

Épreuve orale d'Analyse de Documents Scientifiques

Filière MP, Physique

L'épreuve d'analyse de documents scientifiques (ADS) se déroule en deux parties. La première, pour laquelle les candidats disposent de deux heures de préparation, consiste à faire l'analyse scientifique d'un dossier. Ce dossier contient généralement entre 1 et 3 documents extraits d'articles, de livres ou de brochures, le tout accompagné d'un texte de quelques lignes précisant le travail demandé. La seconde partie est l'épreuve orale proprement dite. Elle dure 40 minutes, divisée en 15 minutes d'exposé, suivies de 25 minutes de discussion avec l'examineur. L'exposé trop long de certains candidats a dû être interrompu par l'examineur, les invitant à synthétiser et conclure.

Les notes des candidats français s'échelonnent selon la répartition suivante :

$0 \leq N < 4$	0	0
$4 \leq N < 8$	14	5,43%
$8 \leq N < 12$	104	40,31%
$12 \leq N < 16$	113	43,8%
$16 \leq N \leq 20$	27	10,47%
Total :	258	100%
Nombre de candidats :	258	
Note moyenne :	11,84	
Ecart-type :	2,83	

L'analyse d'un document scientifique consiste avant tout à en extraire le contenu physique, souvent mélangé à des considérations d'ordre historique ou sociologique, certes importantes mais secondaires pour le physicien (les considérations techniques se situant à la frontière). Un document scientifique, même de vulgarisation, ne peut généralement se restreindre au seul programme des CPGE et l'ADS vise à mettre les candidats dans des situations similaires à celles qu'ils rencontreront dans leur vie professionnelle. Si des compléments de connaissances hors du programme sont nécessaires pour la compréhension des documents à analyser, ils sont fournis dans ces documents sous forme de parties séparées (« encadrés ») ou par le texte accompagnant les documents. Il n'est pas attendu que les candidats développent ces points. En d'autres termes, ce sont la maîtrise du programme, l'argumentation qu'elle permet et la réflexion qui en découle, qui conduisent à l'obtention d'une bonne note.

Certaines parties du document peuvent être peu exploitables soit parce qu'elles sont imprécises, soit parce qu'elles supposent des connaissances allant au-delà du programme. Les candidats doivent donc commencer par faire le tri des informations à exploiter. Ensuite, il s'agit d'*analyser les différents aspects scientifiques* du contenu retenu en s'appuyant sur des

connaissances précises. Tout doit être fait pour éviter le principal défaut observé qui est de se livrer à la paraphrase et de passer à côté de l'analyse.

Pour résumer la description du travail attendu : les documents proposés fournissent des *informations* et le jury attend des *explications*.

Tous les dossiers proposés peuvent être reliés à un ou plusieurs chapitres du cours de physique de CPGE, mais aussi à toutes les connaissances acquises en particulier au lycée et au collège en physique, chimie, sciences de la Terre et de la vie, etc. Les connaissances pratiques acquises en TP sont aussi importantes. Au-delà des références aux principes ou théorèmes du cours, nous observons souvent des difficultés de certains candidats à mobiliser des connaissances relatives à une partie du programme non visée explicitement par le texte. Comprendre un texte, c'est le *relier* à ce que l'on connaît. Dans ce cadre, les candidats doivent s'efforcer de retrouver les valeurs numériques les plus importantes et à commenter dès que possible les modélisations et approximations, les techniques expérimentales et leurs contraintes, les équations, explicites ou pas, les figures et les courbes.

Le document proposé est un point de départ. Si le document est destiné au grand public, l'exposé doit, lui, être formulé dans un langage de physicien, argumenté par des équations et éventuellement des résultats chiffrés. S'il s'agit d'un article de spécialité, les candidats doivent extraire les idées essentielles ou les points importants et les analyser avec leurs propres termes, afin de montrer que l'essentiel a été compris. Analyser un texte c'est donc l'interroger, le faire parler, se poser des questions, et en définitive le rendre vivant.

Nous résumons quelques règles simples qu'il faut garder à l'esprit :

- Proscrire absolument la paraphrase. Ainsi l'exposé ne doit pas nécessairement reprendre le déroulement du texte.
- Faire preuve d'esprit critique et de synthèse. Nous rappelons que tout texte peut contenir des erreurs ou des imprécisions. Ces points critiquables sont à discuter (erreurs, parties confuses etc.). S'il n'est pas attendu que les candidats corrigent systématiquement ces points, ils peuvent être amenés à le faire lorsque l'erreur est manifeste (par exemple : une force exprimée comme le produit d'une puissance par une vitesse) ou à des analyses dont il est question plus haut.
- Dégager les principes physiques utilisés dans le texte. Il est important d'être capable d'explicitier ces principes, théorèmes, etc. dans le cadre du programme ; la présentation de parties du programme (ou hors programme !) sans rapport direct avec le texte est à éviter rigoureusement.
- Essayer d'explicitier certains raisonnements du texte, discuter les applications numériques et surtout discuter les ordres de grandeur (nous rappelons qu'une quantité est grande ou petite devant une autre quantité mais pas dans l'absolu).
- Ne pas hésiter à tenter une modélisation avec les outils de physique à sa disposition. Les examinateurs jugent l'effort de modélisation et non le fait que cette modélisation aboutisse nécessairement à un modèle exact du phénomène présenté dans le texte.

Les dossiers proposés en 2019 comportaient les précisions suivantes :

Ce dossier a été rédigé en vue d'une lecture par un public large ; sa compréhension requiert cependant une culture scientifique certaine et il se peut que les documents s'appuient sur des concepts nouveaux n'entrant pas dans le champ du programme, après avoir introduit ceux-ci de façon pédagogique mais souvent très concise: les examinateurs en sont conscients et apprécient le travail en conséquence.

Les candidats s'attacheront à expliciter les phénomènes physiques élémentaires mis en jeu, et pourront s'appuyer sur les « encadrés » de l'article pour mieux assimiler ces éléments. S'ils rencontrent des difficultés de compréhension portant sur ces concepts nouveaux, ou des difficultés à s'appropriier ces derniers, ils construiront leur analyse en conséquence et l'indiqueront simplement à l'examineur à l'issue de leur exposé introductif: ils n'hésiteront pas, dans ce cas, à laisser de côté la fraction concernée du dossier.

Les candidates et les candidats sont invités à éviter d'écrire leur présentation en tout petits caractères, peu lisibles lors de leur présentation devant l'examineur.

Certains textes ont subi des coupes partielles lors de la constitution du sujet. Avant l'établissement stable de l'image sur la tablette, le texte coupé peut apparaître brièvement: ce phénomène parasite est à ignorer. De même, l'élimination complète de certaines pages peut introduire une discontinuité dans la numérotation des pages du document final.

Dossier n°1 : La microscopie électronique

Documents – Ce dossier comportait deux extraits du livre *La microscopie électronique* parus en 1998.

Sujet – L'exposé, d'environ 15 minutes s'attachera à décrire l'intérêt de la microscopie électronique et le principe des lentilles électroniques. Vous accorderez une attention particulière aux ordres de grandeurs cités dans ces documents et vous efforcerez de les justifier.

Commentaire des examinateurs – Le premier extrait décrivait les outils d'exploration de l'infiniment petit. Il demandait d'utiliser ses connaissances en optique, électromagnétisme et mécanique quantique afin de comprendre les relations entre longueur d'onde, énergie et échelle d'observation, ainsi que la différence entre l'utilisation de photons et d'électrons en microscopie. Le deuxième extrait décrivait les principaux éléments de la microscopie électronique : source d'électrons, accélération, principe et fonctionnement des lentilles électroniques magnétiques. Cette dernière partie se concentrait ainsi sur le mouvement d'une charge dans un champ électrique puis dans un champ magnétique.

Ce document demandait de mobiliser de nombreux pans du programme : en optique, il fallait pouvoir discuter ce qui limite la taille des objets visibles en microscopie ; concernant les sources, il fallait pouvoir estimer l'ordre de grandeur de l'énergie qui retient les électrons dans les solides afin d'estimer la température d'extraction et avoir une discussion critique sur cette méthode ; en électrostatique, il fallait pouvoir estimer les effets de pointes pour discuter les ordres de grandeur. Pour finir le texte décrivait une lentille magnétique dont le fonctionnement pouvait être compris à partir des connaissances du cours sur le mouvement d'une charge dans un champ magnétique. La plupart des candidats ont pu mettre cela en équation mais ont eu du mal à comparer ces trajectoires à une lentille en optique afin de discuter le fait qu'il s'agissait bien d'une lentille. Alors que le mouvement circulaire dans un champ magnétique constant était

connu, beaucoup de candidats ont passé trop de temps à redémontrer ce résultat de cours (qui pouvait être donné sans démonstration) et n'ont pas discuté les effets de l'inhomogénéité du champ magnétique, qui était la partie plus originale de l'étude. Le texte était donc très riche et demandait un effort de modélisation afin de justifier les affirmations et ordres de grandeur du texte.

Dossier n°2 : *Les basses températures*

Documents – Ce dossier comportait deux documents. Le premier document contenait des extraits du livre *Chaleur et désordre* de Peter Atkins. Le deuxième document était un extrait d'un article d'Albert Lacaze publié dans *La Recherche* en 1971.

Sujet – L'exposé, d'environ 15 minutes, s'attachera à décrire les principes physiques à l'œuvre dans l'obtention des basses températures à partir de la température ambiante. Vous accorderez une attention particulière aux ordres de grandeur que vous tenterez de justifier.

Commentaire des examinateurs – Le document présente en ordre chronologique différentes méthodes de refroidissements : cycles thermodynamiques, détente de gaz, changement de phases. Le premier texte proposait une description thermodynamique et une description microscopique que l'étudiant devait pouvoir relier. Le second texte portait sur le refroidissement magnétique d'un système à deux niveaux.

Le texte permettait de nombreuses discussions et liens avec le programme. Tout d'abord l'étudiant devait démontrer une bonne connaissance de son cours de thermodynamique : (cycle de Carnot, calculs de rendement, cycle de Carnot en interaction avec un thermostat extérieur), compréhension de la notion de température, d'entropie, des transitions de phases. Bien que les notions soient connues, leurs définitions étaient souvent trop approximatives pour permettre de construire un raisonnement solide. Le second texte demandait d'élaborer sur les systèmes à deux niveaux et permettait de faire un lien entre refroidissement, ordre-désordre et entropie et des comparaisons à la thermodynamique.

Une comparaison critique des différentes techniques et des rendements était nécessaire. De nombreux ordres de grandeur pouvaient être retrouvés et une discussion critique des limites de chacune des méthodes était attendue. Le texte demandait aussi une bonne maîtrise de la physique en général et de pouvoir construire des explications à des affirmations du texte, e.g. « pourquoi a-t-on froid en sortant d'une piscine ? Pourquoi cette sensation est accentuée par le vent ? » et de maîtriser les liens entre thermodynamique et description microscopique (qu'est-ce que la température, la pression, que se passe-t-il quand un gaz se liquéfie ? Quels sont les types d'interactions au niveau moléculaire ? En général, dans un gaz parfait ?

Dossier n°3 : *La physique des astéroïdes*

Document et sujet – Ce dossier comporte un article tiré de la revue *L'Astronomie* (mai 2019), précédé d'un glossaire.

Dans votre exposé d'environ 15 minutes, vous vous attacherez à discuter comment sont exploités différents phénomènes physiques pour accéder à des connaissances sur les astéroïdes.

Commentaire des examinateurs – Le document portait sur les caractéristiques physiques des astéroïdes : leur taille et leur composition, leur rayonnement, leurs orbites et leur évolution, leur répartition dans le système solaire et son évolution. Ces propriétés ne sont accessibles que par des techniques d'observation délicates et la modélisation d'effets dynamiques faibles. L'effet Yarkorkovsky faisait l'objet d'une présentation particulière. Le glossaire donnait les principales caractéristiques du rayonnement du corps noir, auquel le texte faisait référence mais qui n'est pas au programme. Ce texte faisait appel à de nombreuses parties du programme et pouvait donner lieu à des commentaires riches et variés. En particulier, les nécessaires approximations dans les modèles présentés, les limitations des instruments d'observation, les contraintes sur les durées d'observation, la manière dont les observations se complètent les unes les autres (ou non) pouvaient donner lieu à discussion. Les présentations sont trop souvent restées marquées par la paraphrase mais certaines ont su à la fois synthétiser le propos et analyser des points particuliers. Les questions posées ont permis de revenir sur les points critiques non identifiés dans l'exposé initial.

Dossier n°4 : Manipulation d'atomes par des pinces optiques

Document et sujet – Ce dossier comporte un article paru dans la revue *Reflète de la physique* (n° 47-48), précédé d'un glossaire.

Dans votre exposé d'environ 15 minutes, vous vous attacherez à discuter les phénomènes physiques permettant de manipuler les atomes individuellement par des pinces optiques. Il n'est pas attendu de discussion sur le dernier paragraphe du texte.

Commentaire des examinateurs – Le texte associait des objets et des phénomènes de la physique microscopique (atomes individuels, états d'excitation, très basses températures) à des dispositifs relevant de modélisations de physique macroscopique (électrostatique, optique géométrique), le laser étant l'élément liant ces deux univers. Le document se terminait par l'exposé de réalisations faisant appel à la transformée de Fourier en optique. Il était important de bien comprendre ce que représentait l'énergie d'interaction entre le laser et l'atome en fonction des fréquences mises en jeu et de présenter en détail la notion de résonance, en terme d'amplitude *et* de phase. Lorsqu'elle a eu lieu au cours de l'exposé ou en réponse à des questions, l'analyse des conditions précises de la manipulation des atomes a été appréciée. Faire l'équivalence entre le puits de potentiel créé par le laser et un oscillateur mécanique associé s'est souvent avéré laborieux. Ceci permet de rappeler que, lors de questions difficiles sur lesquelles butent éventuellement les candidats ou candidates, les examinateurs engagent un *dialogue*, bienveillant *a priori*, les aidant éventuellement à progresser dans leurs réponses.