

Épreuve orale de Biotechnologie

A propos des candidats

Commençons *tout de go* par ce commentaire primeur : 2017 est un Grand Cru ! C'est à la fois le sentiment spontané du jury, mais aussi la constatation des résultats chiffrés : alors que ni la pratique du jury ni les critères d'évaluation n'ont changé, la moyenne a significativement progressé de presque un point (en moyenne « brute » tous candidats confondus). Presque 90% des candidats ont la moyenne, ce qui montre que pour les Biotechnologies le filtre de l'écrit a parfaitement fonctionné. Plus significatif encore, désormais plus d'un tiers des candidats ont 15 ou plus, ce qui montre que les Écoles disposent dans les classes de TB d'un réservoir d'excellence, qui viendra enrichir positivement leur recrutement.

Tous les candidats, à de très rares exceptions, s'expriment clairement, en développant un raisonnement posé et en faisant un effort de didactique. Ils produisent des exposés vivants, agréables à suivre ; dans l'entretien ils font preuve d'attention et d'esprit combatif. L'immense majorité dispose d'un *corpus* scientifique et théorique conséquent, de connaissances technologiques – analytiques et industrielles – réelles, et développent donc une dialectique solide : chez les meilleurs, le jury a souvent l'impression de déjà s'entretenir avec un ingénieur partageant son expertise – chez les autres, ce n'est souvent question que d'encore un peu de temps et d'une maturation que les Écoles sauront évidemment développer.

Il nous semble que l'explication de ces progrès, observés constamment depuis désormais 5 ans que nous occupons cette position, est très manifestement liée à la qualité du travail de tous les acteurs de ces épreuves :

- *A tout seigneur tout honneur*, les candidats produisent au cours des deux années un travail qui se voit, et nous tenons à les féliciter ; dès la première année leur venue massive, parfois de très loin, pour s'enquérir du fonctionnement du jury mérite d'être signalée ; leur effort de préparation est manifeste ; lors du petit match que représente l'oral d'un concours, les candidats se livrent presque tous avec une énergie positive et plaisante.
- *Tels Deming et sa roue (bien plus que Sisyphe et son rocher)*, il faut aussi féliciter ceux sans qui rien ne serait possible : les collègues de classe préparatoire, dont le travail est évident et constant – les candidats connaissent tous parfaitement le déroulement de l'oral, les remarques faites à l'écrit sont systématiquement suivies d'effets observables l'année suivante, les exigences du jury ici rapportées semblent constamment répercutées et assimilées dans les classes.
- *Prima caritas incipit a se ipso*, le jury se félicite et se réjouit de jouer un rôle même modeste dans cette démarche d'amélioration continue : depuis 5 ans nous préparons ce jury avec toujours beaucoup d'ambition ; nous affichons en toutes lettres nos exigences

pour ces élèves dans nos rapports de jury ; nous continuons de maintenir et même progressivement d'élever celles-ci.

Tout ceci contribue à garantir aux Écoles, destinataires de notre action commune, qu'elles ne seront pas déçues du recrutement ainsi assuré.

A propos du jury et de l'épreuve

Pour la cinquième année, notre jury a suivi le format d'épreuve proposé antérieurement, que nous rappelons ici : un sujet (titre ou question) accompagné d'un commentaire (explicatif et/ou directif) plus ou moins détaillé, illustré de deux ou trois annexes (dessin, schéma, photo, résultats expérimentaux, description, procédure opératoire, etc.). Le candidat dispose de 30 minutes de préparation sur brouillon et tableau, afin de présenter sur ce même tableau un exposé en 10 minutes environ, suivi d'un entretien sur le temps complémentaire, le tout s'inscrivant donc dans la durée requise d'environ 30 minutes *interludes* compris. Au cours de l'entretien, le jury reparcourt le sujet et l'exposé, posant un certain nombre de questions pour repréciser un point, corriger une erreur ou compléter une omission, et approfondir les différents éléments abordés. L'entretien explore aussi systématiquement quelques autres points du programme, ainsi qu'une ou plusieurs question-s technologique-s : dispositif, limite expérimentale, application industrielle, aspects quantitatifs, hygiène et sécurité, validation et témoins, etc. En fin d'exposé, le jury part souvent explorer des points du programme très différents les uns des autres, dans un « ping-pong » potentiellement un peu déstabilisant – mais les candidats sont désormais tous préparés et suivent le mouvement sans difficulté. Nous essayons chaque année de renouveler en partie ces questions « rituelles » d'exploration.

La philosophie du jury est constamment positive : il s'agit d'essayer de permettre au candidat de produire ce qu'il peut produire, plutôt que de chercher à tout prix les failles, inévitables ; il n'y a pas de piège caché dans le sujet ni dans nos questions, dont beaucoup appellent des réponses fort simples. Même les (désormais exceptionnels !!) candidats au niveau clairement insuffisant bénéficient des 30 minutes environ d'épreuve, au cours desquelles le jury essaye de parcourir le plus possible de parties du programme afin de trouver là où le candidat peut un peu respirer : même dans ces (très rares) cas d'insuffisance notoire, si la note sera évidemment une sanction parfois sévère, l'entretien reste bienveillant et constructif autant que possible.

Notre banque commune de sujets est désormais assez riche et diversifiée, et les étudiants, en tirant leur sujet, doivent s'attendre... à ne pas savoir à quoi s'attendre :

- Une partie de nos sujets peuvent être décrits comme « classiques », faits d'une question presque fondamentale (« *Les Enzymes michæliennes* ») portant sur un thème unique, et de figures d'illustrations tout-à-fait classiques. Dans ce cas, le commentaire guide peu et ne propose généralement pas de problématique ; les candidats ont tout intérêt à éviter de choisir un plan type : *I-Figure 1* ; *II-Figure 2* ; *III-Figure 3*, ou à imposer le plan de leur cours sans se soucier des figures proposées – un plan plus audacieux est alors bienvenu (voir plus loin).

- Une autre partie de nos sujets peuvent au contraire être décrits comme « complexes », demandant un travail plus intégratif et transversal, avec des figures sur des thématiques inconnues, innovantes, voire explicitement « hors programme ». Sur ces sujets, le commentaire d'accompagnement guide alors considérablement, et propose toujours une problématisation. Il n'est évidemment pas interdit de s'en écarter, mais les candidats qui ne parviennent pas à élargir sur ces sujets atypiques ont alors toujours le choix de suivre la perspective proposée. Précisons, évidemment, que si « hors programme » il y a, il est toujours spécifié, expliqué et, bien sûr, jamais évalué, mais simplement utilisé comme un support technologique permettant de mettre en relief les éléments du programme, programme que nous avons en permanence sous la main lors de la rédaction des sujets comme lors des épreuves.

En effet, nous travaillons à satisfaire le recrutement des Écoles ; or il nous semble qu'un ingénieur doit être capable de faire appel « à la demande » aux connaissances scientifiques et technologiques solides qui sont les siennes, mais également de les réinvestir et de les transposer sur des champs nouveaux encore inconnus. Par ailleurs, les collègues des classes préparatoires faisant, on l'a dit, extrêmement sérieusement leur travail, il nous importe de ne pas devenir totalement prévisibles, au risque sinon de voir défiler des récitation bien faites, plutôt qu'une appropriation du sujet et un réinvestissement par les candidats. Les sujets complexes, et dans les sujets plus classiques les figures, donc, offrent ainsi un support intéressant pour tester ces compétences, et les candidats ont intérêt à exploiter les résultats ou illustrations proposés.

Le jury tient évidemment compte de la difficulté du sujet dans le niveau de développement spontané attendu : autrement dit, il est peut-être presque plus difficile de briller avec un sujet classique qu'avec un sujet complexe. Que les candidats donc ne s'inquiètent pas d'un sujet atypique : malgré les apparences, les éléments composant les sujets et l'évaluation – *visibilium omnium, et invisibilium* – restent toujours équilibrés.

La durée de l'exposé n'est pas *en soi* un élément rédhibitoire et ne fait pas partie de l'évaluation en tant que telle – même s'il est évident qu'un exposé de 3 minutes sera plus pauvre et souvent moins pertinent *a priori* qu'un exposé de 12 minutes. Nous n'avons donc pas de grille « durée / points » comme la question nous a été posée plusieurs fois par les collègues des classes préparatoires cette année – comme toujours pour nous, autant tout annoncer clairement. Mais il est évident qu'un candidat a tout intérêt à chercher à remplir le sujet, et donc développer sur la durée. A titre indicatif, la majorité des candidats développent autour de 7-8 minutes. Par ailleurs, précisons que la durée étant fixée à environ 30 minutes, un candidat qui expose en 3 minutes doit s'attendre à presque 27 minutes de questions... il y a donc de multiples intérêts à avoir un exposé suffisamment développé.

Après l'exposé, vient l'entretien. Les sujets difficiles sont reparcourus pas-à-pas afin de compléter ce qui n'a pas été perçu ; les erreurs possiblement faites en cours d'exposé sont recontrôlées – une erreur corrigée n'est plus une erreur et la démarche qui aboutit à la corriger est alors très intéressante pour évaluer le candidat. Justement : lors des questions, la réponse proposée par le candidat importe souvent moins que le raisonnement par lequel il y est parvenu

– un candidat qui réfléchit, construit et argumente sa réponse n'est pas moins intéressant qu'un candidat qui la connaît d'avance par cœur : donc, que les candidats « réfléchissent à voix haute », griffonnent et s'emparent du tableau, afin de montrer au jury le chemin qu'ils empruntent. S'il arrive qu'un candidat ne connaisse pas la réponse à la question posée, qu'il n'hésite pas à le dire franchement : selon les cas, le jury l'accompagnera par touches progressives pour explorer le point de blocage, ou au contraire repartira ailleurs dans le programme, suffisamment vaste – nous avons quantité de questions en réserve. Tout le monde a des trous (même nous, que les candidats n'en doutent pas), et nous n'éprouvons jamais ni plaisir ni intérêt à laisser un candidat « en panne ». Le temps passé ensemble est court, autant le remplir le plus utilement possible.

Cette année encore, comme toutes les précédentes, le jury a veillé continuellement à l'harmonisation de l'évaluation : les cas atypiques sont systématiquement discutés ; nous redisons que la moyenne spontanée et l'écart-type des deux membres du jury restent toujours très proches ; et si un écart significatif apparaissait nous le corrigerions. S'agissant d'un concours, cette équité au moins statistique est un souci permanent de notre travail, afin qu'à la subjectivité inhérente à l'exercice ne s'ajoute pas un biais métrologique grossier.

Démarche d'amélioration continue : points forts et points faibles

Puisque nous sommes conscients que notre travail prend sa place et son sens dans un mouvement d'ensemble commun, nous posons ici quelques commentaires à destination des futurs candidats, comptant sur l'excellence des collègues des classes préparatoires pour que ces remarques soient prises en compte – *Deming un jour, Deming toujours*.

L'an passé nous soulignions des carences sur un certain nombre de points, annonçant au passage de futures questions, et nous avons le plaisir de voir que ces commentaires sont lus et suivis, de notre côté des faits, tout autant que d'effets du côté des candidats :

- Une partie des candidats adhèrent enfin à *Scatchard* : tant mieux ! Pour les autres, précisons que nos exigences sont modestes : il faut connaître au moins le graphique et les paramètres qu'il permet de déterminer ; les questions tombent à l'occasion et il faudra s'y coller.
- Nous avons avertis l'an dernier que nous demanderions la structure des molécules clés, car la connaissance de celles-ci permet de comprendre des notions fondamentales (ribose et orientation 5'-3' ; squelette peptidique et structures secondaires, par exemples). Il n'est donc pas étonnant que nous en ayons (quasi-) systématiquement demandé cette année. Et cela s'améliore doucement : cette année nous avons moins rencontré de pas beaux riboses, de lactates nous laissant aigres, d'éthanol propanoïques pas propres, et de bien pires pyruvates. Nous souhaitons que cet effort perdure, car il y a encore du chemin à faire pour beaucoup. Apprendre quelques molécules clés (un ou deux acides aminés, quelques carrefours métaboliques, la structure des nucléotides), quelques valeurs chiffrées (potentiels redox au moins extrêmes de la chaîne respiratoire, masse molaire moyenne des acides aminés, un ou deux optimums physiologiques) est assez

simple si on le fait dès le début de la formation et qu'on le répète périodiquement – étudiants de première année, n'attendez pas l'approche des concours pour assimiler cet éventail d'illustrations, cela vous permettra d'éviter le coup de chaud lors de l'oral.

- Tous les candidats font l'effort d'un plan structuré, et c'est plaisant. Moins de candidats que les années passées font un plan "*I-Figure 1 ; II-Figure 2 ; III-Figure 3*", ou à l'inverse récitent exactement le plan du cours du professeur de classe préparatoire sans bien se préoccuper de ce que le sujet propose. Nous sommes conscients qu'en quelques minutes de préparation cette attente est ambitieuse de notre part : aussi, bien sûr, ce choix par les candidats n'est jamais rédhibitoire. Mais ce peut être là l'occasion pour les plus ambitieux de prendre un avantage toujours utile en situation de concours.

Il demeure des points à améliorer :

- La photosynthèse est clairement un sujet encore obscur pour trop de candidats ; il y a là un fort potentiel d'amélioration.
- Le lien (dans tous les sens du terme) entre la liaison peptidique et les structures secondaires n'est que rarement connu : mais alors ça ne tient pas debout...
- Les connaissances sur les ponts disulfures sont assez réduites : ils ne sont pas toujours connus, ou à l'inverse assurent à eux seuls la totalité du repliement des protéines.
- La chaîne respiratoire est dans l'ensemble connue : mais on ne peut pas en parler sans rapprocher cela (un peu) des connaissances de physique-chimie. Les potentiels au moins extrêmes permettent de discuter du sens de trajet des électrons et des couplages énergétiques. Or, dès qu'on aborde cet aspect, c'est le « coup de pompe » assuré... les sujets autour des piles biologiques sont très faciles à comprendre pour les étudiants qui ont fait ce travail. Donc, futurs candidats : faites-le dès la première année.
- De même, de manière récurrente, le cycle de Krebs tourne un peu dans le vide... Il n'est pas question de notre point de vue d'en demander la restitution *in extenso* par cœur, en revanche l'entrée et la sortie doivent être connues.
- Les figures proposées dans les sujets sont de nature très variable : soit un rappel théorique lorsque nous pressentons que le sujet risque de recevoir un accueil froid (voir manques précités), soit résultat expérimental, dispositif ou application technologiques et industriels, etc. L'exploitation de ces documents n'est toujours pas suffisamment faite : bien des candidats nous déroulent leurs connaissances sans chercher à exploiter les résultats et illustrations proposés, et ne le font qu'une fois accompagnés durant l'entretien, preuve qu'ils en étaient capables dès le début. Les candidats devraient donc prendre un instant pour se demander : « *Pourquoi cette figure m'est-elle proposée ? Que puis-je en faire sortir ?* » Et intégrer le fruit de ce travail d'analyse à leur exposé. Redisons aussi qu'il n'est pas nécessaire de reproduire *in extenso* les 2 ou 3 figures proposées : le candidat qui le juge utile peut au contraire dessiner des compléments au tableau (schéma correspondant au principe mis en jeu, explication sous-jacente, variante technique, etc.) et utiliser directement le sujet de papier pour discuter des figures proposées, afin d'enrichir le nombre des figures disponibles pendant l'exposé (et dépasser les 10 minutes du même coup). Lorsque des données numériques sont

proposées dans le sujet, les calculs subséquents sont bienvenus même lorsqu'ils ne sont pas explicitement demandés – tout ce qui montre les capacités d'analyse du candidat joue évidemment en sa faveur.

Liste des sujets *effectivement* tirés, et commentaires corrélés

Comme d'habitude et depuis l'origine, le jury est transparent dans son travail. Nous présentons ici comme chaque année les titres des sujets réellement tirés par les candidats cette année – d'autres sujets pouvaient avoir été prévus sans être sortis, car en effet nous prévoyons systématiquement un peu plus de sujets que de candidats, afin que tous puissent tirer au sort. Nous équilibrons sur la journée et sur la semaine la diversité des sujets, afin que l'ensemble du programme soit traité de manière équilibrée. Nous partageons totalement la banque de sujets et un sujet identique peut donc sortir une fois chez l'un une fois chez l'autre ; nous entretenons également notre plaisir et un sujet peut donc être resélectionné deux fois par le même jury. Enfin, la liste suivante n'est qu'une liste de titres : derrière un même intitulé se "cachent" éventuellement deux sujets différents, parfois divergents.

Analyse de biomarqueurs sanguins par puce microfluidique
Analyse de biomarqueurs sanguins sur une puce microfluidique – utilisation d'aptamères d'ARN
Biocarburants et cycle du carbone
Caractérisation de deux invertases
Caractérisation de *Klebsiella pneumoniae* multirésistantes aux antibiotiques
Comparaison de diverses méthodes de dénombrement d'*E. coli* dans les eaux d'une rivière
Comparaison de la réaction malolactique aux réactions du programme
Comparaison de l'activité de deux antibiotiques sur la croissance de *E. coli*
Contrôle par spectrophotométrie d'une purification d'ADN
Culture d'*E. coli* en milieu non renouvelé
Dénaturation et renaturation d'une enzyme
Détection du dopage à l'EPO
Détermination de l'activité des enzymes
Diagnostic de la LMC
Dosages spectrophotométriques des protéines
Eaux usées et cycle de l'azote
Etude comparative de deux enzymes
Etude de deux étapes majeures de la production de bière
Etude structurale et fonctionnelle de la ribonucléase A
Etude d'une protéine par anticorps polyclonaux
Évolution des méthodes de diagnostic de la drépanocytose
Évolutions du séquençage de l'ADN
Génotypage par PCR multiplexe
Hybridation *in-situ*
Identification du streptocoque A
Inhibition de la coagulation par l'hirudine
Interaction des protéines et de l'ADN
Interactions protéine-ligand
La catalyse enzymatique
La méthode historique de séquençage et ses développements

La PCR : principe et contraintes techniques
La PFK1, une enzyme du métabolisme énergétique
La phospholipase A2, une enzyme à deux substrats
La photosynthèse bactérienne
La régulation allostérique de l'hémoglobine
La réplication de l'ADN
La structure des protéines membranaires
L'ADN polymérase I d'*E. coli*: structure, fonctions et applications en génie génétique
Le *chromosome painting*
Le clonage de l'EPO
Le fragment de *Klenow*
Le gaz sarin, un inhibiteur enzymatique
Le modèle de *Michaëlis*
Le NADH
Le noyau bêtalactame, une course à l'inhibition enzymatique
Le rumen de la vache, un bioréacteur naturel
L'électrosynthèse microbienne
L'ensilage du fourrage agricole
Les bêtalactamases, un enjeu thérapeutique
Les piles à enzymes
Les propriétés acido-basiques des acides aminés
Liaison chaude, liaison froide
Liaison peptidique et structure des protéines
L'immobilisation des enzymes
L'immuno-PCR
Localisation cellulaire et capacités d'un transporteur du glucose
Mise en œuvre d'un bioréacteur de laboratoire
Obtention d'une banque d'ADNc
Production des fromages et protéines
Production d'éthanol par la levure
Purification des protéines et suivi de purification
Purification et mesure de l'activité d'une topoisomérase
Purification des protéines par chromatographies
Quantification des populations microbiennes
Quelques méthodes d'identification de microorganismes
Recherche d'empreintes génétiques par PCR
Recherche d'interactions protéiques par reconstitution d'activité
Séparation des biomolécules par électrophorèse en gel
Suivi d'une réaction de PCR en temps réel
Techniques de séparations des acides aminés
Traitement de la LMC
Un exemple de diagnostic par *Miniarray*
Une approche du métabolisme glucidique dans le rumen de la vache
Une histoire du dopage à l'EPO
Utilisation de la spécificité des anticorps
Vin, bière, et saké