

SCIENCES INDUSTRIELLES II – ORAL COMMUN

1 h d'interrogation précédée par 50 min de préparation

OBJECTIFS DE L'ÉPREUVE

L'objectif général de l'épreuve est centré sur la construction mécanique et la mécanique. L'interrogation balaie un spectre de connaissances le plus large possible, en gardant à l'esprit que l'oral est l'instant où l'on évalue plus que des connaissances mais surtout les capacités à les organiser et les appliquer.

L'évaluation du raisonnement porte donc sur deux aspects :

- la capacité à gérer indépendamment mais surtout simultanément les aspects multiples de l'analyse des ensembles mécaniques que sont l'identification du besoin (fonctions), la compréhension et la justification du choix des composants et de la forme des pièces en tenant compte du type de matériau et du procédé de fabrication.
- La capacité à modéliser le comportement mécanique interne d'un ensemble mécanique comme des pièces qui le constituent. Ceci consiste en un exercice de passage du réel au modèle associant un paramétrage, avec prise en compte de ce que peut être le comportement réel du mécanisme mais aussi de la méthodologie d'application des lois de la mécanique

ORGANISATION DE L'ÉPREUVE

Pratiquement, après une préparation de 50 min, l'épreuve est articulée en trois parties de 20 min, d'importance égale dans le barème :

1. Analyse technologique d'un ensemble mécanique à partir d'un plan,
2. Modélisation puis résolution associée, du comportement mécanique de tout ou partie du mécanisme
3. Question complémentaire prise dans un des 4 thèmes que sont construction mécanique, mécanique, automatique et fabrication mécanique.

L'interrogation est réalisée à partir d'un dossier comprenant un plan d'ensemble de mécanisme d'origine industrielle. La préparation porte sur l'analyse de l'ensemble mécanique en disposant d'un questionnaire portant sur les deux premières parties de l'épreuve. Celui-ci constitue un support d'interrogation servant à guider le candidat ; son contenu est limité ou complété par le jury en fonction des réponses fournies et des besoins de l'évaluation. La question complémentaire, propre à la troisième partie, est proposée par l'interrogateur dans un thème qui permet d'élargir au mieux le spectre d'interrogation.

L'évaluation des candidats est réalisée suivant une grille de notation commune à tous les jurys. Dans chacune des trois premières parties de l'épreuve, elle est réalisée en trois points de poids égal :

- capacité et démarche de raisonnement,
- capacité à appliquer ses connaissances,
- qualité des réponses faites,

L'évaluation finale consiste à évaluer la capacité du candidat à suivre une formation de haut niveau en sciences industrielles dans une école d'ingénieur. Pour cela, il est vérifié qu'il a acquis les bases fondamentales :

- Des connaissances et du langage technologique,
- De l'analyse et du raisonnement technologique,
- De l'étude mécanique des ensembles mécaniques réels,
- De l'étude des systèmes automatisés élémentaires.

COMMENTAIRE_GENERAL SUR L'EPREUVE

1ère partie : Analyse technologique de l'ensemble mécanique

Il s'agit d'évaluer les capacités d'application des connaissances, et de raisonnement du candidat dans l'analyse des solutions techniques mises en œuvre dans la réalisation d'un mécanisme existant défini par un plan et un dossier. Cette partie couvre trois aspects de l'analyse des ensembles mécaniques :

Analyse du fonctionnement global (externe) du mécanisme

Objectifs

Evaluer la capacité du candidat à prendre du recul et à présenter dans sa globalité un ensemble mécanique qu'il vient de décortiquer pendant 50 min,

Attendus

Dans cette partie, il est attendu que le candidat présente globalement le produit pour en définir **l'usage et les conditions de mise en œuvre dans son environnement**, de façon à pouvoir logiquement les prendre en compte dans la suite de son exposé, notamment pour la justification du choix des solutions techniques internes.

Il est donc demandé au candidat de présenter la "fonction globale" du mécanisme, mais aussi ses liaisons avec l'extérieur (situation dans son environnement, actions externes), ses entrées et sorties et les flux d'énergie associés, son mode de mise en œuvre et les limites d'utilisation associées.

Commentaires

Le Jury recherche et apprécie particulièrement les candidats qui savent :

- lire, comprendre et appliquer les consignes définies dans le sujet ;
- faire la différence entre l'analyse externe et l'analyse interne d'un appareil ou d'une machine et analyser les relations entre le système étudié et son environnement technique, humain, et son lieu d'utilisation ;
- identifier les diverses interfaces entre le matériel étudié et son environnement, et non seulement l'entrée et la sortie de la chaîne cinématique ;
- exprimer les fonctions en respectant le formalisme normalisé ;
- analyser un appareil ou une machine par rapport au travail qu'il ou elle doit effectuer : par exemple porter un outil, fournir de l'énergie à cet outil, porter la pièce à modifier ou pouvoir être porté(e) par l'opérateur ;
- parler de transmission de puissance et non seulement de transmission de vitesse ou de couple ;

- qu'un moteur a pour fonction de **convertir** de l'énergie chimique ou électrique en énergie mécanique ;
- qu'un réducteur, un variateur, une boîte de vitesses ont pour fonction d'**adapter** l'énergie mécanique ;
- que les systèmes bielle-manivelle, excentriques, vis-écrou, ont pour fonction de **transformer** l'énergie mécanique ;
- qu'un différentiel, une boîte « transfert », et d'une manière plus générale, tout mécanisme à une entrée et deux sorties simultanées ont pour fonction de **répartir** l'énergie mécanique ;
- décrire spontanément la liaison d'un appareil, d'un sous-ensemble de machine à son bâti, à sa structure porteuse, ou à l'opérateur, en y voyant autre chose que « positionner » ; le principe des actions mutuelles ne conduit-il pas à la nécessité d'un support du poids, des actions de travail, à la nécessité d'un appui sur quelque chose pour exercer une action sur autre chose ?

Ces candidats sont hélas très peu nombreux, sans évolution perceptible de leur pourcentage depuis l'an dernier.

Pourtant, ils feraient la différence dès le début de l'interrogation et bénéficieraient d'un premier jugement favorable.

Analyse des fonctions techniques internes

Objectifs

Evaluer la capacité du candidat à analyser et justifier les choix technologiques faits lors de la réalisation des fonctions techniques internes,

Attendus

Dans cette partie, le candidat doit analyser, décrire, justifier ou critiquer de façon structurée **les choix technologiques** mis en œuvre dans la réalisation de certaines **fonctions techniques internes** du mécanisme, ceci en intégrant les contraintes de réalisation et le comportement en service de ces solutions.

Commentaires

Le Jury attend des candidats qu'ils sachent :

- lire et comprendre le dessin d'ensemble d'un mécanisme jusque dans ses détails, en lisant simultanément sur les diverses vues disponibles ;
- exprimer le résultat de leur compréhension des formes par le tracé d'un croquis à main levée, éventuellement en perspective, d'une pièce simple ou d'une partie de pièce ;
- décrire et analyser une liaison ou un guidage en utilisant les termes technologiques et non ceux de la modélisation, décrire le réel sans passer par sa réduction en modèles énoncés sans justification ;
- analyser une liaison ou un guidage en parlant spontanément de l'élément prépondérant de la liaison (appui plan, emmanchement cylindrique ou conique) et ne parlent pas de « liaison par vis ou par clavette ou par goupille » ;
- analyser le guidage d'un arbre par la réalisation des deux fonctions techniques « définir l'axe de rotation de l'arbre » et « immobiliser axialement l'arbre » ;
- exprimer que chaque roulement définit un point de passage de l'axe de rotation de l'arbre ;
- raisonner sur la réalité technique du rotulage des roulements, en en connaissant les ordres de grandeur des valeurs pour les principaux types de roulements ;

- éviter le recours au dogme répandu « pour guider l'arbre, *il faut* une rotule et une linéaire annulaire » en affirmant ensuite que tel et tel des organes de guidage réalisent l'une et l'autre, et ceci même si les deux organes sont strictement identiques dans leur nature et leur mise en œuvre ;
- analyser de manière raisonnée l'immobilisation axiale de l'arbre dans les deux sens en décrivant les chaînes d'obstacles (pièces et détails de forme) y contribuant, sans se référer à de mystérieux nombres d'arrêts axiaux nécessaires ;
- exprimer un bref cahier des charges pour le matériau d'une pièce bien typée, par l'énoncé de quelques critères simples : résistance statique ou en fatigue, résistance en flexion ou en traction ou en compression ou en torsion, dureté superficielle, résilience, ductilité, etc.
- éviter le discours vague et passe-partout : « le matériau doit être suffisamment résistant » sans précision sur le type de résistance plus poussée que « résistance mécanique » ;
- éviter d'affirmer des idées reçues telles que « les dents d'engrenage sont soumises aux chocs » ou « les anneaux élastiques ne peuvent supporter d'efforts axiaux que très faibles » ;
- proposer une famille de matériau, en argumentant brièvement, et proposer une nuance de cette famille en la désignant correctement en respect des règles normalisées en vigueur ;
- les ordres de grandeurs approximatifs de caractéristiques physiques ou mécaniques des principales familles de matériaux métalliques usuels ;
- justifier correctement le choix du procédé de moulage par ses causes (formes creuses, formes cloisonnées, importance de la série), et non par ses effets (existence d'arrondis ou de congé, de pente ou de conicité).

En répondant à tout ou partie de ces attentes, les candidats marqueront une différence payante.

Analyse du fonctionnement interne

Objectifs

Evaluer la capacité du candidat à analyser le comportement du mécanisme et justifier les choix technologiques faits lors de la réalisation des fonctions techniques internes,

Attendus

Dans cette partie, le candidat doit présenter le **fonctionnement interne** du mécanisme en intégrant les résultats de l'analyse technologique vus en B) et ses interactions avec son environnement vues en A), ceci afin d'expliquer le comportement réel en fonctionnement (et non celui idéal) des éléments mis en œuvre dans la réalisation interne du mécanisme.

Commentaires

Le Jury souhaite que les candidats sachent :

- expliquer ce qu'ils ont effectivement lu et compris sur le dessin fourni et non le fruit d'une lecture intuitive nourrie des seules réminiscences plus ou moins adaptées d'études antérieures ;
- tenir un raisonnement clair, fondé sur des observations techniques précises, aboutissant à des conclusions argumentées ;

- utiliser un vocabulaire technique adapté, nommant autant que possible les pièces par leur nom (celui de la nomenclature fournie et lue, ou un autre plausible) ;
- utiliser les noms génériques des composants et non des noms de marques (exemples : anneau élastique ou segment d'arrêt et non Circlips®, écrou à encoches et non écrou SKF®) ;
- énoncer clairement les fonctions techniques des pièces ou des composants ;
- spécifier une condition fonctionnelle dimensionnelle, de position relative, de rugosité, de dureté locale ;
- les ordres de grandeurs approximatifs de propriétés mécaniques d'usage de composants usuels (pressions de contact admissibles, puissance surfacique dissipée admissible, vitesse admissible, etc.).

Cette fois encore, les candidats qui sauront marquer la différence seront valorisés en conséquence.

De façon générale pour cette 1ère partie, l'évaluation est réalisée sur la base des trois points suivants et ceci à part égale :

- Capacité à lire des documents techniques et à utiliser le langage technique
- Capacité à raisonner et à appliquer des connaissances technologiques
- Exactitude (valeur) des réponses aux questions

Il est dans le rôle des interrogateurs de ne pas écouter en silence, mais de poser des questions et d'apporter, le cas échéant, la contradiction au candidat qui s'égare involontairement ou non. Nombre de candidats en semblent surpris, voire désarçonnés. Les interrogateurs ne sont pas là pour enfoncer le candidat, mais pour le faire s'exprimer tout en le faisant raisonner. Le meilleur comportement à conseiller au candidat est sans doute d'abord d'écouter ce que dit l'examinateur, puis d'essayer de comprendre ce qu'il explique ou demande, souvent destiné à sortir de l'ornière, et enfin d'en tenir compte ; s'enfermer n'aboutit à rien de positif.

2ème partie : MECANIQUE

Attention !

Il semble important de rappeler le format de l'épreuve, à savoir que :

- la préparation de 50 minutes doit être consacrée à la 1ère partie (analyse du mécanisme) et à la 2ème partie (modélisation et résolution mécanique),
- la 2ème partie est un exercice de modélisation et de résolution, cette dernière pouvant ne pas être amenée à son terme selon la difficulté calculatoire (le candidat ne dispose pas de machine à calculer)

Modélisation du comportement des systèmes

Objectifs

Évaluer la capacité du candidat à établir un modèle en vue de caractériser un comportement mécanique

Attendus

Cette partie de l'épreuve consiste pour le candidat à proposer une modélisation dans la perspective d'une étude mécanique précisée dans les questions qui sont fournies lors de la

préparation. Elle est relative à l'étude d'une pièce ou d'une partie de l'ensemble mécanique défini par le plan proposé dans le dossier.

Celle-ci concerne, suivant les cas, un problème de dynamique, de statique, de cinématique ou de résistance des matériaux conformément au programme.

Il est attendu du candidat qu'il montre sa capacité de raisonnement, son assimilation des outils de représentation et de modélisation du comportement réel des ensembles mécaniques.

Commentaires

Le Jury apprécie que les candidats sachent :

- tracer un schéma cinématique, minimal ou architectural suivant le cas, ou un schéma dynamique, correct dans sa forme ;
- tracer un schéma adapté au problème posé traduisant convenablement le réel, le passage du réel au modèle étant convenablement argumenté et susceptible de permettre d'atteindre l'objectif visé par le problème posé ;
- mettre en place un ou des repérages adaptés, des variables et des paramètres appropriés.

En particulier, pour les analyses de sollicitations le long de pièces auxquelles il est possible d'appliquer la théorie des poutres, il est attendu que les candidats posent clairement deux repères disjoints :

- le repère de l'étude dynamique globale, qui aura servi pour l'analyse des actions de liaisons et qui servira à repérer les positions successives de la section courante d'analyse des sollicitations, les critères de choix de ce repère étant d'être orthonormé, et commode compte tenu des directions remarquables de la structure et des actions qu'elle supporte ;
- le repère lié à la section mobile, dans lequel seront exprimées les sollicitations, dont les critères de choix sont d'être orthonormé, centré sur le centre d'inertie de la section de la poutre, en ayant un axe porté par la ligne moyenne de la poutre, donc orthogonal au plan de la section, les deux autres étant les axes principaux d'inertie de la section.

Il semble qu'une large majorité des candidats confonde les deux repères, et que la minorité qui les différencie considère que le second n'est que le translaté du premier, ce qui ne permet pas à ces candidats d'être préparés pour aborder en écoles l'étude des structures à barres, des poutres courbes ni des sections autres que circulaires.

RESOLUTION

Objectifs

Évaluer la capacité du candidat à établir un résultat caractérisant un comportement mécanique

Attendus

Il est attendu du candidat qu'il montre sa capacité à appliquer une méthode et à obtenir un résultat dans l'un des trois thèmes d'interrogation cités ci-dessus. Il doit donc montrer sa connaissance des principes fondamentaux et des lois de la mécanique, justifier des méthodes et démarches employées et analyser la validité des résultats.

Commentaires

Le jury fait là aussi quelques observations récurrentes.

Pour la cinématique, les candidats sont souvent capables de donner les relations cinématiques permettant d'évaluer des lois d'entrée sur des mécanismes pour ce qui concerne des entraînements par obstacle ou des entraînements par adhérence. Mais peu sont capables de rappeler l'origine de la formule et de définir son domaine d'application.

Pour la dynamique, les principes sont moins bien appliqués. Les approches énergétiques sont souvent ignorées. L'étude de régimes transitoires (démarrage ou freinage) pose problème pour un tiers des candidats, c'est souvent lié à la difficulté qu'ils ont à gérer les inerties des éléments en mouvement.

Pour ce qui concerne la résistance des matériaux, les hypothèses de base sont mal connues et certaines confusions persistent. Une majorité de candidats analyse encore les sollicitations dans le repère général d'étude de la structure, ce qui aboutit évidemment à des résultats fantaisistes sur certains sujets. Parmi les candidats qui considèrent bien un repère mobile lié à la section d'étude, bon nombre ne savent pas trop en quel point il est attaché à la section, et la réponse de loin la plus fréquente est : « au centre de la section ». Le principe d'équivalence est en général bien connu et la plupart du temps bien appliqué. L'expression des contraintes normales associées à l'effort normal est en général correcte ; pour celles associées à la flexion pure ou simple, et pour les contraintes associées à la torsion dans une pièce de révolution, l'expression est fantaisiste pour un tiers des candidats, faisant intervenir les modules d'élasticité ou ne respectant pas l'homogénéité à une contrainte. L'obtention d'un graphe propre et clair de représentation de la répartition des contraintes dans la section est rare pour la flexion, plus fréquent pour la torsion.

De façon générale sur la deuxième partie

Il est fondamental que les candidats gèrent convenablement leur temps de préparation en loge, de telle sorte qu'ils se préparent également sur les deux premières parties. Il est **anormal** qu'ils arrivent devant le jury en n'ayant rien fait ou presque sur la deuxième partie. Aucune durée complémentaire de préparation ne peut être accordée, si ce n'est au détriment du volume de travail effectivement traité, de son approfondissement et donc de la valorisation de la prestation.

L'évaluation est faite sur

- la capacité de raisonnement de modélisation on évalue la capacité de prise en compte des conditions réelles (jeux, déformations, dimensions, dispositions, ...) dans le passage du réel aux modèles utilisés dans les modélisations de problèmes. Le candidat doit être capable d'exposer sa démarche de raisonnement et de justifier le modèle retenu pour traduire le comportement réel de la partie de mécanisme à étudier dans le cadre de l'application à traiter.
- l'assimilation des outils de représentation et modélisation On évalue l'assimilation des méthodes et règles de représentation graphique mises en œuvre dans une description exhaustive des modèles à considérer dans l'étude demandée. La modélisation fournie doit être adaptée pour définir complètement le comportement du système à étudier

dans la résolution du problème à traiter. Elle doit fournir toutes les données, avec la mise en place sur les schémas des repères, dimensions, représentation des actions mécaniques et paramètres nécessaires pour la détermination des résultats.

- l'appréciation de la démarche de résolution et l'exactitude des réponses

3ème partie : question supplémentaire

Objectifs

Évaluer un point de connaissance supplémentaire pris dans le programme de SI.

Attendus

A partir du dessin utilisé comme base de l'interrogation, une question supplémentaire est proposée au candidat, Le thème est pris dans un des quatre que sont construction mécanique, mécanique, automatique et fabrication mécanique. Le sujet sera au choix de l'interrogateur. Après 10 min de préparation le candidat fera une présentation orale

Commentaires

Question supplémentaire de Construction

Les questions posées sont en général des questions ouvertes, posées à partir d'une solution locale du dessin du dossier.

Le Jury attend que les candidats sachent :

1. analyser et comprendre la question qui leur est posée ;
2. mettre en place un raisonnement clair et structuré de recherche de solutions : par exemple, énoncé d'un bref cahier des charges du problème posé, inventaire des principaux paramètres susceptibles d'intervenir et constituant critères de choix de solution, phénomènes physiques intervenant, structuration logique en familles de solutions ;
3. proposer des solutions adaptées et convenablement argumentées, assorties de la fourniture de quelques ordres de grandeur de caractéristiques propres ;
4. s'exprimer de manière claire en utilisant un vocabulaire adapté.

Le Jury marque peu d'intérêt pour les réponses superficielles, sans analyse du problème, sans raisonnement, sans structuration, pauvres en solutions, même et surtout si elles sont déguisées en discours généreux, mais vide.

Question supplémentaire de Mécanique

Les questions de mécanique posées dans cette troisième partie se veulent complémentaires des questions de mécanique de la partie 2 et ne traite pas de la même thématique.

L'objectif est qu'à partir d'une modélisation proposée le candidat fasse une étude de comportement - en dynamique ou en statique - en cinématique - en résistance de matériau. Il est attendu du candidat qu'il montre sa capacité à appliquer une méthode et à obtenir un résultat dans l'un des trois thèmes d'interrogation cités ci-dessus. Il doit donc montrer sa connaissance des principes et des lois, justifier des méthodes et démarches employées et analyser la validité des résultats.

Les différentes remarques énoncées dans le commentaire de la partie 2 restent évidemment valables. Spécifiquement on notera que les candidats n'ont pas tous le réflexe de vérifier l'homogénéité d'un résultat, ni d'analyser la validité du résultat.

Question supplémentaire de Fabrication

Ici aussi il est possible d'exprimer quelques attentes fondamentales du Jury qui valorisera les candidats qui savent :

5. analyser et comprendre le problème qui leur est posé ;
6. mettre en place un raisonnement clair et structuré de recherche de solutions ;
7. proposer des éléments de solutions adaptés et convenablement argumentés.

Cela est vrai qu'il s'agisse de la mise en place de la cotation fonctionnelle partielle d'une pièce, du choix d'un matériau et d'un procédé de fabrication ou de l'esquisse d'une gamme de fabrication.

Le Jury marque en revanche peu d'intérêt pour les discours vagues mais abondants, les déclarations d'intention non suivies d'application « parce qu'il faudrait plus de temps ». Ces subterfuges grossiers ne peuvent que discréditer le candidat et lui sont déconseillés.

Les aspects fabrication sont abordés très différemment selon les candidats. Nombreux sont ceux qui n'ont jamais manipulé sur machine (fraiseuse, tour, MMT) et ressortent des connaissances purement livresques.

Question supplémentaire d'Automatique

A partir du dessin de mécanisme, il peut être posé des questions dans un des domaines que sont :

- l'interface entre partie opérative et partie commande (préactionneurs, capteurs, etc.),
- la commande logique combinatoire,
- la commande logique séquentielle,
- la commande analogique.

Il est attendu du candidat une connaissance des outils de représentation et de résolution des problèmes de commande mais aussi la capacité à mettre en relation ces outils avec les composants industriels classiques.

De façon générale sur la troisième partie

Le jury a soin d'évaluer la démarche suivie pour le choix des méthodes ainsi que la justification de leur application, Il est aussi évalué la connaissance des lois, des principes et outils ainsi que la capacité qu'a le candidat à les appliquer, Dans tous les cas il est apprécié l'exactitude des réponses aux questions,

ANALYSE DES RESULTATS

L'analyse des résultats conduit à une moyenne générale de 10.24 / 20 avec un écart type de 4.35. Le profil de répartition des notes est le suivant

Session	Moyenne	Ecart type	Notes < 5	≥ 5 et < 10	≥ 10 et < 15	≥ 15 et < 20
2007	10.24	4.35	124	403	449	212

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Comme chaque année ce rapport présente une liste de points mal abordés ou mal traités lors de la dernière session mais, parallèlement, des idées ou des évolutions de méthodes de travail y sont suggérées. Elles sont le résultat de nos réflexions et de nos propres expériences. Nous ne sous-entendons pas que les façons de faire, actuelles ou passées, sont mauvaises ou obsolètes mais que certains peuvent trouver dans ces propositions des éléments qui nous aideront à diminuer encore la part de candidats à peine moyen dans le domaine de la technologie et du génie mécanique.