

2.3 - PHYSIQUE - Épreuve mixte - filières PC et PSI

Après avoir rappelé la nature et les exigences de l'épreuve mixte (I), nous insisterons ensuite sur les remarques et conseils relatifs aux aspects théoriques et pratiques et à la conduite d'épreuve (II).

Le présent rapport ne diffère pas, pour l'essentiel, de ce que nous avons déjà dit les années précédentes.

I) LA NATURE ET LES EXIGENCES DE L'ÉPREUVE MIXTE

L'épreuve mixte de physique, en plus des caractéristiques communes à toutes les épreuves de physique (A), présente des particularités importantes (B).

A) L'épreuve mixte de Physique présente des caractéristiques communes avec les autres épreuves de Physique

Le fait qu'il s'agisse d'une épreuve de physique rend évidemment applicables à l'épreuve mixte toutes les remarques et conseils formulés par les examinateurs et correcteurs des autres épreuves de physique.

L'épreuve mixte requiert d'abord une bonne maîtrise du cours dans tous les domaines du programme ; les interrogations portent non seulement sur les ondes et l'électronique, mais également sur la thermodynamique, la mécanique et l'électrotechnique (en PSI), en bref sur toutes les matières au programme. Le candidat doit donc savoir mobiliser en situation de façon pertinente ses connaissances et son savoir faire.

L'épreuve mixte requiert évidemment la capacité de développer un calcul ou un raisonnement nécessaire à la préparation, à la compréhension, à la modélisation, à la comparaison critique ou à l'exploitation du travail expérimental.

Le compte rendu remis en fin d'épreuve traduit les aptitudes du candidat à rédiger, à représenter et à synthétiser. Il est éventuellement enrichi grâce aux indications prodiguées par l'examineur en cours d'épreuve, afin que figure dans sa copie tout ce qui est pertinent pour l'exposé et la compréhension des phénomènes.

Le caractère oral de l'épreuve implique que le candidat sache s'exprimer, dialoguer, susciter, réagir, présenter de façon claire, concise et vivante ce qu'il a fait, et, le cas échéant, ce qu'il fait et ce qu'il va faire ou ce qu'il voudrait faire.

L'épreuve mixte requiert également de l'initiative personnelle et de l'autonomie : dans la conduite d'expérience, bien entendu, qu'il s'agisse de tester, de comparer, de mettre en œuvre, de proposer une application technique ou pratique, de mettre en perspective, de critiquer un modèle. Parfois, une indication indispensable au traitement de l'étude proposée a été sciemment omise par l'examineur et il appartient au candidat de s'en apercevoir, de la solliciter ou de faire part de sa perplexité.

Le candidat doit par ailleurs savoir tirer profit d'une documentation, qu'il s'agisse de la notice d'un appareil ou d'un composant, d'indications écrites ou orales. Il s'agit de bien appréhender le contexte de ce que l'on sait et de ce qui est fourni pour effectuer le travail demandé. A ce propos, on constate une proportion inquiétante de candidats ne sachant pas lire le texte, en particulier quand il s'agit de comprendre ce qui est demandé ou de trouver les indications nécessaires. Trop souvent, la lecture est partielle, hâtive.

L'architecture de l'étude proposée répond toujours à une certaine logique, tant pédagogique (progression dans la difficulté) que scientifique (la compréhension ou l'observation de certains phénomènes est parfois indispensable pour traiter la suite de l'épreuve). Il importe donc que le candidat se préoccupe en priorité de la logique de l'étude et de son exposé.

B) L'épreuve mixte de physique présente des spécificités marquées

L'épreuve mixte présente deux particularités concrètes qui la distinguent des autres épreuves :
- sa durée (une demi-journée),
- son caractère expérimental.

En outre, la mixité de l'épreuve se retrouve sous différents aspects :

- formes écrites et orales, aussi bien en ce qui concerne le candidat que l'examineur, qui a rédigé le sujet ou participé à sa rédaction, et qui dialogue avec le candidat ;
- dualité des aspects théoriques et expérimentaux, allers-retours nécessaires entre théorie, modélisation, et expérience,
- mise en œuvre de savoirs et de techniques provenant de divisions différentes de l'enseignement des deux années de classes préparatoires ; le candidat ne doit pas oublier qu'au delà d'une présentation des connaissances justifiée par des considérations pédagogiques et logistiques en cours d'année, il lui appartient de rapprocher et de transposer ses connaissances dans le contexte qui lui est proposé, de savoir opérer les analogies et les synthèses pertinentes.

L'épreuve mixte de physique permet ainsi de constituer pour le candidat un environnement qui se rapproche, tant dans son état d'esprit que dans ses modalités, de ce qui constitue l'activité d'un ingénieur confronté à un problème de mesure, de mise au point, de développement ou de compréhension / explication.

La durée de l'épreuve, la confrontation que constituent la discussion avec l'examineur et le comportement expérimental effectivement observé permettent à un candidat de revenir d'un choix malheureux, d'une maladresse ou d'une étourderie, ou au contraire de mieux étayer sa thèse confrontée aux objections et aux conjectures émanant de l'examineur. En particulier, les observations et les résultats d'expérience doivent notamment permettre de déceler la représentation, la théorie la plus adéquate, ou de proposer un modèle *a posteriori*, ou de réviser un calcul ou un développement théorique préliminaire erroné.

Le caractère long et complet de l'épreuve, les discussions avec l'examineur, sont propices à la maturation du raisonnement, au recoupement des résultats expérimentaux, à la mise en cohérence des observations et mesures avec les connaissances de base et les analyses. La contradiction entre résultats ou comportements expérimentaux et théorie ou modélisation ne doit surtout pas être systématiquement évitée pour le confort de la conviction, par paresse ou par désintérêt ; elle est parfois l'indice d'un défaut de raisonnement ou de mise en œuvre, mais peut tout aussi bien constituer le point de remise en cause (de la théorie, du modèle, de la valeur nominale) que l'examineur a voulu mettre en exergue et soumettre à la réaction contradictoire et raisonnée du candidat, dont on attend qu'il décèle la contradiction, fasse preuve d'esprit critique et d'honnêteté scientifique. Au-delà d'un volume de connaissances et de la maîtrise d'un certain nombre de savoir-faire, la démarche scientifique, l'attitude de l'ingénieur face à son environnement scientifique et humain, est capitale. Cet environnement, les examinateurs se sont efforcés de le constituer en miniature dans le cadre de l'épreuve mixte de physique, tant par l'étude proposée que par le rôle joué par l'examineur. Ainsi, l'examineur définit évidemment le cadre de l'étude, les grands axes d'investigation et le cahier des charges de la caractérisation et du développement, mais il joue également le rôle de la personne qui objecte, qui cherche à comprendre et à être convaincu ou détrompé ; au besoin, il offre au candidat en certaines circonstances de procéder sous ses instructions et desiderata à certaines opérations pour le délester d'une partie de la logistique. Il ne s'agit évidemment pas d'obéir constamment et servilement à l'examineur en exécutant la série des manipulations, mises en œuvre, mesures, analyses et calculs proposés ou suggérés par l'examineur parce qu'il dispose momentanément de prérogatives hiérarchiques à l'égard du candidat ; mais il ne s'agit pas davantage pour le candidat de s'accrocher à ses certitudes et de repousser a priori et sans discussion toute approche ou opinion dissidente. En résumé, le candidat doit avoir la double préoccupation d'étayer et de défendre ses choix, ses analyses, ses exploitations, et de prendre en considération les objections et questions de son environnement, ainsi bien entendu que les confirmations ou démentis apportés par l'expérimentation.

L'état d'esprit dans la conception des sujets proposés et des interrogations menées est commun à l'ensemble des examinateurs, il n'y a pas de sujet type. Dans certains cas, une partie théorique préliminaire est nécessaire, pour d'autres on doit démarrer tout de suite par des observations, des réglages, des mesures. Certains montages complexes sont donnés câblés au candidat, d'autres plus simples sont à concevoir (structure, valeurs des éléments), à construire et à tester (câblage, mise au point).

Pour les sujets très "ouverts", *i.e.* peu directifs quant aux connaissances à mobiliser, à la conduite d'expérience ou dans l'interprétation, l'initiative et l'à propos du candidat (y compris dans les interrogations et les suggestions dont il fait part à son examinateur) sont déterminants.

Pour les calculs compliqués, les mesures délicates ou répétitives, un outil approprié est fourni au candidat, mais on ne saurait le dispenser de savoir mener les calculs et les estimations les plus élémentaires.

II) REMARQUES ET CONSEILS

En résumé de ce qui vient d'être dit supra, ce sont déjà les qualités du futur ingénieur qui sont évaluées dans cette épreuve mixte : développer ; proposer des applications ; proposer un modèle ou une interprétation prédictifs ; resituer les phénomènes étudiés dans le canevas scientifique connu ; mettre en oeuvre une combinaison nouvelle de moyens connus ou mis à sa disposition pour répondre à un cahier des charges.

Les examinateurs élaborent leurs sujets et leurs interrogations en conséquence. L'étude proposée n'est pas une fin en soi, mais le moyen, l'instrument permettant d'apprécier les aptitudes du candidat et sa démarche scientifique.

Nous présentons ci-après les remarques et conseils les plus généraux (A), puis ce qui concerne les connaissances (B), la conduite des expériences (C), en rappelant enfin ce qui doit constituer l'essentiel du travail effectué par le candidat (D).

A) Remarques générales

Avant toute chose, il convient que le candidat ne considère pas théorie et signification pratique comme deux domaines non corrélés, d'autant que l'épreuve mixte vise principalement à faire établir cette corrélation dans le cas des montages étudiés. Par ailleurs, le qualitatif ne doit pas se réduire à des propos très vagues et imprécis ; le scientifique doit être capable de s'exprimer avec précision, rigueur et aisance autrement que par une série d'équations, à quelque niveau que ce soit, et donc également à l'occasion de l'épreuve mixte de physique. Sans aller jusqu'à considérer que le candidat doit expliquer sa démarche et son analyse à l'examineur comme s'il s'agissait d'un apprenti à qui il faille tout apprendre et tout expliquer, il ne faut pas à l'inverse que le candidat se contente de quelques mots-clés (« ça résonne », « ce sont des modes propres », etc.), comme on le ferait à demi-mot avec un initié, car l'examineur doit s'assurer que le candidat comprend et sait expliquer ce qu'il fait et pourquoi il le fait.

Descriptions et explications qualitatives constituent souvent un élément essentiel, et pas seulement un préalable ou un enrobage. D'autre part, ce qui peut être mesuré, calculé et modélisé avec précision doit l'être, surtout (mais pas seulement) lorsque la demande en est explicitement formulée par l'examineur. On déplore le manque de schémas ou les schémas bâclés et incomplets, même quand des figures claires et exhaustives (légendes, signe ou sens de parcours, ...) sont explicitement demandées, que ce soit pour illustrer une question de cours, une théorie ou un modèle, préparer une expérimentation, traduire l'observation d'un phénomène ou d'une loi de variation. Cette exigence, le futur ingénieur y sera confronté pour l'écriture d'un article, d'une étude, pour la présentation à des collègues de travail, pour la rédaction et la description d'un brevet, et plus généralement à chaque fois qu'il devra communiquer, expliquer et convaincre.

Les candidats doivent se préoccuper des ordres de grandeur. Pour inconnues que puissent être les valeurs à déterminer, le candidat ne doit pas sans état d'âme annoncer des puissances excédant celles des centrales nucléaires et donc manifestement indisponibles dans un laboratoire standard, des longueurs d'onde optiques de l'ordre du mètre, des célérités de propagation d'ondes électromagnétiques de quelques m/s, des capacités de plusieurs farads, des auto-inductances de plusieurs Henrys, etc... D'autre part, la comparaison systématique des temps caractéristiques intervenant dans une manipulation (périodes, temps de montée, durée de commutation, ainsi que les différents produits RC que l'on peut calculer à partir des valeurs intervenant dans le circuit étudié, y compris ceux des appareils de mesure et de visualisation) devrait être un réflexe plus systématique chez les candidats. La remarque vaut bien sûr pour toutes les autres grandeurs physiques.

Enfin, il convient de mettre en garde les candidats contre certains raisonnements passe-partout appliqués à défaut d'un examen attentif et approfondi de la question traitée. La relation fondamentale de la dynamique n'est pas toujours la plus adéquate en mécanique, il faut savoir le cas échéant raisonner en

intensité ou en charge et pas toujours en tension, en fréquence ou dans le domaine temporel suivant le contexte, etc.

B) Remarques relatives aux connaissances théoriques

De façon générale, de plus en plus de candidats affirment (ou extraient de la mémoire de leur calculatrice) sans démonstration ni commentaire des relations (exactes ou erronées, ayant ou non un intérêt pour l'étude entreprise) entre grandeurs physiques, mais sont incapables de les rétablir, d'en indiquer la signification, voire la simple provenance. Et comme les résultats du cours doivent souvent être transposés ou complétés dans l'étude proposée au candidat, celui-ci se trouve particulièrement démuni quand il ne lui reste que des formules auxquelles n'est rattachée aucune signification, et qu'il lui manque l'élément de compréhension fondamental qui seul lui permet d'aller au-delà de ce qu'il a appris et de généraliser ou de transposer les résultats du cours.

Passons maintenant en revue les différents domaines faisant l'objet des interrogations.

1) Electronique et électrotechnique

Certains « réflexes » sont essentiels :

- continuité de l'intensité dans les bobines,
- continuité de la charge des condensateurs,
- conservation de l'énergie.

Les candidats doivent pouvoir définir ce qu'est un composant passif ou actif, un comportement linéaire, un régime permanent ou établi, un interrupteur ouvert ou fermé !

Les calculs ne doivent pas être conduits aveuglément et de façon inélégante. Il faut que les candidats utilisent les grandeurs réduites, qu'ils rendent leurs calculs plus simples, plus fiables et plus lisibles.

Les circuits avec des diodes et des amplificateurs opérationnels en saturation posent toujours autant de problèmes aux candidats, par manque de méthode. Les raisonnements par l'absurde doivent parfois se substituer aux méthodes déductives infructueuses.

Une condition de validité n'est pas nécessairement une égalité ou une inégalité simple. Il faut penser à dire, par exemple, qu'une période est très petite ou très grande devant une constante de temps, une résistance très faible devant un produit $L\omega$, etc.

Les problèmes de masse sont toujours aussi mal appréhendés : les montages avec un seul fil sortant du générateur de fonctions et les composants reliés à la masse de part et d'autre ne sont pas rares. La notion même de référence de potentiel est méconnue et très souvent confondue avec la "terre" ou la connexion au boîtier de l'appareil, voire à la carcasse d'une boîte de résistances.

Le choix d'un raisonnement en courant, en tension, ou en charge n'est que trop rarement lié à l'analyse préalable du circuit.

La connaissance des modélisations de l'amplificateur opérationnel est insuffisante dans la plupart des cas. L'AO idéal est souvent assimilé avec la condition $(v_+ - v_-) = 0$.

Pour le condensateur, certains candidats semblent ignorer le rôle et les propriétés. Bien rares ont été encore cette année ceux qui l'ont envisagé comme un réservoir de charge se vidant ou se remplissant et qui ont pris la peine de suivre l'évolution des charges de ses armatures.

Il faut savoir définir et mesurer une bande passante à -3 dB, et savoir que cette notion fait intervenir des signaux sinusoïdaux.

Pour des structures simples tels les systèmes du premier ou second ordre, le lien entre les fréquences de coupure et des valeurs particulières le déphasage entrée-sortie semble inconnu.

Pour ce qui concerne l'identification d'un système du second ordre pour un régime libre pseudo-périodique, la notion de décrément logarithmique est utile et devrait être mieux connue et utilisée, notamment quand le signal a une valeur moyenne non nulle.

Pour ce qui concerne l'utilisation de l'estimation d'un spectre d'amplitude par FFT, il convient de bien comprendre que les mesures d'amplitude de raies sont des mesures relatives à un niveau de référence qui peut être arbitrairement choisi.

Beaucoup de candidats utilisent, improprement, la notation complexe en régime non linéaire.

Enfin, un nombre anormalement élevé de candidats méconnaît les propriétés des tensions et courants alternatifs, appliquant les lois du continu aux valeurs efficaces ; par ailleurs, contrairement à ce

qu'affirme une majorité de candidats, le rapport de la valeur maximale à la valeur efficace n'est pas toujours de $2^{1/2}$.

2) Ondes

Les notions élémentaires de géométrie et de trigonométrie ne sont pas suffisamment possédées par les candidats, et la calculatrice ne permet pas toujours de sortir de l'ornière, ce qui montre bien que les lacunes en question ne résultent pas d'un problème de mémorisation.

Les phénomènes de propagation en ondes électromagnétiques et ondes acoustiques sont mal maîtrisés. Les relations de passage des champs à l'interface entre deux milieux matériels sont très mal connues et mal appliquées.

La plupart des candidats a des difficultés à expliquer ce qu'est une onde stationnaire, et ce qui la distingue d'une onde progressive. Et quand l'onde réfléchie n'a pas la même amplitude que l'onde incidente et que la somme des amplitudes complexes ne se réduit pas de façon simple comme un produit de fonctions trigonométriques, les candidats ont la plus grande difficulté à expliquer et à exploiter leurs observations.

Certaines notions, comme celle d'impédance, restent exclusivement attachées pour les candidats aux parties du cours où ils les ont rencontrées, et restent dépourvues de signification générale.

Les notions sur les vitesses de phase ou de groupe, celles qu'on mesure dans telle ou telle expérience, de façon directe ou indirecte, sont on ne peut plus vagues. Ainsi, la majorité des candidats à qui on demande de mesurer la vitesse de groupe d'une porteuse modulée en amplitude ne sait pas trop si la vitesse qu'ils mesurent est caractéristique de la fréquence de la porteuse ou de celle de l'enveloppe.

Il faut que les candidats sachent transposer dans un domaine (l'acoustique par exemple) une notion (interférences et diffraction notamment) acquise dans un autre (comme l'optique). Ainsi, la notion de contraste d'un phénomène d'interférences s'applique aussi bien aux ondes centimétriques qu'aux ondes sonores et optiques.

3) Thermodynamique

On note une insuffisance des connaissances en thermodynamique, en particulier en ce qui concerne les définitions et les significations des grandeurs physiques.

Il faut par ailleurs rappeler aux candidats que les principaux résultats du cours se limitent aux états d'équilibre et qu'il convient de prendre toutes les précautions nécessaires pour travailler dans ces conditions.

L'incapacité de certains candidats à établir un bilan d'énergie les a conduits à passer à côté de l'esprit même de certaines manipulations proposées.

C) Remarques particulières à la conduite des expériences

Si certains candidats savent manipuler de façon performante et méthodique, ce qui signifie qu'ils ont investi dans la préparation aux épreuves pratiques, le niveau général laisse cependant encore à désirer, aussi croyons-nous utile de rappeler ce qui suit.

1) Expérimenter sans négliger l'exploitation

L'expérimentation est un élément indispensable de l'épreuve mixte, et les tentatives des candidats cherchant à éviter systématiquement toute expérience, ou faisant le choix délibéré de se limiter aux seules manipulations standard (relevé de caractéristique, d'un diagramme de Bode,...) s'avèrent particulièrement infructueuses et durement sanctionnées. Il ne s'agit pas non plus d'effectuer le maximum de manipulations et de mesures sans se préoccuper d'interpréter ou d'exploiter ; ainsi, nombre d'ordres de grandeur, de courbes, et même de relations affines, sont restées à l'état brut sans que les coefficients soient estimés et que la loi soit établie, justifiée ou utilisée par la suite. A ce niveau et s'agissant d'une

épreuve mixte, on attend du candidat autre chose que l'exécution servile et mécanique d'instructions données par l'examinateur ou par le professeur dans l'année.

2) La conduite d'expérience à proprement parler

Un minimum d'autonomie du candidat est attendu dans la conduite de l'expérimentation, et si les examinateurs viennent sortir les candidats de l'ornière pour les manipulations les plus simples, c'est évidemment au détriment de la note finale.

Beaucoup de candidats ont des difficultés pour choisir correctement les échelles d'observation (choix des calibres d'un multimètre, du temps de balayage d'un oscilloscope, d'un grossissement optique) et de représentation (échelles linéaires ou logarithmiques). On pourrait croire que l'utilisation de l'outil informatique et de la fameuse touche "AUTOSET" des oscilloscopes ont supprimé les difficultés des candidats, en leur donnant un signal de départ qu'il s'agit ensuite d'optimiser. Mais il n'en est rien, car l'automatisation ne va pas jusqu'à opérer les choix pertinents à la place du candidat et lui donner les critères d'optimisation. Ainsi, ce ne sont pas les particularités d'utilisation du matériel d'acquisition et de traitement des données qui posent problème aux candidats (qui sont très familiers avec ce type de matériel et auxquels on fournit les explications nécessaires à la demande), mais le choix raisonné et adapté des conditions de travail et d'exploitation.

Les qualités d'observation et la pertinence dans la description des observations sont évaluées par les examinateurs, qui sanctionnent le manque de rigueur et le travail bâclé.

3) Précision des résultats & incertitudes

Donner un minimum d'indications sur les incertitudes ou les causes possibles d'incertitudes (quand une estimation quantitative est difficile) devrait être un réflexe. Mais même lorsqu'elles sont explicitement demandées, il est très difficile de les obtenir. Par ailleurs, c'est presque toujours le dernier chiffre donné par l'appareil de mesure qui est donné par les candidats comme incertitude sur la grandeur mesurée, même lorsque ceux-ci ont pu constater expérimentalement que l'incertitude était beaucoup plus importante. Nous rappelons donc que le processus de mesure est une chaîne, dont l'afficheur du multimètre ou le tableau de mesure de l'équipement d'acquisition ne sont que le dernier maillon, et que nous attendons des candidats qu'il fassent preuve d'esprit critique quant à la signification et à la précision des résultats expérimentaux qu'ils obtiennent.

4) Remarques particulières aux épreuves de salle claire

Sous cette rubrique, on trouve des manipulations d'électrocinétique, d'électronique, de conversion de puissance, de machines tournantes, mais aussi des manipulations d'ondes électromagnétiques, d'ondes sonores et de thermodynamique qui sont étudiées à l'aide d'appareillages électroniques (oscilloscopes numériques, cartes d'acquisition de données...) connectés à des ordinateurs. Un logiciel de traitement des données ouvert permet aux candidats d'exploiter rapidement leurs mesures et d'avoir plus de temps pour dégager le sens physique de la manipulation.

Insistons d'abord inlassablement sur la nécessité de bien maîtriser l'utilisation de l'oscilloscope. Les problèmes les plus fréquemment rencontrés sont :

- la difficulté à stabiliser la courbe affichée,
- l'oubli de calibrer les amplificateurs avant de faire des mesures
- le mauvais choix du type de couplage, AC ou DC,
- le mauvais choix du gain et de la base de temps pour observer et mesurer dans des conditions optimales.
- l'utilisation mécanique de la touche « Autoscale » ou « Autoset » comme remède aux difficultés de réglage rencontrées par le candidat, non suivie d'une adaptation des réglages aux tensions étudiées.

Plus généralement, de gros progrès sont à faire sur le bon emploi des appareils de mesure. Le candidat doit se soucier des conditions dans lesquelles il obtient un nombre, de la précision de sa mesure, de l'étalonnage des appareils (zéro de l'oscilloscope ou du microvoltmètre, par exemple). Ainsi, il ne faut pas confondre indicateurs (curseurs et cadrans d'un générateur, d'une alimentation) et appareils de mesure, surtout quand la précision de la mesure est critique.

Le principe de la mesure en dB, de l'échelle logarithmique, doit être assimilé.

Les méthodes de mesures élémentaires, la détermination d'une caractéristique courant-tension par exemple, font partie du bagage expérimental exigible des candidats.

Concernant la mesure précise de constantes de temps, la méthode de la tangente n'est pas la plus précise ; il faut savoir définir et mesurer un temps de montée ou de descente de 10 % à 90 %.

Le nombre de composants, d'appareils et de connexions nécessaires, est toujours très limité. Il faut cependant réaliser les branchements dans un ordre logique et faire les tests simples qui évitent de travailler sur des circuits incorrects. En premier lieu, il convient à chaque fois de faire précéder le câblage par un schéma clair, fonctionnel et complet du montage et des connexions des appareils de mesure, même quand ceci n'est pas explicitement demandé dans l'énoncé du sujet.

Nous encourageons vivement les candidats à :

- travailler *a priori* en DC, notamment pour ne pas s'étonner si les créneaux deviennent des morceaux d'exponentielles et les A.O.aturent sans qu'on le sache ; certains candidats hélas ne savent même pas le rôle exact du couplage AC d'une entrée d'oscilloscope, et encore moins comment est réalisé ce type de couplage !

- calibrer les amplificateurs et la base de temps avant de faire une mesure,
- utiliser le maximum de carreaux,
- utiliser le déclenchement pour obtenir une courbe utilisable,
- utiliser, sans que ce soit une obligation, les fonctions avancées comme les curseurs horizontaux et verticaux des oscilloscopes numériques (en se méfiant toutefois des calculs tout faits, comme la valeur efficace d'une tension continue).

- observer le comportement des circuits dans une large gamme d'amplitude et de fréquence, dans un premier temps,

- regarder alors préférentiellement les indications données par les instruments de mesure ou d'observation, plutôt que les boutons qu'ils actionnent,

- ne pas tarder à représenter leurs tableaux de mesures au lieu d'accumuler de façon mécanique et non raisonnée des tableaux de valeurs,

- s'intéresser davantage, et avec plus de précision, aux points et aspects remarquables (minimums, courbes, segments de droites,...),

- vérifier systématiquement les valeurs des résistances, des capacités et, plus généralement, le bon état de fonctionnement des composants qu'ils utilisent, les appareils permettant cette vérification étant à leur disposition,

- ne pas omettre d'extraire du circuit le composant à tester,

- ajouter une petite résistance pour observer l'intensité dans une branche de circuit.

- avoir un regard critique sur un résultat obtenu de façon automatique.

Enfin, il s'avère que plusieurs années après l'apparition des nouveaux programmes, certains candidats de PSI n'ont à l'évidence jamais manipulé de machine, ce qui conduit à des aberrations comme la mesure du courant en parallèle sur la charge, et un frottement solide devenu une force de rappel proportionnelle à la position angulaire de l'arbre. Plus grave, on a constaté que de nombreux candidats n'avaient aucune sensibilisation aux précautions nécessaires au maniement des courants et tensions élevés.

5) Remarques particulières des examinateurs d'optique

Les mêmes causes produisant les mêmes effets, cette année encore, nous signalerons des lacunes récurrentes dans les connaissances exigibles au Concours. Ce déficit nous conduit à poser la question de la place de l'optique dans l'enseignement de première et de deuxième année : les candidats ne consacrent plus assez de temps à cette matière dont la compréhension est moins immédiate que celle d'autres parties du programme. Ce constat est valable pour les connaissances théoriques et plus encore pour la pratique expérimentale. Faut-il y voir une corrélation avec le fait que c'est un enseignement de « dernière minute » dans le cadre d'un programme chargé ?

On peut noter plus particulièrement les points suivants :

a) Optique géométrique : réflexion totale et réfraction limite. Lames à faces parallèles : déplacement du faisceau et image dans l'approximation de Gauss. Goniométrie du prisme : lecture du vernier, autocollimation, méthodes de mesure des angles, réglage de l'appareil. Alignement d'un banc d'optique, formules de conjugaison des lentilles minces.

b) Interférences à deux ondes : savoir régler un système simple diviseur de front d'onde et obtenir des franges sans laser (même si certains appareils utilisés ne sont « *pas exigibles au concours* », comme l'indiquent les commentaires du programme, ce que l'on attend est la pratique de réglages très délicats, la mesure d'interfranges...)

c) Interféromètre de Michelson : une bonne nouvelle cette année, rares sont les candidats qu'il faut aider pour parvenir au réglage de la teinte plate, à l'exception de quelques irréductibles qui forment un coin d'air avant la translation. On note parfois encore quelques difficultés pour le réglage par parallaxe des anneaux d'égale inclinaison.

d) Diffraction de Fraunhofer : si les aspects théoriques sont connus, on ne peut en dire autant de la pratique qui reste hasardeuse. Le candidat ne doit pas oublier qu'un système d'acquisition d'image va toujours restituer un résultat...Ce résultat est-il bien la figure de diffraction souhaitée ?

e) Etude des réseaux : curieusement il s'agit d'un domaine où les lacunes sont les plus fréquentes, malgré leur étude en TP cours puis en TP durant l'année. Le repérage des ordres, la mesure des angles et leur orientation sont sources de difficultés sans fin. Les calculs d'incertitude, quand ils existent, sont presque toujours faux et exempts de sens physique.

f) Propagation des ondes : déjà maintes fois signalées, les lacunes concernent tant les ondes progressives que les ondes stationnaires. Les relations de passage des champs sont toujours mal connues et leur application à des situations concrètes restent sans réponse. Les difficultés sont les mêmes pour les ondes de matière.

g) Techniques de calcul : les modèles proposés aux candidats sont presque toujours très simples et réclament plus de bon sens que de connaissances mathématiques avancées. On regrette en revanche un manque de savoir faire en trigonométrie, et surtout en géométrie, pour exploiter des schémas simples. La pratique du calcul d'incertitudes reste très insuffisante, et la quasi totalité des candidats ne sait pas que l'erreur $\Delta\theta$ de mesure d'un angle doit s'exprimer en radians et non en minutes ou fractions de degrés.

h) Figures et schémas : nous constatons assez souvent que les schémas et figures, qui traduisent sur le papier les expériences, ne reflètent pas exactement ce qui s'est passé sur le terrain. Ce manque de rigueur est sanctionné, surtout si le candidat, prévenu par l'examineur, n'arrive pas à redresser la situation en faisant preuve de bon sens et d'esprit critique.

i) Ordres de grandeur et unités : l'usage systématique de calculatrices conduit à une perte de référence vis à vis des grandeurs usuelles de la Physique en matière d'ordre de grandeur, d'unités et de chiffres significatifs d'un résultat. Cette absence de mémorisation de certains repères pourtant classiques ne laisse pas les candidats indifférents. Ceux-ci ont beaucoup de mal, sans connaître les réponses, à estimer la validité de leurs mesures.

j) Qualité du compte rendu : quelques candidats ont la désinvolture de rendre des comptes du type brouillon-torchon...ce manque de courtoisie est apprécié à sa juste valeur. La qualité de la rédaction, l'expression française, la clarté des schémas et des explications, l'orthographe enfin sont des qualités très appréciées des examinateurs. Il apparaît un problème de vocabulaire, qui n'est sûrement pas cantonné au montage d'optique. Les candidats ont beaucoup de mal à construire des phrases correctes, en utilisant les mots justes, permettant de répondre correctement à l'examineur. On entend par exemple : les miroirs interfèrent !...etc. Ceci est très ennuyeux pour un futur cadre dirigeant d'entreprise. Il va de soi que cette façon de mal faire entre en jeu dans l'évaluation, donc pour la notation du candidat.

D) Ne pas perdre de vue l'essentiel

Les différentes phases de l'épreuve participent d'une logique d'ensemble, aussi le traitement optimal du sujet proposé ou d'une sous-partie exige que le candidat ait traité correctement l'ensemble des questions et des expérimentations associées. Mais il est fréquent qu'un candidat n'ait pas réuni tous les éléments demandés, ou que certains de ces éléments soient erronés, qu'il s'agisse d'une notion de cours

mal maîtrisée, d'un calcul malmené, ou de mesures mal effectuées. L'examineur intervient alors plus ou moins selon la difficulté de la tâche demandée et la nature des erreurs, en soulevant des contradictions non mises en évidence par le candidat, en suggérant une méthodologie, en proposant le montage ou le mode de mesure adéquat, voire en restreignant l'étendue de l'étude de telle sorte qu'elle puisse être conduite par le candidat pendant le temps qui lui reste imparti. Mais si la discussion avec l'examineur et les pistes qu'il suggère au candidat sont des indications à ne pas négliger, il appartient en principe à ce dernier d'opérer en les justifiant les adaptations et les bifurcations appropriées aux situations auxquelles il est confronté.

En toute hypothèse, il convient de ne pas perdre de vue qu'il s'agit d'une épreuve de physique pour de futurs ingénieurs, aussi le candidat ne doit pas oublier qu'il doit avant tout faire de la physique et se comporter en physicien. Ceci implique qu'il se préoccupe de la correspondance entre les aspects théoriques et expérimentaux de son étude, en particulier en ce qui concerne l'interprétation des phénomènes observés, et qu'il doit mettre en perspective ce qu'il fait, en proposant le cas échéant des applications, des perfectionnements, voire des solutions qui lui paraissent mieux adaptées que celles qui lui ont été proposées.