



1/ Présentation de l'épreuve

L'épreuve était structurée en trois problèmes totalement indépendants, découpés en plusieurs parties qui pouvaient être abordées séparément. Le sujet offrait ainsi de très nombreux points d'entrée aux candidats et évaluait les candidats autant sur le programme de première année que de seconde année.

Le premier problème abordait la propagation des ondes, telle qu'elle est présentée en début de première année et réinvestie en seconde année. Ce problème mobilisait un formalisme mathématique réduit au minimum. Une grande précision était attendue dans les réponses apportées.

Le deuxième problème portait essentiellement sur le programme de chimie et s'attachait à étudier une espèce chimique unique : l'eau oxygénée. Les deux premières parties utilisaient l'atomistique, l'oxydo-réduction et la cinétique de première année. La troisième partie mêlait deux aspects du programme de seconde année : la thermochimie et la thermodynamique des systèmes en écoulement ; elle s'achevait par quelques questions ouvertes.

Le troisième problème étudiait la mécanique des fluides de seconde année, au travers de l'effet Venturi. L'étude documentaire portait sur les méthodes et dispositifs de mesure des grandeurs caractéristiques d'un écoulement.

Le sujet comportait un grand nombre de questions qualitatives qui étaient l'occasion d'affirmer une culture scientifique et un esprit critique. Les compétences « analyser » et « communiquer » y sont particulièrement évaluées.

Quelques questions demandaient un raisonnement scientifique un peu plus développé (compétences « analyser » et « réaliser »).

L'approche documentaire finale, quant à elle, mobilisait les compétences « s'approprier » et « valider ».

La longueur de l'épreuve était adaptée : quelques candidats, certes peu nombreux, ont eu le temps d'aborder toutes les questions. Son énoncé était conforme à l'esprit du programme des deux années et à celui des épreuves antérieures.

2/ Remarques générales

Cette année, les bonnes copies se sont faites très rares. Cette tendance avait déjà été signalée à l'issue de la session 2015. Les correcteurs découvrent chaque année un nombre croissant de copies dans lesquelles les candidats ne maîtrisent pas les capacités ou connaissances élémentaires : écriture d'une configuration électronique, construction d'un tableau d'avancement, expression de la surface d'un disque, conversion dans les unités SI avant de faire une application numérique...

Les correcteurs considèrent que ces lacunes considérables sont le fruit d'un manque constant de travail au cours de leurs deux années de formation.

Par ailleurs, les correcteurs s'inquiètent de l'absence de précision et de rigueur dans un nombre croissant de copies cette année. Dans les questions avec justification, les explications sont trop souvent mal soignées, voire oubliées. Parfois, la méconnaissance du vocabulaire scientifique rend les explications très banales ; le vocabulaire spécifique aux ondes, par exemple, est rarement utilisé alors qu'il permettrait de rendre les explications pourtant plus claires (retard, perturbation, suppression, réflexion...). Les correcteurs regrettent également que bon nombre de candidats ne

répondent que partiellement à certaines questions : les réponses approximatives, les hypothèses manquantes, les bonnes idées non exploitées font perdre beaucoup de points.

Il est très regrettable de constater que beaucoup de candidats font peu de cas de la rédaction de leur copie : cela leur est évidemment très préjudiciable. Dès lors, il semble absolument nécessaire de rappeler qu'il est attendu – et cela est évalué – que :

- les réponses aux questions doivent impérativement être mises en valeur à la règle (expressions littérales et résultats numériques encadrés, mots clés et idées importantes soulignées) ;
- les applications numériques doivent systématiquement comporter un nombre cohérent de chiffres significatifs et une unité correcte et usuelle (exprimer la vitesse du son en $J^{1/2} \cdot g^{-1/2}$ n'est pas justifiable) ;
- un candidat doit prévoir de la place pour revenir aux questions qu'il passe (il n'est pas acceptable de corriger une copie à la fin de laquelle un candidat bombarde sans ordre chronologique les résultats des questions auxquelles il pense trouver une réponse de dernière minute) ;
- une attention doit être portée à l'orthographe (écrire « un sonnare », « les gazs »..., quand l'énoncé fournit les orthographes correctes, est inadmissible).

Il s'agit là de règles élémentaires de rédaction qui ne peuvent devenir de bonnes habitudes que si elles sont assimilées et systématiquement appliquées au cours des deux années de classes préparatoires.

Les correcteurs n'ont pu que constater que les bonnes copies – à défaut de très bonnes copies – sont celles qui allient rigueur scientifique et rédaction soignée. De rares candidats font preuve d'un esprit critique sur leurs résultats et l'expriment dans leurs copies : cette pratique est appréciée et valorisée. Certains candidats font la différence en montrant, par le choix de leurs exemples et de leurs commentaires, qu'ils ont acquis une bonne culture scientifique et technologique.

3/ Remarques spécifiques

Problème 1

Partie I

- Très peu de candidats connaissent la définition générale d'une onde ; certains font même mention -à tort- d'un déplacement de matière dans l'espace.
- La pression acoustique n'est qu'exceptionnellement mentionnée.
- Les correcteurs sont parfois surpris par une confusion entre les ondes mécaniques et les ondes électromagnétiques (domaine audible de 400 Hz à 800 Hz, ultrasons utilisés dans l'imagerie médicale par rayons X...). Les ondes lumineuses ne sont pas des ondes mécaniques !
- La vitesse du son est souvent obtenue, mais la quasi-instantanéité de la vision de l'éclair n'est qu'exceptionnellement utilisée pour justifier la réponse. Ecrire $c_{\text{son}} = c_{\text{lumière}}/3$ n'a aucun rapport avec le phénomène décrit et est en outre complètement aberrant.

Partie II

- Le principe du sonar est globalement bien expliqué mais, malheureusement, le facteur $\frac{1}{2}$ est souvent oublié dans l'application aux sous-marins. Des candidats apportent une réponse juste et efficace au moyen d'un schéma correctement annoté.
- La longueur spatiale n'est pas la longueur d'onde, qui aurait été notée λ .
- Les représentations graphiques ne sont pas souvent traitées par les candidats. Il s'agit pourtant de l'étude élémentaire de la propagation d'une onde progressive, telle qu'elle est faite en début de première année.

Partie III

- Il ne faut pas oublier de convertir la masse molaire en $\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$. Le résultat erroné ($11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) obtenu sans conversion ne surprend qu'un tout petit nombre de candidats.
- Pour étudier la variation de la célérité avec la variation de température, il faut montrer rigoureusement le résultat demandé et non se contenter de le vérifier numériquement. Il est possible de choisir entre plusieurs méthodes équivalentes (développement limité, dérivée logarithmique, dérivée de c par rapport à T). Mais les candidats doivent se rendre compte s'ils font fausse route et ne pas faire semblant d'obtenir le bon résultat avec plusieurs « pirouettes » : ce genre de pratique malhonnête est à proscrire.
- Le schéma du mirage acoustique est rarement correct : la trajectoire limite n'est pas toujours unique, elle oscille parfois.

Problème 2

Partie I

- Dans un nombre très inquiétant de copies, la composition des atomes est fautive.
- L'électroneutralité de l'atome est très rarement mentionnée pour justifier sa composition. Donner le nombre de nucléons est insuffisant : il faut préciser le nombre de protons et le nombre de neutrons.
- Ecrire $1s$ pour la configuration électronique de l'hydrogène constitue une faute. Les électrons célibataires doivent être clairement représentés par \bullet et non par $—$.
- Peu de candidats indiquent explicitement le nombre d'électrons de valence des atomes : il ne faut pas se contenter de souligner approximativement une partie de la configuration électronique.
- La représentation de Lewis nécessite de faire apparaître les doublets non liants. Les structures de Lewis sont souvent correctes mais les règles du duet et de l'octet sont souvent oubliées.
- La notion de nombre ou degré d'oxydation est très mal utilisée : on ne peut pas parler de nombre d'oxydation d'une molécule !
- Certains candidats écrivent les demi-réactions d'oxydo-réduction sans électron.
- La dismutation et la médiamutation sont des cas particuliers de réactions d'oxydo-réduction : il ne suffit pas de dire qu'un unique réactif se sépare en deux produits différents.
- Les lois de modération de Le Chatelier et de Van't Hoff ne sont d'aucune utilité pour déterminer le sens favorisé de la réaction de dismutation : un axe de potentiels standard et l'utilisation de la règle du gamma sont attendus. Certains candidats proposent la démonstration et le calcul de la constante d'équilibre : c'est une perte de temps, car ce n'est pas demandé.
- Pour le calcul de la concentration, la densité est très mal exploitée : elle est souvent confondue avec la masse volumique. Certaines formules, reliant la densité et la concentration, sont proposées « au hasard ».

Partie II

- La cinétique chimique est plutôt bien réussie par les candidats ayant traité cette partie, mais dans beaucoup de copies, elle n'est pas du tout abordée.
- Dans trop de copies, néanmoins, la vitesse de réaction est exprimée en m/s .
- Certains candidats donnent, sans démonstration, des résultats appris par cœur, ce qui ne leur rapporte qu'une infime partie des points.
- La principale erreur est l'oubli du facteur 2 lié au coefficient stœchiométrique.
- La résolution de l'équation différentielle et l'obtention du temps de demi-réaction sont bien traitées par ceux qui ont obtenu l'équation.

Partie III

- Les correcteurs trouvent inquiétant le nombre de candidats qui ne savent pas calculer l'enthalpie de réaction : erreur de formule, oubli du signe dans les applications numériques...
- Il ne suffit pas, ensuite, de constater que la réaction est exothermique : il faut rappeler succinctement le fonctionnement moteur d'une machine thermique (conversion d'énergie thermique en énergie mécanique).
- Le tableau d'avancement est parfois construit en indiquant simplement les espèces chimiques en haut du tableau et en séparant les réactifs des produits par une double barre : toute l'information sur les coefficients stoechiométriques est perdue.
- Dans l'état initial, la quantité de matière est, à plusieurs reprises, $2n_0$ pour H_2O_2 .
- L'hypothèse selon laquelle la réaction est totale permet de calculer l'avancement final **qui a une unité**.
- L'hypothèse selon laquelle la transformation est isobare est très rarement utilisée pour justifier le lien entre Q et la variation d'enthalpie. Souvent, il est directement écrit $Q_m = \Delta_r H^\circ$, sans souci de l'avancement.
- L'utilité du catalyseur est connue dans l'ensemble.
- Le premier principe industriel s'énonce avec des grandeurs massiques h , $e_p = gz$, e_c et non des grandeurs extensives H , $E_p = mgz$, E_c . Le programme impose la notation minuscule (respectivement majuscule) pour les grandeurs massiques (respectivement extensives) : ne pas les respecter constitue donc une faute.
- Le premier principe n'est pas toujours donné pour un écoulement stationnaire unidimensionnel d'un système à une entrée et une sortie. L'application au système étudié n'est qu'exceptionnellement correcte.

Problème 3

Partie I

L'étude de l'effet Venturi est correctement menée par beaucoup de candidats. Mais les correcteurs regrettent que certains points soient restés imprécis :

- la **viscosité nulle** d'un fluide parfait n'est pas toujours mentionnée, les profils de champ de vitesse sont **uniformes** dans une section droite de l'écoulement ;
- la relation de Bernoulli est souvent énoncée, mais ses conditions d'application sont souvent incomplètes ;
- la définition de la ligne de courant est parfois oubliée, ou simplement donnée par « la ligne passant par E et S » ;
- pour justifier que la pression diminue, il faut montrer que ΔP est négative (beaucoup de candidats veulent montrer que ΔP diminue) ;
- la valeur numérique de ΔP est très souvent donnée avec un nombre aberrant de chiffres qui ne sont donc pas significatifs. En convertissant toutes les grandeurs dans les unités de base du système international, la variation de pression s'exprime en pascal (et non en bar) ;
- le lien entre le débit volumique et le débit massique est rarement donné.

Le tube de Pitot est un autre débitmètre, mais il ne s'agit pas d'un dispositif utilisé pour mesurer directement une différence de pression.

Partie II

L'étude documentaire des débitmètres à turbine a donné lieu à des réponses variées et intéressantes. Il ne fallait néanmoins pas négliger de répondre avec rigueur en utilisant le vocabulaire scientifique et les hypothèses de l'énoncé :

- à débit volumique constant, la solution générale de l'équation (10) est la somme d'une exponentielle (**régime transitoire**) et d'une constante (**régime permanent stationnaire**) : les deux termes sont importants et à observer sur les courbes de la figure 9 ;
- l'expression $q = k.\omega$ n'est valable que sous certaines conditions données dans l'énoncé ;

- certains candidats reproduisent avec des couleurs et annotent les courbes de la figure 9 afin de justifier les réponses aux questions III.2.b. et III.2.d. : leurs réponses sont ainsi très claires et très efficaces ;
- l'analyse à basses et hautes fréquences n'est souvent faite qu'« avec les mains ».

4/ Conclusion

Les correcteurs constatent, à la correction de cette épreuve, que, pour beaucoup de candidats, écrire une simple configuration électronique présente la même difficulté qu'interpréter les courbes proposées dans l'approche documentaire sur les débitmètres ou qu'obtenir la formule approchée de variation de la vitesse avec la variation de température. C'est la preuve manifeste d'un grand manque de travail et de préparation pendant les deux années de formation.

Il est très important que les futurs candidats prennent conscience des enjeux des épreuves de concours d'entrée en école d'ingénieurs. Un candidat ne peut convaincre scientifiquement un correcteur que si :

- sa présentation est soignée et suit les règles énoncées dans les remarques générales ;
- son propos est scientifiquement correct et rigoureusement justifié.

C'est par le travail que les futurs candidats parviendront à réussir correctement leurs épreuves.

À nouveau, il est nécessaire de rappeler que les candidats sont évalués sur les programmes des deux années et qu'il n'est absolument pas stratégique de négliger des pans entiers de ces programmes, la chimie en particulier.

Les approches ouvertes, contextualisées et documentées, demandent aux candidats d'acquérir une culture scientifique et un esprit critique qu'il leur est conseillé de faire valoir dans leurs productions. Dans des parties où le formalisme mathématique est très réduit, l'évaluation porte essentiellement sur la clarté et la précision des réponses. Pour ce faire, même si cela n'est pas explicitement demandé, il est tout à fait intéressant de faire des schémas pour illustrer ces réponses.

5/ Histogramme

Nombre de copies : 1068

Moyenne : 9,33 / 20

Écart-type : 3,67

