



## CONCOURS CPGE-BCPST - SESSION 2024 Épreuve orale

---

### RAPPORT DE L'ÉPREUVE ORALE DE CHIMIE

L'épreuve orale de chimie de la session 2024 s'est déroulée dans la continuité de celle de 2023. Le rapport ci-dessous reprend donc en grande partie le rapport de la session 2023.

#### Modalités, déroulement de l'épreuve

Il était demandé aux candidats de répondre à deux questions : une question dite « simple » et une question dite « ouverte » associée à un nombre limité de documents permettant de répondre à la problématique posée ; la question simple servait d'appui à la résolution de la question ouverte. Les candidats disposaient de 30 minutes de préparation dans une salle dédiée (mouvement entre salles compris). Les candidats ont ensuite été invités à présenter et développer leur réflexion durant 30 minutes à l'examinateur. Le déroulement de l'épreuve leur a été systématiquement rappelé au début de l'entretien, à savoir que la question simple devait être traitée dans un délai maximal de 10 minutes et que la suite de l'entretien permettait d'échanger autour de la question ouverte. Cette démarche avait pour but de les rassurer et de les mettre à l'aise malgré un contexte inévitablement particulier pour les candidats.

Lors de la préparation comme lors de l'échange, les candidats disposaient de la classification périodique des éléments, d'une table de données physiques, du cercle chromatique, des tables de données spectroscopiques infrarouge et RMN du proton, d'une table de potentiels standard d'oxydoréduction, ainsi que de notices simplifiées pour les différentes fonctions en langage Python figurant au programme de BCPST. Aucune calculatrice n'était autorisée pendant ce temps de préparation, la calculatrice du candidat pouvait être utilisée pendant le temps de passage.

L'évaluation des candidats a été effectuée par champs de compétences : compréhension de la problématique, stratégie de résolution mise en œuvre, critique de la démarche scientifique, communication avec l'examinateur. Cette évaluation a permis d'identifier des candidats particulièrement méritants, faisant montre d'une excellente maîtrise du cours, d'une capacité à mobiliser de manière méthodique les compétences du programme et à résoudre des problèmes complexes et d'une aisance à la communication écrite et orale. À niveau scientifique équivalent, les candidats dynamiques ont été favorisés. Les domaines de la chimie abordés étaient variés : structure de la matière, chimie organique, analyse chimique, transformations en solution aqueuse, thermodynamique chimique, cinétique chimique. Les capacités numériques ont été mobilisées et évaluées lors de la résolution de questions ouvertes, ce qui a concerné environ 25 % des sujets.

Pour chaque problématique posée, plusieurs approches de résolution étaient parfois possibles. L'examinateur disposait donc de guides de résolution et d'évaluation élargis. L'évaluation a ainsi été effectuée sur des points scientifiques précis au programme de BCPST, dans un contexte scientifique de haut niveau. L'examinateur pouvait être amené à guider les candidats au cours de l'échange pour qu'ils puissent être évalués sur tout le panel de compétences et ont tenu compte de l'ambition du contenu scientifique des sujets.

Le jury était composé d'une douzaine d'examineurs d'origines variées : enseignants en CPGE, en BTS ou à l'université. L'une des principales préoccupations des membres du jury était de préserver l'équité des candidats lors de leur évaluation. Pour la garantir, un travail d'harmonisation a donc été accompli, que ce soit à l'échelle de chaque sujet ou sur leur ensemble.

## **Remarques générales et conseils pour les futurs candidats**

Le jury a apprécié le comportement global des candidats, qui étaient pour la grande majorité polis, respectueux et agréables à écouter. Il convient de rappeler tout de même qu'une tenue simple mais correcte est attendue, et que tout comportement nonchalant est à éviter. Le port d'un sweatshirt mentionnant le lycée d'origine du candidat est à éviter, tout comme la mention du lycée ou du centre d'examen sur la calculatrice. Enfin, il n'est pas recommandé de présenter de manière directe ou non, une convocation à un autre concours et qui pourrait influencer le jury. Le jury a constaté de nombreux retards aux épreuves, notamment pour le premier créneau de la journée. Il recommande donc aux futurs candidats de tenir compte des éventuelles difficultés de transport dans leurs déplacements.

Le dynamisme des candidats a été pris en compte dans leur évaluation. Le jury a noté leurs réactions, leurs commentaires, leurs explications. Certains candidats ont attendu l'approbation de l'interrogateur pour poursuivre leur exposé. Au contraire, c'est leur autonomie dans la démarche de résolution qui a été valorisée. Le jury attendait des candidats qu'ils soient inventifs, tout en justifiant leurs raisonnements. Ils étaient amenés à présenter des résultats quantitatifs. L'évaluation était certes liée aux qualités de communication des candidats, mais l'épreuve reste une épreuve scientifique.

Durant la préparation de leur prestation, les candidats disposaient d'un sujet contextualisé accompagné d'un nombre limité de documents permettant de résoudre la question ouverte et qu'il convient de prendre connaissance avant l'échange avec le jury. La question simple et des indications écrites en italique en bas de page du sujet permettaient de guider les candidats vers les domaines de la chimie susceptibles d'être abordés lors de l'échange. Le temps de préparation devait donc être utilisé pour analyser ces différents points afin de construire leur argumentation.

Durant l'échange, les interrogateurs ont cherché à optimiser les 30 minutes d'interrogation afin de s'assurer que l'ensemble des pistes envisagées par les candidats pendant la préparation puissent être présenté. Le jury ne recommande pas l'utilisation explicite d'un chronomètre personnel et qui est généralement « mal déclenché » par les candidats. L'épreuve commence lorsqu'ils entrent dans la salle d'interrogation et elle se termine quand ils en sortent. Une indication du temps restant peut ainsi être donnée à la demande du candidat à tout moment. Enfin, quelques candidats ont oublié leur calculatrice personnelle, dont l'utilisation est pourtant autorisée pendant la présentation orale.

L'utilisation du tableau est indispensable pour exposer sa réflexion. Ce support au discours doit permettre d'illustrer, de schématiser les raisonnements. Les candidats peuvent aussi utiliser de la couleur pour mettre en évidence les points importants de leur argumentation ou pour aider l'interrogateur à la compréhension de leurs explications.

## **Remarques en lien avec la question simple**

Comme l'indiquait la notice, la question simple devait être traitée dans un délai maximal de 10 minutes. Bien qu'il s'agisse d'un temps maximal, l'exercice ne consistait pas à traiter cette question en 1 minute à peine. La question simple est systématiquement proche du cours. Le but était donc de présenter de manière complète les points explicitement attendus dans l'intitulé de la question, sans que l'examineur ait à demander de précisions supplémentaires. La connaissance et une maîtrise du cours de BCPST1 et BCPST2 sont donc indispensables pour traiter correctement cette partie de l'entretien. Le jury attendait l'utilisation d'exemples concrets et adaptés plutôt qu'une présentation générique des points demandés. Par exemple, l'utilisation de la notation «  $R-X + Nu^- = R-Nu + X^-$  » ne permet pas de présenter de

manière claire la distinction entre une  $S_N1$  et  $S_N2$ . Par ailleurs, le jury recommande vivement l'utilisation du tableau pour la résolution de la question simple ; ce dernier permet ainsi aux candidats d'appuyer leur exposé.

Exemples de questions simples proposées en 2023 et 2024 et susceptibles d'être évaluées en 2025 :

- Évolution temporelle d'un système chimique : loi de vitesse et détermination de l'ordre dans le cas d'une réaction admettant un ordre. On pourra prendre l'exemple d'une réaction d'ordre 1.
- Spectroscopie UV-Visible : principe et application à un dosage.
- Premier principe de la thermodynamique : bilan d'enthalpie pour un système siège d'une transformation chimique isobare.
- Conductimétrie : principe, matériel, application au suivi d'un titrage.
- Potentiométrie : principe, montage et application au titrage d'un réducteur de votre choix.
- Principe de fonctionnement d'une pile : schéma, potentiel d'électrode, tension à vide-
- Mise en solution d'un solide ionique : solubilité, produit de solubilité, exemples et condition de précipitation d'un solide ionique.
- Synthèse d'amide : bilan, conditions opératoires et mécanisme.
- Protection et déprotection au sein d'une stratégie de synthèse multi-étapes : intérêt et exemples. On se limitera à la protection et déprotection de deux fonctions au maximum.
- Hydratation-hydrolyse des nitriles : bilan et mécanisme.
- Synthèse d'un organomagnésien mixte : bilan de la réaction, conditions et précautions opératoires, montage.
- Exemples de réactifs nucléophiles permettant la création d'une liaison C-C.
- Synthèse d'un ester à partir d'un acide carboxylique : bilan, conditions opératoires et mécanisme.

## Remarques en lien avec la question ouverte

Le jury n'attend pas une lecture complète de la question ouverte et des indications données en bas de l'énoncé, ni même une « lecture » linéaire de chacun des documents à disposition au début de l'exposé. L'exercice consiste à analyser et à s'appuyer sur les documents à disposition pour répondre à la problématique posée. Il a été apprécié des candidats une brève introduction de la problématique et de la démarche envisagée pour y répondre. La question ouverte explore parfois plusieurs aspects d'un problème (exemple : synthèse et titrage d'une molécule). Aucun ordre préférentiel dans le traitement n'est attendu par le jury. Les candidats ont donc avantage à commencer par les aspects pour lesquels ils ont le plus d'aisance.

## Erreurs régulièrement rencontrées

- Le bilan d'une réaction, que ce soit en chimie organique ou chimie inorganique, doit être ajusté.
- Un nombre non négligeable de candidats réalisent des bilans sur des masses de réactifs ou de produits au lieu de raisonner en quantité de matière.
- Lorsqu'ils considèrent une transformation acide-base, que ce soit en chimie organique ou en chimie inorganique, les candidats sont invités à expliciter les pKa des différents couples impliqués pour appuyer leur raisonnement. La connaissance des pKa exigibles dans le cadre du programme de BCPST est donc indispensable.

## Chimie organique

- La confusion entre groupement et fonction chimique (hydroxyle pour alcool, carbonyle pour cétone...) a été régulièrement rencontrée.
- La confusion entre alcool et phénol a été récurrente.

- Les mécanismes ne doivent pas être systématiquement écrits lors d'une synthèse organique. Il est préférable d'insister sur le choix des conditions expérimentales notamment lorsqu'une banque de réaction est à disposition. Le jury ne recommande pas aux futurs candidats d'écrire de manière complète un mécanisme du cours sur leur brouillon lors de la préparation afin d'optimiser le temps qu'ils ont à leur disposition (exemple : acétalisation, estérification).
- Lors de l'écriture d'un mécanisme réactionnel, il faut prendre la place et le temps de l'écrire en entier et de le mettre en valeur en le commentant au fur et à mesure. Les mécanismes « dynamiques », sur une seule molécule dessinée au tableau et « transformée » au fur et à mesure des étapes, ont été sanctionnés. La représentation des différentes formes mésomères d'un même composé n'est pas toujours nécessaire. Enfin l'écriture de chaque étape sur une ligne différente (répétant la structure des intermédiaires) peut conduire à une perte de temps importante.
- Il est inutile de recopier au tableau de grosses molécules à moins que cela ne permette d'appuyer une analyse de la structure de cette dernière au regard des réactifs utilisés. Il est tout à fait possible de présenter des mécanismes en simplifiant les molécules. Cependant, le jury attend que les candidats expliquent leur simplification. Les notations « N=R » ou « C=R » ne sont pas des notations acceptables.
- L'analyse initiale de la structure d'une molécule dont on cherche à proposer une synthèse est parfois trop superficielle pour être une aide à la résolution de la synthèse. L'identification rigoureuse des atomes des composés à disposition, des atomes surnuméraires ou manquants, une description des liaisons créées entre les composés à disposition en termes de fonction chimique et des fonctions chimiques présentes dans les composés à disposition doivent permettre aux candidats de proposer une ébauche assez poussée d'un chemin de synthèse. Les candidats peuvent également indiquer les carbones afin de vérifier la cohérence des structures proposées, notamment pour les propositions impliquant des modifications du squelette carboné.
- Une question sur les conditions opératoires attend, entre autres, la précision des composés effectivement utilisés. Si « H<sup>+</sup> » est acceptable dans l'écriture d'un mécanisme réactionnel, il faut en préciser l'origine dans les conditions opératoires (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(aq), APTS,...). Solvant et température sont également attendus pour certaines transformations afin de compléter une description des conditions opératoires (par exemple pour la synthèse d'un organomagnésien mixte). Les équipements particuliers (addition goutte à goutte, décanteur de Dean-Stark...) peuvent aussi être précisés ici.
- L'étude de spectres infrarouge ou RMN du proton est parfois difficile. Certains candidats se sont focalisés sur les tables en oubliant la molécule et ont parfois attribué un signal à une liaison ou un type de proton qui n'était pas présent sur la molécule. Le nombre d'onde en spectroscopie IR ne doit pas être attribué à une fonction mais à la vibration d'une liaison.

## Chimie générale

- Lorsqu'il est demandé de proposer une méthode ou un protocole pour doser une espèce chimique, le but est de déterminer concrètement comment procéder à ce dosage. Pour un titrage par exemple, cela passe par la préparation de l'échantillon, le choix de la solution titrante et sa concentration, la méthode de repérage de l'équivalence. Pour cela, il est indispensable d'écrire avant tout l'équation support du titrage.
- Lors de titrages impliquant par exemple une masse donnée de réactif titré, de nombreux candidats s'imposent de calculer la concentration titrée plutôt que de raisonner en quantité de matière.
- Certains candidats proposent d'emblée un titrage indirect, sans être capable de justifier leur choix d'une telle méthode par rapport à un titrage direct.
- L'utilisation de la règle dite du gamma est généralement source de confusion et ne permet pas de justifier du caractère total ou non d'une réaction chimique.
- Les termes endo / exo-thermique et end / ex-ergonique sont souvent confondus et leur interprétation également.

- Le premier principe et son application à la détermination d'une température dite « température de flamme » a posé de nombreuses difficultés. Les candidats ont montré des difficultés dans les définitions des fonctions d'états, dans l'utilisation des hypothèses et dans la construction d'un cycle thermodynamique.
- Remplacer au tableau des grandeurs littérales par leurs valeurs numériques avant de taper le calcul sur la calculatrice fait perdre inutilement du temps aux candidats.
- Une constante thermodynamique d'équilibre est une grandeur adimensionnée. Les constantes thermodynamiques d'équilibre ont été parfois exprimées à partir de la loi d'actions de masses plutôt qu'à partir des grandeurs standard de réaction (comme dans le cas d'une réaction d'oxydo-réduction).
- La perturbation d'un système à l'équilibre doit passer par la comparaison du quotient de réaction avec la constante thermodynamique d'équilibre.
- Lors d'un calcul de variance, la formule de Gibbs n'est pas au programme de BCPST.
- Le calcul d'un nombre d'oxydation d'un élément chimique au sein d'une espèce pour justifier la place d'une espèce chimique dans un diagramme potentiel-pH est parfois très laborieux.
- En cinétique chimique, les candidats n'ont pas suffisamment étudié la question de savoir si une réaction était un acte élémentaire ou s'il fallait en étudier le mécanisme. Le réflexe était de considérer le coefficient stœchiométrique de l'espèce comme l'ordre partiel.
- La définition de la vitesse d'une réaction, comme dérivée temporelle de l'avancement, était souvent mal connue.
- La définition de l'absorbance a posé régulièrement des difficultés aux candidats.
- Afin de déterminer les coordonnées d'un point sur une droite, une lecture graphique est moins précise que l'exploitation de l'équation de la droite si cette dernière est fournie.

## Techniques expérimentales

Si l'établissement d'un protocole expérimental peut faire l'objet d'une question ouverte à part entière, le jury a également évalué aussi souvent que possible la connaissance et la compréhension des techniques expérimentales rencontrées en BCPST 1 et 2. Le jury recommande donc aux candidats de travailler les techniques expérimentales rencontrées durant leurs années de préparation pour cette épreuve orale. À titre d'exemple, les électrodes nécessaires en pH-métrie, potentiométrie ou conductimétrie sont souvent mal connues, tout comme le principe de la mesure associée. Les différentes techniques de caractérisations d'un produit en chimie organique sont souvent mal connues ou confondues avec les techniques de purification.

## Capacités numériques

Des codes en langage Python étaient présents dans environ 25 % des sujets. Il s'agissait de mettre les capacités numériques vues dans les programmes de physique-chimie de BCPST 1 et 2 au service de la problématique posée. L'exercice n'est donc pas de coder sans lien avec la résolution de la question proposée. Les candidats ayant choisi d'aborder cette partie du sujet ont généralement su répondre aux attentes du jury. Il pouvait s'agir d'écrire une petite partie de code (écriture d'une liste, d'une fonction, ...) ou d'interpréter une partie de code. Le jury félicite ces candidats pour leur investissement.

## Conclusion

Le jury a, en général, pris plaisir à échanger avec les candidats, ce qui prouve leur réussite. Certaines prestations ont été remarquables : pertinence scientifique, efficacité dans le raisonnement, justesse de vocabulaire, dynamisme, prise d'initiatives... Le jury adresse toutes ses félicitations à ces candidats particulièrement investis.