

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 2025, s'inscrivait donc dans ce cadre.

Les épreuves de TP de physique, pour la session 2025, se sont déroulés dans les locaux de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP).

1/ CONSIGNES GÉNÉRALES ET DÉROULEMENT DE L'ÉPREUVE

Mise en place

Pour l'épreuve de Travaux Pratiques de physique, le candidat a besoin, d'un stylo, d'un crayon à papier, d'une gomme, d'une règle. **La copie, pour rédiger le compte-rendu, le papier brouillon et une calculatrice 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 de son épreuve. Chaque examinateur a la charge de 4 candidats.

Le début de l'épreuve fait l'objet d'une introduction orale par l'examineur du TP. 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'examineur 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 si nécessaire 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'examineur. Cet échange permet par exemple à l'examineur de valider, si nécessaire, le choix du montage proposé par le candidat ou de débloquer 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 **rédiger un compte-rendu structuré.**

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

2/ BILAN DE L'ÉPREUVE 2025 ET REMARQUES

Capacité à concevoir et justifier un montage

Cette partie de prise de connaissance des informations théoriques détaillées et du matériel expérimental à la disposition des candidats constitue un point important dans l'appropriation par le candidat de son épreuve.

En optique, beaucoup de candidats cherchent à appliquer un protocole clé-en-main sans chercher à s'adapter à la situation demandée. Ils cherchent ainsi à reproduire des choses vues mais qui n'ont pas été comprises ni maîtrisées, au lieu de chercher à construire leur propre protocole adapté au sujet proposé, et avec les outils à leur disposition. Dans beaucoup de cas, ceci est lié au manque de recul des candidats sur des notions de physique élémentaires (optique géométrique de base encore peu maîtrisée pour une fraction non-négligeable d'entre eux, réseaux de diffraction perçus comme des boîtes noires, polarisation de la lumière encore mal comprise pour beaucoup de candidats...). Dans d'autre cas, ceci est lié à une idée répandue, mais fausse, chez les candidats qui veut qu'il existe une « meilleure méthode » qui doit à tout prix être utilisée pour avoir un maximum de points.

Trop de candidats commencent leur présentation de protocole sans présenter l'objectif avec leurs propres mots. Le vocabulaire de base est encore mal maîtrisé : différence entre diffraction et dispersion, l'autocollimation ...

Le tracé des rayons remarquables comme justification des montages reste encore assez peu maîtrisé, en particulier les systèmes à deux lentilles pour lesquels le tracé nécessite la maîtrise des propriétés des plans focaux

En magnétisme, cette partie de l'épreuve implique de prendre connaissance d'explications théoriques de 3 à 5 pages et d'identifier les éléments pertinents pour la conduite de l'expérience. Il faut ensuite concevoir le montage nécessaire pour mesurer les quantités utiles, mais aussi déterminer les courbes à tracer pour valider la loi théorique. La plupart des candidats ont correctement proposé (étant bien guidés dans ce sens par le sujet) une courbe dont la forme théorique attendue est une droite.

En électronique, pour les sujets qui nécessitent des montages électroniques, les documentations à disposition (identiques pour tous les candidats, au format papier et/ou sur ordinateur) constituent une aide précieuse que la plupart consultent attentivement et exploitent correctement pour réaliser le banc de mesures. Mais certains, contrairement aux indications données au début de l'épreuve, n'accordent pas un temps suffisant pour exploiter ces ressources.

Les manipulations à réaliser en électronique ne sont pas la répétition de travaux effectués en classe préparatoires. Encore trop de candidats veulent appliquer un protocole clé-en-main sans chercher à s'adapter à la situation demandée. Ils souhaitent ainsi reproduire des choses vues mais qui n'ont pas toujours été comprises ni maîtrisées, au lieu de chercher à construire leur propre protocole adapté au sujet proposé, et avec les outils à leur disposition. Dans beaucoup de cas, ceci est lié au manque de recul des candidats sur des notions de physique élémentaires et du vocabulaire associé.

En mécanique, mécanique des fluides et thermodynamique, les candidats sont fortement invités à s'interroger sur le matériel qui est mis à leur disposition, sur son fonctionnement, sur les concepts et grandeurs physiques ou chimiques qu'il mobilise. Cette réflexion leur permettra de mieux poser leurs explications et souvent de trouver des réponses simples aux questions pratiques qui leurs sont posées. Dans le cas des restitutions orales ou écrites, il est important, pour être à l'aise dans les explications, d'utiliser un vocabulaire scientifique, exact et approprié. De nombreux termes sont confus voir maladroits.

Capacité à réaliser des montages et observer un ou des phénomènes

Nous rappelons ci-après les erreurs rencontrées chaque année dans la réalisation des montages et l'observation des phénomènes.

Utilisation du goniomètre – Les candidats sont généralement capables d'identifier les éléments constitutifs d'un goniomètre (lunette, collimateur, ...) et de les décomposer en leurs composants élémentaires (fente, lentille de collimation, objectif, oculaire, ...). Ils arrivent également à régler l'instrument, 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'auto-collimation ? A quoi sert-elle ? De nombreux candidats ne se souviennent plus comment déterminer pratiquement le minimum de déviation. Ils proposent souvent de ne déplacer que la lunette et non le réseau). Quelle est la différence entre une simple mesure et une double mesure d'angle de déviation ?

Montages sur banc – Les éléments du montage sont montés à la va-vite dans leur support, rarement correctement alignés et les réglages transverses (centrage ou perpendicularité à l'axe optique) ne sont pour ainsi dire jamais considérés. Longitudinalement, rappelons qu'une image doit être nette : il faut bien souvent insister avant d'obtenir une mise au point digne de ce nom.

Optique géométrique – Les candidats maîtrisent mal l'optique géométrique/la formation des images. Beaucoup pensent que les images se forment « au point focal ». Les notions d'objet ou d'image à l'infini ne sont pas maîtrisées. Certains candidats pensent par exemple qu'il suffit de placer l'objet ou l'écran « loin sur le banc ». Les relations de conjugaison sont souvent appliquées en oubliant qu'elles font intervenir des valeurs algébriques. Lorsqu'ils ont besoin d'un faisceau collimaté, ils ne voient pas toujours comment le réaliser avec une source, une fente et une lentille.

Interférences/diffraction – Le principe de fonctionnement d'un réseau de diffraction est généralement connu. Cependant il y a encore des candidats pour lesquels un réseau ne fait que « diviser la lumière ». Trop peu de candidats utilisent le banc optique sur toute sa longueur pour établir une figure de diffraction exploitable.

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. Les polarisations non-rectilignes (par ex. elliptique ou circulaire, ou même une absence de polarisation) sont mal connues, si bien que dès qu'une polarisation est considérée comme autre chose

que linéaire, de nombreux candidats y voient immédiatement une polarisation circulaire, ce qui est quand même un cas fort particulier. Par ailleurs, la recherche des lignes neutres dans une lame d'onde (ou cristal biréfringent quelconque) semble être quelque chose de très compliqué pour certains candidats alors que cette compétence figure explicitement au programme.

Michelson – Le plus gros problème concerne les difficultés que peuvent rencontrer certains candidats à bien éclairer l'interféromètre de Michelson afin d'observer des figures d'interférences correctes lorsque l'interféromètre est préréglé. Fréquemment les réglages latéraux et/ou en hauteur ne sont pas vérifiés alors que tout est mis en place pour faciliter la tâche aux candidats afin qu'ils ne perdent pas trop de temps dans les réglages.

Magnétisme –

Pas de réelles difficultés sur ces montages si ce n'est l'utilisation des multimètres qui n'est pas maîtrisée par une part notable des candidats, ce qui est inquiétant :

- Pas de réflexion sur le choix du mode AC ou DC
- Certains pensent qu'il suffit de tourner le sélecteur pour lire la tension ou le courant dans le circuit c'est-à-dire que le branchement série/parallèle n'est pas acquis. L'appareil semble pouvoir « magiquement » tout mesurer : On a eu des réponses type « oui, c'est un multimètre, ça mesure tout »..

Electronique –

Un problème régulièrement rencontré est que les candidats sont, pour beaucoup d'entre eux, en difficulté devant un texte ou un schéma optique ou électronique. Ils ont du mal à traduire un énoncé de manière pratique. Les candidats sont en général peu enclins à s'emparer du matériel et à tester différentes configurations afin de s'en familiariser. Ceci conduit par exemple à des difficultés pour utiliser les plaquettes de câblage des circuits électroniques. Les candidats se précipitent sur les mesures sans suffisamment observer au préalable les variations des grandeurs en fonction d'un paramètre (fréquence, position, autres...).

Mécanique, mécanique des fluides et thermodynamique –

Même si certains candidats n'ont qu'une faible expérience en pratique, ils doivent être attentifs au respect des protocoles, mais aussi s'attacher à réaliser des mesures de qualité en s'interrogeant sur leurs pratiques. Cette démarche réflexive doit leur permettre de trouver le meilleur compromis entre nouveauté du matériel, qualité des résultats de mesure et temps imparti. De nombreux candidats consomment un temps précieux sur des activités et des réflexions accessoires, ou bien ne parallélisent pas certaines tâches, ou encore réalisent les mesures de manière trop lentes ou trop rapides, suivant le contexte, sans évaluer ces incidences sur la suite de l'épreuve.

Capacité à faire l'acquisition de mesures et à déterminer le cas échéant des incertitudes

Les nouveaux programmes ont mis à jour les connaissances que doivent acquérir les candidats en métrologie. Le contenu des restitutions orales et écrites des candidats amène à quelques commentaires.

Le calcul d'incertitude correspond à l'analyse physique ou chimique du processus de mesure pour déterminer la qualité d'un résultat, permettant par exemple de poser un jugement de manière la plus objective et documentée. Aucun futur ingénieur ne peut faire l'impasse sur ce sujet.

Cela nécessite d'une part de connaître le processus d'analyse du mesurage, et d'autre part de pouvoir relier les facteurs d'influence du processus de mesure avec les concepts et techniques mathématiques qui permettent de les quantifier.

Par exemple, les modèles de mesurage, certes limités dans le programme, mais associés à des processus d'analyse bien connus, ne sont pas assimilés, ce qui conduit les candidats à propager des variances relatives alors que le modèle est une somme.

Concernant la validation de modèle, en particulier linéaire, le choix des variables sur les axes (en lien avec les mesures réalisées et l'objectif visé) et des critères de validation ne sont pas encore maîtrisés par la majorité des candidats.

Optique –

Les mesures sont de qualité variable. **Les incertitudes ne sont pas maîtrisées.** Les candidats qui osent les calculer pensent que la plus grande source d'incertitude vient des capteurs, et non de leurs capacités à pointer la grandeur mesurée.

Un des points les plus problématiques est comme les autres années la mesure du rayon (ou du diamètre) des anneaux formés à la sortie de l'interféromètre de Michelson. Cette mesure toute simple – en particulier avec l'aide d'une caméra ccd – est le point de blocage pour de nombreux candidats, ceux-ci mesurant l'épaisseur des anneaux au lieu de leur diamètre ou leur rayon, ceci en dépit des remarques de l'examineur. L'observation du doublet du sodium avec un réseau est aussi mal comprise pour un nombre important de candidats. Les incertitudes calculées par certains candidats sont parfois beaucoup trop faibles ou au contraire énormes par rapport aux valeurs mesurées, mais cela ne semble pas surprendre ces candidats qui ne font aucun commentaire dans leur compte-rendu

Cas particulier de la mesure des angles au moyen du goniomètre

Rappelons que pour définir une déviation il faut deux droites... Pourtant, la mesure de la déviation angulaire d'un faisceau est parfois confondue avec le simple pointé de la direction émergente, de sorte que sont parfois annoncées des « déviations du faisceau de 340 degrés » en raison d'un amalgame entre « angle de déviation » et « position angulaire ».

Magnétisme –

Une fois le montage convenablement réalisé (ce qui parfois peut prendre presque les 3h pour les plus faibles), pas de soucis particuliers. Attention, certains se lancent dans une grande série de mesures (15 ou 20 points) et l'évaluation détaillée des incertitudes avant de les tracer sur l'ordinateur et s'apercevoir que quelque chose cloche.

Nos recommandations : faire rapidement quelques points sur une large gamme du paramètre et observer si la tendance est bien celle attendue. Si oui prendre plus de points, soignés et évaluer les incertitudes.

Electronique –

Trop de candidats ont des grandes difficultés à adapter leurs mesures à l'observation. Ils décident des mesures à faire et de l'échantillonnage sans tenir compte de ce qu'ils ont observé auparavant. Ils ne resserrent pas leurs mesures autour des variations rapides quitte à sauter les informations importantes.

Très souvent le nombre de points de mesures est insuffisant. Parfois c'est la répartition des points expérimentaux qui n'est pas adaptée : trop de points quand il y a peu de variations (plateau) et trop peu autour d'une valeur critique (résonance, seuil, fréquence de coupure, ...).

Les candidats appliquent les méthodes d'évaluation de l'erreur qu'ils ont apprises en cours sans les maîtriser pleinement. Ils utilisent en général la formule applicable sur une erreur systématique alors que dans beaucoup de nos manipulations, l'erreur faite est plutôt une erreur de mesure aléatoire. L'évaluation qu'ils font ne tient donc pas compte du nombre de mesures faites.

Mécanique, mécanique des fluides, thermodynamique -

On peut attendre d'un candidat qu'il connaisse les unités des principales grandeurs mécaniques (force, moment d'une force, vitesse angulaire) et qu'il sache identifier ces grandeurs (direction et point d'application pour les grandeurs vectorielles) sur un banc expérimental. Enfin, appréhender ces grandeurs au-delà de leur formule de détermination permet de mieux comprendre les dispositifs expérimentaux.

Concernant l'utilisation de logiciel de mécanique, les candidats doivent être attentifs au système qu'ils modélisent, qui doit être directement lié au banc qu'ils décrivent (sens des actions mécaniques, point d'application).

En thermodynamique, la connaissance des thermomètres (le thermocouple et le thermomètre résistif) devrait être un minimum. Si la distinction entre le régime transitoire et le régime permanent est bien comprise, les raisonnements mobilisant la température, le profil énergétique, la puissance thermique le sont beaucoup moins. L'inconfort des candidats se traduit par un retour systématique aux équations alors que la compréhension réside dans l'observation de ce qui se passe sur le banc d'étude.

Capacité à exploiter des mesures expérimentales - valider une loi ou déterminer une valeur inconnue

Les candidats passent énormément de temps sur les logiciels d'exploitation, et particulièrement Python. La plupart de ceux qui choisissent Python ne réalisent pas plus que la moitié du TP et passent complètement à côté de la physique en perdant beaucoup de temps sur l'aspect programmation, qui n'est pas le sujet de l'épreuve. **C'est une épreuve de TP de physique et pas un projet info**, mais pour ces candidats le temps de manip est bien inférieur au temps passé à programmer leurs graphes et régressions linéaires.

Alors qu'à partir des formules données dans les documents fournis aux candidats il peut paraître évident d'exploiter graphiquement les résultats obtenus afin d'obtenir une valeur plus précise de la grandeur recherchée, de nombreux candidats envisagent fréquemment soit de ne faire qu'un nombre très limité de mesures (parfois une seule) ou de faire une simple moyenne de leurs résultats pour trouver la grandeur recherchée.

Cas particulier des fentes d'Young

On constate encore cette année la forte proportion de candidats qui interprètent mal les graphes d'interférences-diffraction obtenus avec un jeu de fentes d'Young : ils sous-évaluaient énormément la largeur de la tâche centrale de diffraction en mesurant seulement la largeur de la raie centrale due aux interférences alors que toutes les informations étaient données dans les documents fournis.

Cas particulier de la modélisation de la loi de Malus

Des difficultés ont aussi été rencontrées de nombreuses fois pour la modélisation de la loi de Malus. Par ailleurs, l'idée de réaliser une régression linéaire plutôt que de faire une simple moyenne à partir de plusieurs mesures n'était pas automatique chez tous les candidats.

Cas particulier de la mécanique du transfert thermique

On note toujours des difficultés chez les candidats à expliquer, dans un contexte expérimental, ce qu'est le flux thermique, comment il est généré et comment alors le déterminer. Souvent, les candidats s'attachent à des déterminations indirectes. Le lien entre les variations de la température et du flux thermique sur le banc reste encore une source de difficulté. En mécanique, déterminer la direction d'un moment sur un banc en lien avec une force mesurée est loin d'être assimilée (sans la manipulation d'équation), les unités des moments et des forces ne sont pas encore bien différenciées. La compréhension des liaisons reste mal comprise par de nombreux candidats. En mécanique des fluides, la traduction de l'équation de Bernoulli sur un banc est problématique pour les candidats, surtout quand son expression change de forme (en termes de hauteur par exemple et que les mesures de pression sont faites en hauteur de colonne d'eau). La maîtrise des caractéristiques des fluides (parfait, newtonien) s'est améliorée et la viscosité semble mieux appréhendée par les candidats.

Cas particulier de l'électronique

L'exploitation des résultats expérimentaux passe par l'analyse des données obtenues qui sont présentées dans un tableau et très souvent par un jeu de courbes. Les tracés sont réalisés avec les logiciels utilisés en classe prépa et parfois sur papier avec les échelles adaptées (linéaires, semi-log, log-log).

Encore beaucoup trop de candidats ne mentionnent pas certaines informations : absence de titre sur le graphe, absence des noms des grandeurs portées sur les axes et absence de la valeur de l'échelle utilisée. Ces erreurs sont inacceptables à ce niveau.

Capacité à faire une restitution écrite ou orale de leur travail de TP

Le déroulé du TP associé aux nombreux outils mis à disposition doivent permettre aux candidats de faire une restitution orale (durant les échanges planifiés avec l'examineur) et écrite (compte rendu du TP). On constate encore malgré tout que les candidats perdent beaucoup de points en raison d'un compte-rendu trop souvent minimaliste : quelques phrases pour expliciter le protocole sans aucun commentaire sur la problématique physique, absence quasi-systématique de schémas légendés avec tracé des rayons et grandeurs physiques pertinentes, **pas de report des mesures brutes**, pas de détail sur la façon dont ces mesures ont été exploitées, et enfin, à peu près **aucune analyse critique des résultats**. Introduction et conclusion sont négligées alors qu'il faut absolument résumer en entrée le problème posé et se positionner en fin de rapport sur la résolution de celui-ci.

Cette année encore les comptes-rendus sont de niveau extrêmement hétérogène suivant les candidats. Trop de candidats négligent les schémas explicatifs propres permettant de situer leurs expériences. Les protocoles sont souvent écrits à la hâte, si bien qu'en l'absence d'un suivi oral pendant l'épreuve, il serait souvent impossible de savoir exactement ce que le candidat a mesuré, et surtout, dans quel but. Il est également frappant qu'un trop grand nombre de candidat n'indique pas d'unités sur les grandeurs mesurées. Enfin, **les données « brutes » ne sont, dans un grand nombre de cas, pas indiquées dans le compte-rendu, ce qui rend délicat de juger de la qualité du travail.**

Trop peu de comptes-rendus ont une introduction rédigée présentant l'objectif en faisant des phrases et non sous un format « Objectifs : », de même **la conclusion est rarement présente**. Elle permet pourtant de comparer des valeurs, préciser ou justifier les écarts ou juste montrer que la solution attendue fait sens, que le résultat soit cohérent ou pas (une longueur d'onde de laser vert qui n'est pas comprise dans la gamme spectrale du visible doit être précisée, le résultat est faux mais si le candidat identifie l'erreur, c'est toujours mieux !

Les règles de présentation d'une mesure : (valeur+/-incertitude) unités, avec harmonisation des chiffres significatifs sont encore trop peu respectées.

3/ CONCLUSION - PERSPECTIVES 2026

Les candidats doivent tirer profit des séances de travaux pratiques faites en classes préparatoires pour non seulement apprendre à être le plus autonome possible mais aussi pour développer des capacités d'analyse et d'esprit critique. Nous rappelons encore une fois qu'un effort doit être fait sur **la gestion du temps en TP** afin d'inclure la présentation des résultats obtenus (restitution orale, comptes rendus écrit).

Par ailleurs l'utilisation de Python durant les TP ne doit pas être chronophage. Rappelons que c'est une épreuve de TP de physique et pas un projet info.

En conclusion, les épreuves de TP doivent permettre aux candidats de mettre en valeur leurs aptitudes à s'approprier une expérience, à l'analyser, à réaliser un montage expérimental approprié, **à faire des mesures correctes, à déterminer les incertitudes associées et à valider les résultats obtenus en utilisant le(s) loi(s) appropriée(s) avec un sens critique**. L'examineur sera toujours aux côtés du 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

Nous souhaitons bonne révision et bonne chance aux candidats de la session 2026 des épreuves de Travaux Pratiques de physique qui se dérouleront à Paris dans les locaux de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP).