

PC

CONCOURS COMMUN INP RAPPORT DE L'ÉPREUVE DE TP DE PHYSIQUE

Les programmes de physique, en ce qui concerne les activités expérimentales, réaffirment l'importance de l'acquisition par les étudiants de compétences spécifiques ainsi que de **capacités dans le domaine de la mesure et des incertitudes et du savoir-faire technique**. L'épreuve de travaux pratiques de physique de la filière PC, pour la session 2019, s'inscrivait donc dans ce cadre.

1/ CONSIGNES GÉNÉRALES

Mise en place

Pour l'épreuve de travaux pratiques de physique, le candidat a besoin, d'un stylo, un crayon à papier, une gomme, une règle et d'une calculatrice. La copie, pour rédiger le compte-rendu, le papier brouillon lui sont fournis. Les téléphones portables sont formellement interdits dans les salles de TP. Le candidat est accueilli par son examinateur à qui il présente sa convocation ainsi qu'une pièce d'identité. Un numéro de manipulation lui est attribué et il est conduit par son examinateur dans la salle où se déroule l'épreuve. Chaque examinateur est en charge de 4 candidats.

Le début de l'épreuve fait l'objet d'une introduction orale, par l'examinateur, du TP mis à la disposition du candidat. Le candidat dispose, du sujet de l'épreuve incluant une liste de matériels avec un descriptif numérique (consultable sur un ordinateur à son unique disposition) ou papier de l'utilisation de chaque matériel mis à sa disposition. Un préambule théorique, si nécessaire, en lien avec le TP est aussi fourni au candidat.

☞ Attention : à lire attentivement : déroulement de l'épreuve

L'épreuve dure trois heures. Les étapes attendues du TP sont les suivantes :

- concevoir et justifier un montage expérimental à partir de matériels mis à disposition pour l'observation et les mesures d'un phénomène donné ;
- échanger avec l'examinateur sur la manipulation
- réaliser le/les montage(s) et observer le/les phénomène(s) ;
- faire des mesures et déterminer les incertitudes associées ;
- exploiter des mesures expérimentales pour la validation d'une loi ou la détermination d'une valeur inconnue ;
- rédiger un compte-rendu de son TP.

Toutes ces opérations ont pour objectif d'évaluer la façon avec laquelle le candidat est capable de mobiliser les compétences « s'approprier », « analyser », « réaliser », « valider », « autonomie » et « communiquer » dans les trois heures imparties pour le TP de Physique.

L'épreuve se déroule en deux parties :

Dans une première partie, en fonction des objectifs définis pour le TP donné, le candidat doit savoir tirer profit du matériel mis à sa disposition ainsi que du préambule théorique pour proposer le/les montage(s) et mesures à réaliser pour atteindre ces objectifs. **La restitution des connaissances théoriques ne fait pas partie des compétences évaluées dans le cadre des TP**. Cette première partie fait l'objet d'un échange avec l'examinateur. Cet échange

permet par exemple à l'examineur de valider si nécessaire le choix du montage proposé par le candidat ou de débloquent un candidat afin de lui permettre de poursuivre l'épreuve.

Dans une seconde partie, l'épreuve pratique proprement dite permettra de juger des capacités du candidat dans le domaine de la mesure et des incertitudes et du savoir-faire technique. L'outil informatique est utilisé, dans la mesure du possible, non seulement pour l'acquisition, la saisie ou le traitement de données mais aussi dans le domaine de la simulation. Le candidat devra savoir gérer son temps pour non seulement faire des mesures et interprétations correctes pour atteindre les objectifs du TP mais aussi **rédigier un compte-rendu structuré**.

L'examineur pourra ainsi juger le comportement, l'esprit d'initiative et de critique du candidat face à une situation qui lui sera inédite.

2/ NOUVELLES THEMATIQUES DE TP INTRODUITES SUR LA SESSION 2019

Il est important de signaler que 4 nouveaux sujets de travaux pratiques ont porté sur **le champ magnétique** : induction et loi de Faraday, inductances propre et mutuelle, bobines de Helmholtz, oscillations d'une aiguille aimantée, champ plus ou moins dipolaire d'un aimant etc. Les expériences ont fait appel à des générateurs de tension continue ou sinusoïdale, à des oscilloscopes et multimètres, à des bobines, solénoïdes, rhéostats etc et à des teslamètres. Nous en faisons ci-après un rapport spécifique.

La première partie de l'épreuve (45 mn), qui consiste à rédiger un protocole pour répondre aux questions posées, demande une compréhension approfondie des expériences et a été traitée avec plus ou moins de succès.

La seconde partie de l'épreuve correspond aux mesures et à leur exploitation. Les notions essentielles sur les branchements (série ou parallèle, choix de calibre...) ont souvent été assez bien appliquées, malgré de profondes lacunes pour certains candidats. De très nombreux candidats semblent cependant ignorer que la mesure d'une résistance ne se fait pas sous tension ; et certains ne sont pas à l'aise avec la distinction amplitude/valeur efficace. Les problèmes de boucle de masse, délicats, n'ont en général pas été anticipés mais ont souvent été bien corrigés après un minimum d'explications. Le dépouillement (choix de la courbe à tracer pour valider l'hypothèse, ajustement et exploitation) a souvent été correct et autonome, avec des difficultés sur les incertitudes, des erreurs d'applications numériques (unités...) et des manques sur les figures (titre, axes, unités). Au niveau de la physique sous-jacente, c'est souvent le caractère vectoriel du champ magnétique qui a posé problème : direction du champ à appliquer pour créer un flux à travers une bobine, choix adapté de l'axe de mesure pour un teslamètre 2 axes, distinction entre « mesure de B en fonction de la position le long de (Ox) » et « mesure de la composante de B projetée suivant (Ox) ».

3/ BILAN GENERAL DE L'ÉPREUVE ET REMARQUES

La session 2019 met encore en évidence une grande disparité de niveau des candidats confrontés à l'épreuve pratique de physique. Le caractère expérimental de cette épreuve dont le but est de réfléchir à un problème physique, de réaliser un montage, de prendre les mesures adéquates et les exploiter soigneusement, pose des difficultés liées au manque de pratique de certains candidats. Rappelons que les examinateurs sont aux côtés des candidats pour mieux les accompagner face une situation expérimentale inédite. La restitution orale est satisfaisante pour une bonne majorité de candidats. Cependant, la qualité du compte-rendu écrit, fourni par le candidat à la fin du TP, doit être améliorée.

Conception et justification d'un montage expérimental à partir de matériels mis à disposition pour l'observation et les mesures d'un phénomène donné

Cette partie du TP permet d'évaluer essentiellement les compétences « s'approprier », « analyser » et « communiquer ». Cette partie de l'épreuve, qui dure au plus 45 minutes, a pour objectif d'évaluer l'aptitude des candidats à extraire les informations essentielles dans les documents dont ils disposent afin de proposer un protocole de manipulations et les montages associés.

Les candidats se contentent trop souvent d'une vague ébauche avant de se lancer dans les montages alors qu'ils devraient anticiper un peu plus précisément ce qu'ils comptent faire/comment le faire. Bien souvent, les protocoles sont présentés oralement alors qu'ils ne sont pas finalisés, et beaucoup de questions de l'examinateur sur des points précis du protocole se retrouvent sans réponse.

En optique par exemple, certains candidats rencontrent des difficultés pour concevoir des montages corrects. Parfois les candidats oublient des éléments importants dans leurs montages (filtres interférentiels après les lampes spectrales par exemple) ou lisent mal les caractéristiques de certains éléments (filtres passe bas). Dans d'autres cas (réseaux) certains candidats proposent sans justification de mettre en œuvre successivement 2 méthodes différentes (minimum de déviation, incidence normale) pour réaliser des mesures équivalentes. Notons également que malgré la mise à disposition d'une caméra CCD connectée à un ordinateur, un nombre non négligeable de candidats envisagent toujours de réaliser leurs mesures sur l'écran de papier avec une règle graduée.

En électronique par exemple, des candidats continuent toujours à solliciter l'examinateur après une lecture rapide du sujet au lieu de prendre le recul indispensable à la compréhension et donc à la validation des deux premières compétences citées ci-dessus.

On ne peut que constater qu'il y a encore beaucoup de candidats qui ne maîtrisent pas les compétences « s'approprier », « analyser ». Seule la compétence « communiquer » sur la problématique qui leur est proposée à ce stade du TP est en général bien maîtrisée par les candidats lors des échanges et discussions avec l'examinateur dans cette partie du TP.

Réalisation du/des montage(s) et observation du/des phénomène(s)

Cette partie du TP fait appel aux compétences « s'approprier » et « réaliser ». Faisant suite à la partie conception et échange avec l'examinateur, cette étape du TP est généralement bien réalisée. Cette année la réalisation des montages n'a pas posé de problème pour une majorité de candidats. Néanmoins, on constate toujours quelques erreurs récurrentes observées dans les montages.

En optique par exemple

Utilisation du goniomètre : très peu de candidats savent nommer les éléments constitutifs de l'instrument (lunette, collimateur) et sont capables de les décomposer en ses composants élémentaires (fente, lentille de collimation, objectif, réticule, oculaire). Ils savent en général le régler mais peu nombreux sont ceux qui peuvent expliquer le pourquoi de ces réglages (pourquoi a-t-on besoin d'une lumière collimatée ? qu'est-ce que l'autocollimation ?).

Montages sur banc : les éléments du montage sont rarement correctement alignés. Les composants sont montés à la va-vite dans leur support et les réglages transverses ne sont pour ainsi dire jamais considérés. Longitudinalement, rappelons qu'une image optique est une image *nette* : il faut bien souvent insister pour avoir une mise au point de qualité.

Optique géométrique : les candidats maîtrisent mal l'optique géométrique/la formation des images. Beaucoup pensent que les images se forment « au point focal ». Le terme et la notion de « conjugaison » n'évoquent pas grand-chose pour un nombre significatif de candidats. Lorsqu'ils ont besoin d'un faisceau collimaté, ils ne voient pas toujours comment le réaliser avec une source, une fente et une lentille.

Polarisation/biréfringence/pouvoir rotatoire : le concept de polarisation en tant que direction du champ électrique est très souvent mal compris. Il en découle que la biréfringence rectiligne dans les milieux n'est pas maîtrisée. Le terme de « biréfringence circulaire » communément associé à la notion de pouvoir rotatoire d'un matériau n'est en général pas connu.

Michelson : beaucoup de candidats négligent de parfaire l'éclairage de l'instrument. Fréquemment les réglages latéraux et/ou en hauteur ne sont pas vérifiés. De plus on note un mauvais positionnement de la caméra CCD à la sortie du Michelson.

En électronique par exemple

- le brochage de circuit intégré a été constaté à l'envers certaines fois
- la confusion entre tension d'alimentation et signal d'entrée (une dizaine de fois !)
- le branchement d'un potentiomètre pour régler une tension pose souvent une difficulté !
- la notion de tension est en général bien connue
- le rôle de la masse est mal maîtrisé ce qui induit des erreurs sur les mesures (liaisons des masses des appareils : alimentation, GBF, montage, oscilloscope...)
- les réglages AC/DC de l'oscilloscope (composantes continue et variable du signal observé) ne sont pas toujours maîtrisés ; ce qui induit des erreurs sur les mesures de V_{eff} et V_{moy}
- les problèmes d'identification pratique du régime linéaire : confusion avec les régimes de saturation et transitoire (erreurs sur les méthodes d'analyse pratique et les réglages)

Acquisition des mesures et détermination le cas échéant des incertitudes

Les compétences « réaliser » et « être autonome et faire preuve d'initiative » sont principalement évaluées dans cette partie du TP. Ces compétences ne sont toujours pas bien acquises par une majorité de candidats. C'est un des points à améliorer de façon générale. La théorie étant rappelée aux candidats dans le préambule, il s'agit de faire des mesures, le plus précisément possible.

Exemple du cas particulier de la mesure des angles au moyen du goniomètre : dans le cas d'une déviation/dispersion du faisceau par un réseau, les candidats pour la plupart se contentent d'une seule mesure et à l'ordre 1. L'angle de déviation du faisceau est souvent confondu avec la mesure du pointé alors qu'il devrait être mesuré par rapport à la direction incidente ou par rapport à la normale au réseau selon la méthode choisie. Cette notion d'angle ne semble pas maîtrisée par les candidats.

Fréquemment les candidats ne présentent pas d'incertitudes sur leurs mesures même lorsque cela leur est explicitement demandé dans l'énoncé et rappelé oralement en début d'épreuve. En outre, lorsqu'il s'agit de faire des mesures angulaires, un nombre significatif de candidats font des erreurs d'unités d'angles (radian/degré) en utilisant par la suite les logiciels mis à leur disposition.

Rappelons encore que le résultat d'une mesure n'a de sens que s'il est accompagné de son unité et de son incertitude mais beaucoup de candidats évaluent mal ou pas du tout ces incertitudes.

S'agissant de l'incertitude expérimentale, une identification correcte des sources d'erreurs est aussi importante que leur estimation. L'erreur est cependant trop souvent uniquement attribuée à l'outil de mesure en oubliant totalement la façon dont la mesure est relevée.

Exemple 1 : la position d'une image est annoncée à $\pm 0,5$ mm au motif qu'elle est repérée avec une règle alors que la latitude de mise de point est de ± 10 mm.

Exemple 2 : pointé angulaire annoncé à $\pm 10''$ d'arc (résolution du vernier ou de l'afficheur du goniomètre) mais latitude expérimentale de pointé de $40''$ et plus.

Du point de vue statistique, quand on a la possibilité de répéter une mesure, on attend des candidats qu'ils fassent au moins deux relevés pour simplement valider la valeur obtenue. Lors d'un relevé de points expérimentaux, il faudra veiller à prendre plus de mesures aux alentours de points particuliers (minimum d'une parabole, rupture de pente, ...).

En électronique par exemple, le maniement des appareils de mesure (ici voltmètre, ohmmètre, oscilloscope) ne pose généralement pas de problème. Cependant, quand il y a des grandeurs variables (résistance, fréquence en l'occurrence), il y a souvent un manque de rigueur dans le plan d'expérience :

- prendre par exemple les deux fréquences extrêmes de l'intervalle suggéré ou/et le pire cas et pas seulement la plus basse (ou la plus haute ou une intermédiaire), ce qui peut limiter la portée de la conclusion ;
- chercher par exemple le minimum d'une parabole en prenant quelques points expérimentaux supplémentaires plutôt qu'en gardant un intervalle fixe sur la grandeur variant (en l'occurrence tension(résistance), delta entre deux résistances constant alors qu'il faudrait l'ajuster vers le minimum).

Il est important de préciser que lorsque pour certaines manipulations les appareillages permettaient l'acquisition de mesures via l'outil informatique, les candidats doivent savoir tirer profit de ces outils pour faire plusieurs mesures, surtout que le temps imparti le permet généralement.

Nous insistons encore une fois sur la nécessité pour les candidats de ne pas négliger cet aspect important des capacités dans le domaine de la mesure et des incertitudes qui est un élément clé dans la réussite d'une épreuve de TP de physique. Les difficultés expérimentales rencontrées par les candidats résultent non pas du manque d'initiative mais plutôt en grande partie d'une pratique insuffisante.

Exploitation des mesures expérimentales pour la validation d'une loi ou la détermination d'une valeur inconnue

Cette partie du TP, qui fait essentiellement appel aux compétences « réaliser », « valider » et « communiquer », n'est pas très bien acquise par les candidats. Le point le plus problématique pour un nombre très important de candidats concerne encore le traitement des données (tracés de courbes, affinement linéaire, simulation) à l'aide des logiciels (**Latispro, Excel, Qtiplot, Regressi**) mis à disposition lorsque cela est nécessaire.

Lorsqu'on mesure un paramètre en fonction d'un autre, tracer une courbe n'est pas un réflexe systématique. La validation graphique d'une loi physique par linéarisation n'est souvent que partiellement réalisée : l'obtention d'une droite à partir de données expérimentales doit faire l'objet du calcul de son coefficient directeur et de son ordonnée à l'origine afin de les comparer aux paramètres de la formule à démontrer. Bien souvent, les candidats se contentent de simplement constater que la variation est bien linéaire, ce qui est incomplet. Dans la même logique, faire une régression linéaire suppose que la fonction varie linéairement avec la variable, et doit s'accompagner des coefficients de corrélation afin de conclure quant à la validité de la méthode. Il est également très rare de voir discuter les causes de l'existence d'une ordonnée « parasite » à l'origine non prévue par la théorie (loi de Malus par exemple), et encore plus rare d'en proposer la correction. On attend des candidats qu'ils fassent preuve de sens critique quant à la validation d'une loi ou la détermination d'une valeur inconnue. Insistons sur le fait que l'exploitation des données expérimentales ne doit pas être bâclée par les candidats surtout lorsqu'ils ont réalisé des mesures correctes. C'est un point important à améliorer.

Rappelons ci-après quelques exemples inappropriés observés dans l'exploitation des données expérimentales :

- échelle peu appropriée, en particulier quand il y a deux courbes sur le même graphe avec des ordres de grandeur différents (pas l'idée de faire soit deux graphes, soit d'utiliser un double axe des ordonnées par exemple) ;
- essaie de tracer de courbe passant par tous les points expérimentaux ;
- deux points expérimentaux successifs reliés par un segment de droite ;
- oublie des titres (des axes ou le titre général), des légendes, des unités.

Rédaction d'un compte-rendu du TP

L'ensemble du travail donne lieu à un compte-rendu remis à la fin du TP. Cette compétence « communiquer » sur les résultats obtenus dans le cadre du TP reste toujours parmi les points faibles pour la majorité des candidats. En effet, les comptes rendus sont de qualités très inégales. Comme les autres années, trop peu de candidats savent consigner les résultats de leur TP dans un compte rendu-structuré. Certains candidats fournissent de très bons comptes rendus dans lesquels ils joignent tableaux et graphes bien référencés dans le texte. En revanche pour d'autres candidats, les comptes rendus sont trop souvent minimalistes : quelques phrases pour expliciter le protocole sans aucun commentaire sur la problématique physique, absence quasi-systématique de schémas légendés avec tracé des grandeurs physiques pertinentes, aucune analyse critique des résultats. Les candidats perdent beaucoup de points sur cet aspect rédactionnel. Les moyens informatiques mis à disposition doivent être une aide à la rédaction d'un compte-rendu structuré. En effet, certains candidats ont tendance à confondre fichier de données et compte-rendu de séance. Le fichier de données ne doit en aucun cas suppléer au compte-rendu du TP.

Nous insistons encore sur les points suivants :

- **Les candidats doivent savoir gérer le temps imparti pour rendre un compte rendu structuré à la fin de l'épreuve. Cet aspect fait partie des compétences à évaluer.**
- **Les résultats doivent être présentés sous forme de tableaux ou/et de courbes avec des échelles et légendes.**
- **les candidats doivent savoir tirer profit des équipements et outils informatiques mis à leur disposition pour non seulement exploiter leurs résultats expérimentaux mais aussi restituer un compte-rendu correct.**

En conclusion, nous recommandons toujours aux futurs candidats de ne pas négliger la composante expérimentale dans la formation. Il est primordial que les candidats prennent en compte la nécessité d'acquérir non seulement des compétences spécifiques mais aussi des capacités dans le domaine de la mesure, des incertitudes ainsi que du savoir-faire technique. L'épreuve de travaux pratiques de Physique de la session 2020 continuera à privilégier le réinvestissement des connaissances expérimentales acquises **par le candidat qui doit faire preuve d'autonomie, avoir l'esprit d'initiative et un sens critique de ses résultats face à une expérience inédite. L'examineur accompagne le candidat en assurant un suivi interactif de l'avancement du travail et de la réflexion du candidat tout au long de l'épreuve de TP de Physique.**