.copy`.

Enfin, trop souvent, les questions ne sont pas lues de manière suffisamment attentive (notation choisie peu adaptée, écriture de fonctions qui ne renvoie pas les grandeurs demandées...). Ce sont autant de points qu'il est facile de ne pas perdre.