



Secrétariat Général

Direction générale des
ressources humaines

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Sous-direction du recrutement

Concours du second degré

Rapport des membres du jury

Session 2010

**Concours interne de l'agrégation /concours d'accès à l'échelle de
rémunération des professeurs agrégés**

Mécanique

Les rapports des jurys des concours sont établis sous la responsabilité des présidents de jury

PLAN DU RAPPORT

	Page
Partie A – Rapport du jury	1
A.1 – Composition du jury	2
A.2 – Observations générales	3
A.3 – Résultats de la session 2010	5
A.4 – Compte-rendu de la première épreuve d'admissibilité	6
A.5 – Compte-rendu de la seconde épreuve d'admissibilité	13
A.6 – Compte-rendu de la première épreuve d'admission	17
A.7 – Compte-rendu de la seconde épreuve d'admission	26
A.8 – Références des textes officiels et des programmes	35
Partie B – Éléments de corrigé relatifs à la première épreuve d'admissibilité	36
Partie C – Éléments de corrigé relatifs à la seconde épreuve d'admissibilité	56

Agrégation de Mécanique
Concours interne
Session 2010

PARTIE A

RAPPORT DU JURY

A.1 – COMPOSITION DU JURY

AURIER Thierry	Professeur de Chaire supérieure
BERQUEZ Laurent	Maître de Conférences
BONNET Nicole	Professeur Agrégé
CERATO Gilles	Inspecteur Pédagogique Régional
DELEBECQ Christian	Professeur agrégé
GAILLARD Patrice	Inspecteur Pédagogique Régional
GROSBOIS Francis	Professeur de Chaire supérieure
LOUF François	Maître de Conférences
PLANEIX Jean François	Professeur Agrégé
SAGE Michel	Professeur Agrégé
SARTOR Marc	Professeur des Universités - Président du jury
TAILLARD Philippe	Inspecteur Pédagogique Régional
TARAUD Dominique	Inspecteur Général – Vice Président du jury
VIOT Philippe	Maître de Conférences

A.2 – OBSERVATIONS GENERALES

La session 2010 a permis de sélectionner 9 candidats de très bon niveau. Le jury a encore observé cette année que, dans le vivier des candidats potentiels, un nombre significatif prépare sérieusement les épreuves et obtient des résultats très honorables. Les candidats qui ont été déclarés admissibles formaient un groupe relativement homogène : les moyennes qu'ils ont obtenues aux deux premières épreuves sont comprises entre 14.51 et 11.53 pour le public, et entre 13.91 et 10.31 pour le CAER. Les deux épreuves d'admission ont donné, elles, des résultats beaucoup plus dispersés, et ont montré, une fois encore, leur caractère sélectif. A titre d'exemple, le deuxième candidat admissible ne figure pas parmi les lauréats définitifs. Pour réussir, il était nécessaire d'avoir travaillé l'écrit pour passer la barrière de l'admissibilité, mais il est resté fondamental d'avoir, en parallèle, consacré le temps nécessaire à la réalisation d'un bon dossier, support de la première épreuve orale, ainsi que de s'être préparé aussi bien que possible à l'épreuve de travaux pratiques. Cette année encore, les candidats qui ont réussi le concours sont ceux qui ont obtenu de bons résultats à chacune des quatre épreuves.

Concernant les épreuves écrites, les programmes qui sont publiés par le ministère, et les nombreux sujets des années antérieures qui sont accessibles par différentes voies (dont le téléchargement), doivent constituer des repères importants pour guider ceux qui veulent orienter leurs études et effectuer des approfondissements. Le champ des domaines couverts est relativement vaste, et c'est vrai qu'il n'est pas facile d'être au meilleur niveau dans tous les secteurs disciplinaires. Mais il apparaît qu'une parfaite connaissance des domaines les plus fondamentaux, accompagnée d'une bonne maîtrise dans un certain nombre de domaines plus particuliers, permettent en général d'atteindre un niveau de résultats déjà très honorable.

Concernant les épreuves orales, nous invitons les candidats à prendre connaissance des recommandations qui sont répétées dans les différents rapports du jury. Si les textes officiels fixent les caractéristiques principales des deux épreuves, les compléments qui figurent dans les rapports ne sont pas inutiles car ils sont là pour apporter aux candidats des informations pratiques susceptibles de leur éviter des choix qui s'avèrent généralement contreproductifs. Il est clair que, comme chaque année, parmi les candidats de la session 2010 qui se sont trouvés en difficulté, certains auraient obtenu de bien meilleurs résultats s'ils avaient pris le temps de mieux appréhender l'esprit des épreuves qu'ils avaient à préparer.

L'esprit et la lettre de ce concours restent donc inchangés. Il doit permettre à un professeur en fonction de prouver sa maîtrise des concepts et des connaissances de base des grandes composantes de la discipline et favoriser la réussite des enseignants experts en pédagogie, capables d'organiser et de structurer une formation de manière motivante, efficace et exigeante.

Le jury apprécie de constater que, malgré le faible nombre de places au concours interne, le nombre de candidats reste important, ce qui montre l'importance de ce concours de promotion interne, accessible à tous les professeurs qui feront l'effort de mettre à jour leurs connaissances disciplinaires et d'investir dans la pédagogie.

A.3 – RESULTATS DE LA SESSION 2010

Concours interne

Nombre de postes :8

Nombre d'Admissibles :18

Nombre d'Admis :8

Moyenne d'admissibilité du premier Admissible : 14.51

Moyenne d'admissibilité du dernier Admissible : 11.53

Meilleure moyenne des deux épreuves d'Admission : 14.65

Plus basse moyenne des deux épreuves d'Admission : 4.25

Moyenne générale obtenue par le premier Admis : 14.23

Moyenne générale obtenue par le dernier Admis : 11.75

CAER

Nombre de postes :2

Nombre d'Admissibles :5

Nombre d'Admis :1

Moyenne d'admissibilité du premier Admissible : 13.91

Moyenne d'admissibilité du dernier Admissible : 10.31

Meilleure moyenne des deux épreuves d'Admission : 8.59

Plus basse moyenne des deux épreuves d'Admission : 5.85

Moyenne générale obtenue par le candidat Admis : 11.25

A.4 – COMPTE RENDU DE LA PREMIERE EPREUVE D'ADMISSIBILITE

EPREUVE DE MECANIQUE PRENANT APPUI SUR UN SYSTEME INDUSTRIEL

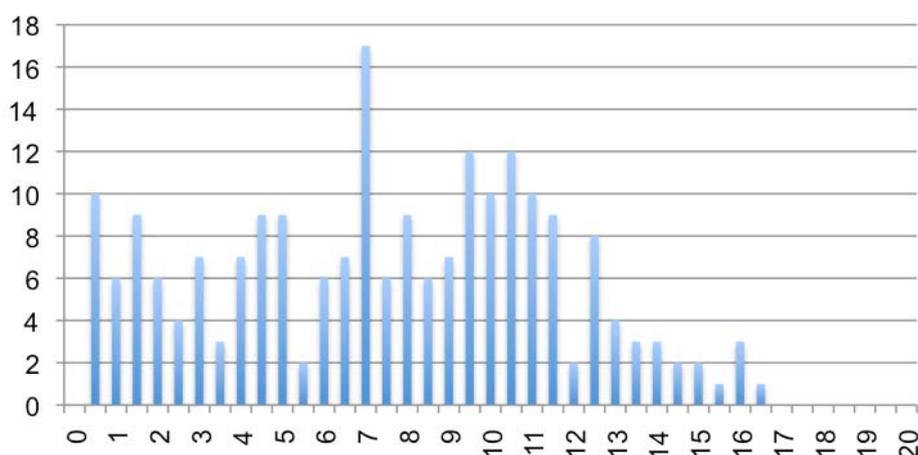
VARIATEUR DE SCOOTER

Le sujet s'intéressait à un variateur piloté utilisé sur un scooter. Une première partie portait sur l'influence de deux modes de fonctionnement du variateur et sur les performances dynamiques du véhicule. La seconde s'intéressait au dimensionnement du variateur.

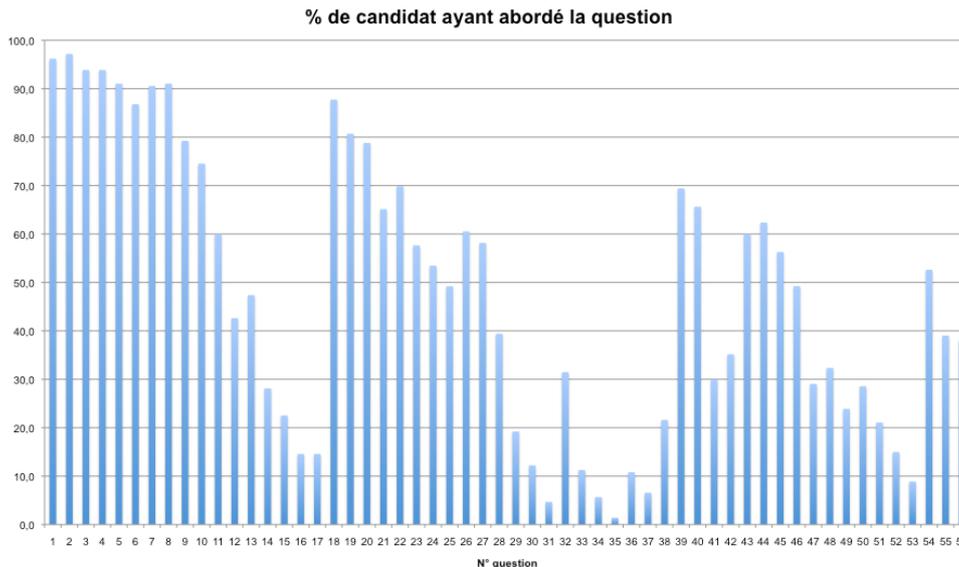
Les questions étaient regroupées autour de l'étude de six fonctions techniques ce qui conduisait à autant de parties quasiment indépendantes.

213 candidats ont composé. Les résultats ont conduit à une moyenne égale à 7.23/20.

Notes Epreuve de mécanique



Si l'ensemble des questions ont été abordées, elles l'ont été de manière très inégale (voir ci-après l'histogramme des pourcentages de réponse aux questions). On remarque que le pourcentage de réponse décroît très rapidement en fonction de la difficulté de la question. Ceux qui ont su aborder quelques parties plus difficiles que les autres se sont généralement bien classés. Si certains candidats ont fait la preuve de solides connaissances, d'autres semblent se présenter au concours sans préparation sérieuse.



Trop de candidats font visiblement l'impasse sur la partie pédagogique, ceci est regrettable compte tenu de l'origine et des compétences des candidats, mais aussi de l'importance relative de cette partie dans le barème (25% de la note).

Sur le plan de la forme, les correcteurs ont apprécié la qualité remarquable de la présentation de quelques copies, mais ils ont regretté que beaucoup d'autres aient été très mal écrites, avec des schémas et des croquis de très mauvaise facture.

A de nombreuses questions, trop de candidats se contentent de donner le résultat final, sans préciser le cheminement qui leur a permis de l'obtenir. Cette pratique n'est pas satisfaisante du point de vue des membres du jury. On rappelle que les candidats doivent montrer leur parfaite maîtrise des outils de la mécanique non seulement à travers le résultat mais aussi à travers la pertinence et la qualité du raisonnement.

A.4.1 – Commentaires sur la 1^{ère} partie : Etude des performances du variateur

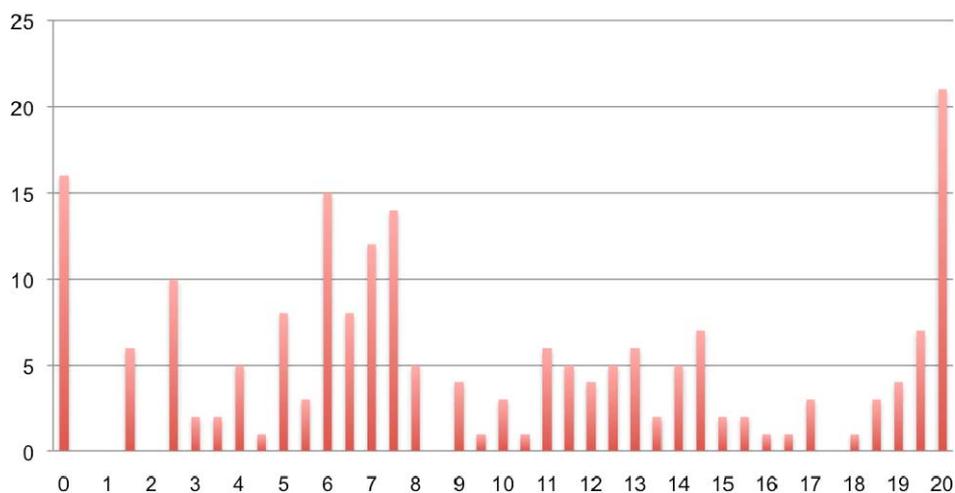
Cette partie permettait de comprendre le fonctionnement du variateur et de mettre en évidence l'intérêt de piloter la variation continue du rapport de réduction par rapport à une utilisation en mode séquentiel.

Les questions qui étaient dépendantes les unes des autres et qui faisaient appel à des compétences voisines, ont été regroupées, et chaque groupe de questions a été noté sur 20. Les histogrammes qui suivent présentent les résultats obtenus pour chaque groupe de questions (nombre de candidats ayant obtenu la note 0,1... 20).

A.4.1.1 – Fonction technique : Optimiser l'accélération du scooter.

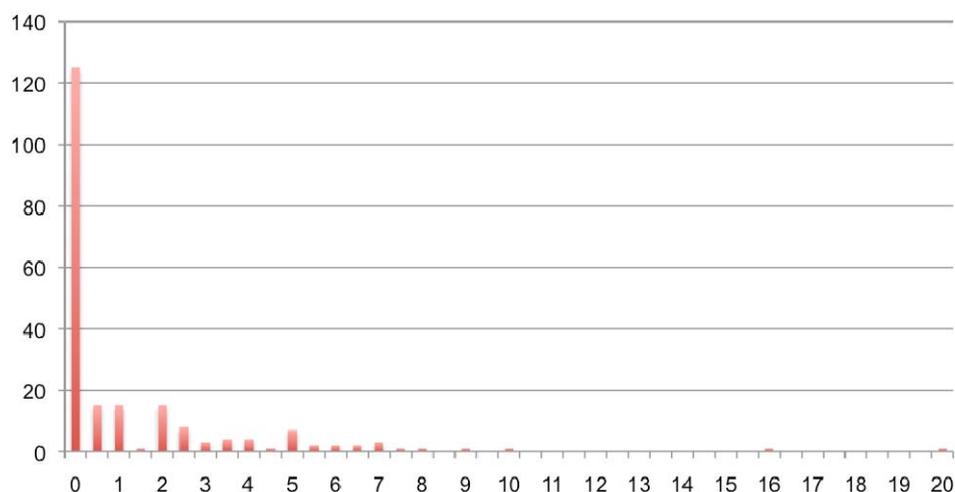
Les 10 premières questions devaient permettre au candidat de tracer la vitesse du scooter en fonction de la vitesse de rotation du moteur ainsi que la puissance à la roue en fonction de la vitesse pour les 2 modes de fonctionnement du variateur. Un trop grand nombre de candidats n'a pas tracé correctement ces courbes, probablement à cause d'une lecture approximative du sujet.

Questions 1-10



Les questions 11 à 17 visaient à mettre en évidence l'intérêt du mode puissance sur les performances du scooter par rapport au mode séquentiel. Trop de candidats (plus de la moitié) n'ont pas réussi à écrire un bilan de puissance correct, ne connaissant pas l'expression de la puissance dissipée par les frottements aérodynamiques et, dans une moindre mesure, la puissance dissipée par la résistance au roulement. Il devient alors difficile de pouvoir appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour déterminer les accélérations pour les différentes vitesses et les différents temps d'accélération.

Questions 11-17



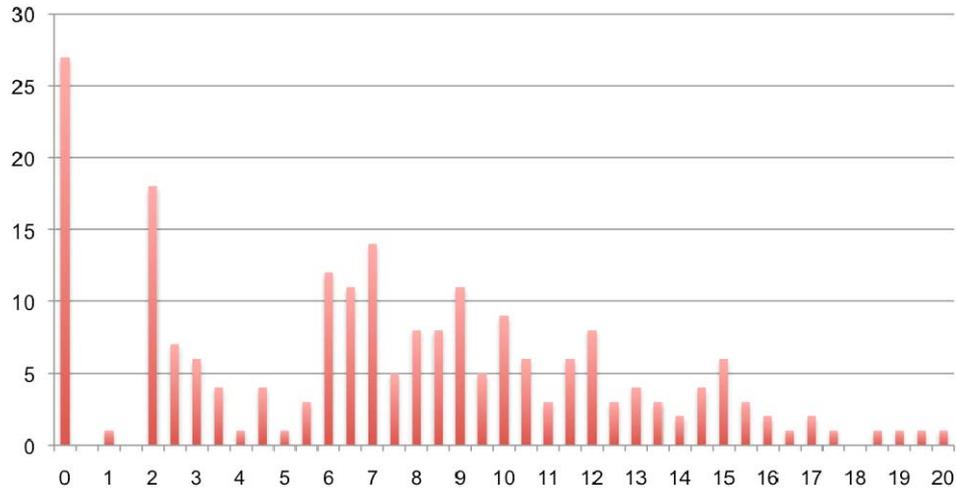
A.4.2 – Commentaires sur la 2^{ème} partie : Dimensionnement du variateur

A.4.2.1 – Fonction technique : Adapter le rapport de réduction du variateur.

Les questions 18 à 25 permettaient de définir les rayons primitifs d'enroulement de la courroie et de déterminer le déplacement du flasque mobile pour passer du rapport de réduction mini au rapport de réduction correspondant à une vitesse du scooter de 100 km/h.

Trop de candidats ont confondu tangente et sinus lors du calcul de l'inclinaison des brins de la courroie et ont ignoré le fait que la courroie se déplace sur 2 cônes lors du calcul du déplacement du flasque mobile.

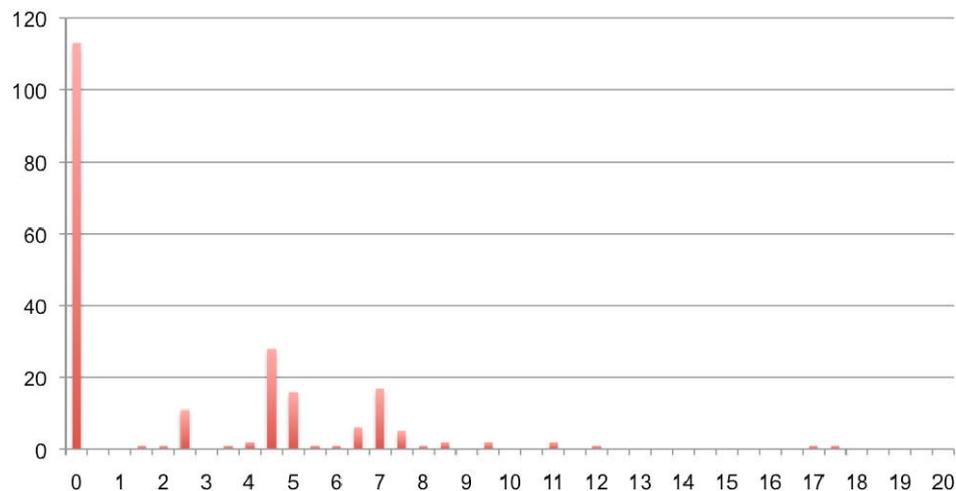
Questions 18-25



A.4.2.2 – Fonction technique : Transmettre la puissance entre l'entrée et la sortie du variateur.

Les questions 26 à 31 étaient dédiées à la mise en place des expressions utiles au calcul des efforts dans la courroie. Si les questions 26 et 27 ont été traitées par une majorité des candidats, les questions suivantes, sans difficulté particulière, ont été peu traitées.

Questions 26-31

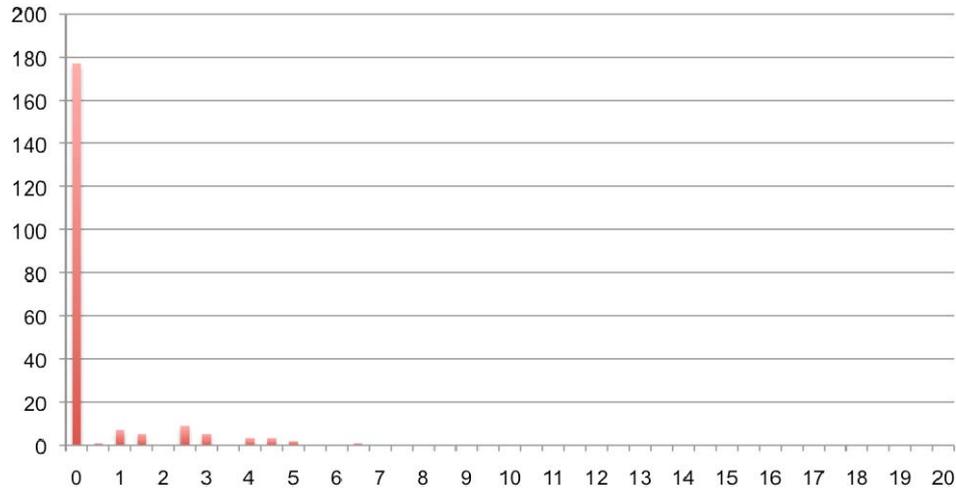


A.4.2.3 – Fonction technique : Assurer un effort axial proportionnel au couple à transmettre.

L'objectif des questions 32 à 35 était de calculer le pas de l'hélice de la came couple permettant d'exercer sur la courroie un effort presseur proportionnel au couple à transmettre. Seulement 10% des candidats ont traité ces questions. Les développements à mettre en œuvre étaient très classiques (ils sont explicités dans de nombreux ouvrages de référence).

Les questions 36 à 38 faisaient appel à des connaissances de technologie. Les candidats ayant compris le fonctionnement d'un variateur pouvait apporter des éléments de réponse même sans avoir à développer des calculs.

Questions 32-38

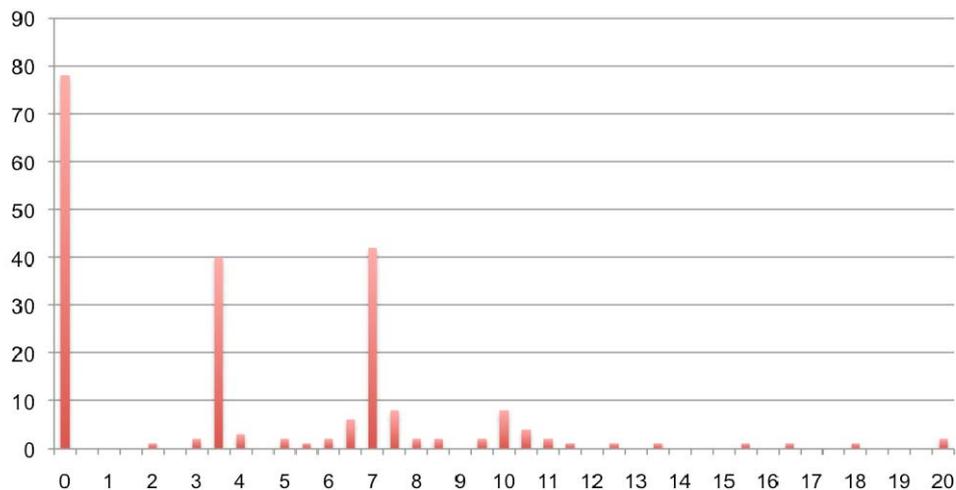


A.4.2.4 – Fonction technique : Commander le changement de rapport de réduction.

L'objectif de cette partie était de dimensionner le moteur électrique permettant de piloter le changement de rapport de réduction. Les questions 39, 40 et 42 permettaient de calculer le rapport de réduction du réducteur et le lien entre la vitesse de déplacement du flasque mobile et la vitesse de rotation du moteur ainsi que la relation entre le couple à exercer par le moteur et l'effort sur le flasque mobile.

La question 42 nécessitait d'avoir répondu à la quasi totalité des questions précédentes.

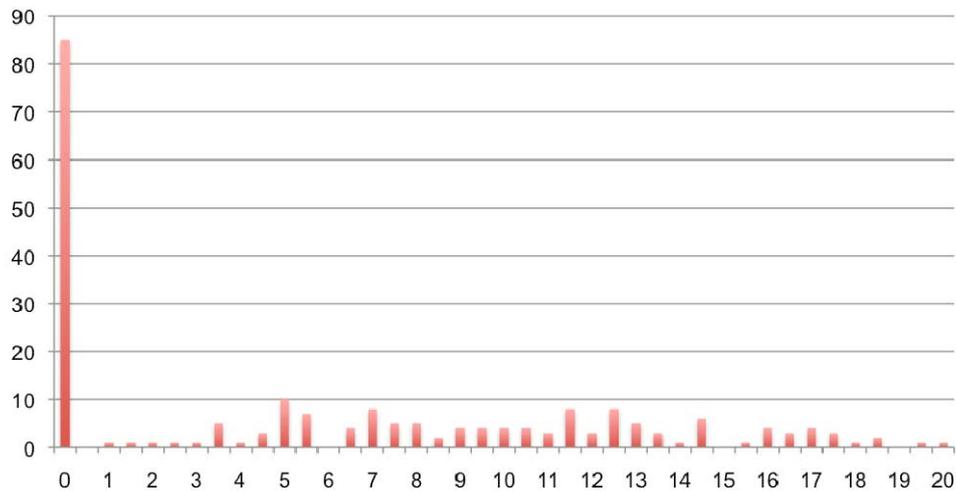
Questions 39-42



A.4.2.5 – Fonction technique : Transmettre un couple par la pièce 39.

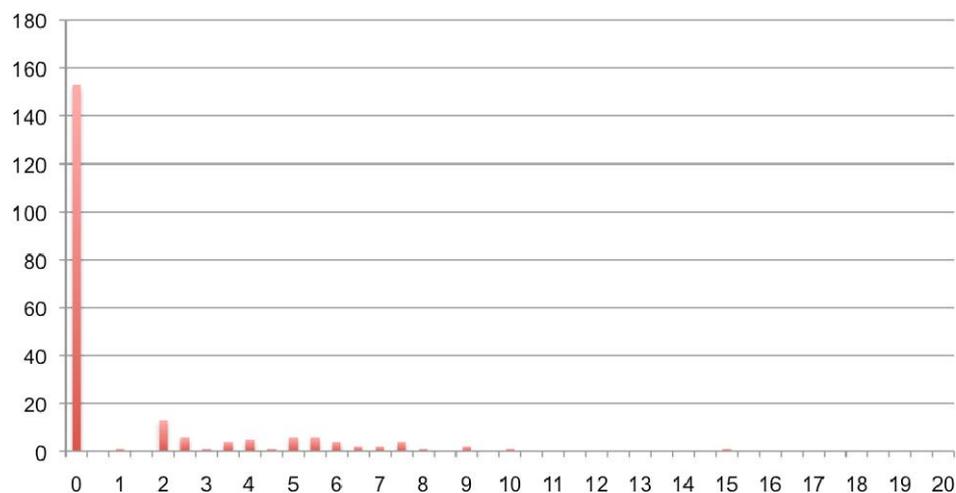
L'objectif de cette partie était de dimensionner la pièce 39. Les questions 43 à 47 étaient des questions classiques permettant de calculer les efforts au niveau des liaisons. Le jury s'étonne qu'il y ait des candidats qui ne maîtrisent pas ces notions.

Questions 43-47



Il fallait répondre correctement aux questions 43 à 47 pour être en mesure de déterminer le torseur des efforts intérieurs à la question 48, le couple de torsion à la question 49 et la contrainte de cisaillement à la question 50. Les questions 51, 52 et 53 n'étaient que des applications numériques qui n'ont été traitées que par 40% des candidats.

Questions 48-53

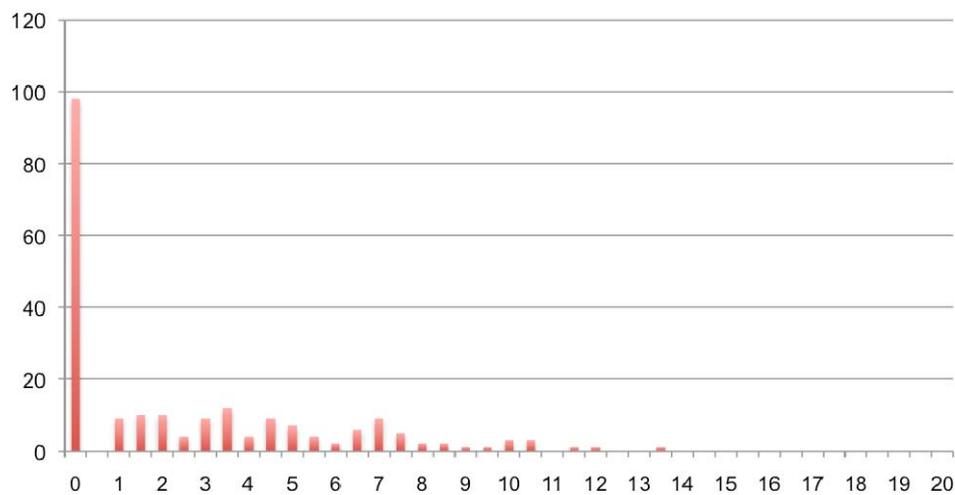


A.4.3 – Commentaires sur la 3^{ème} partie : Exercice pédagogique

Les questions 54 à 56 n'ont pas été suffisamment abordées. Ces questions pédagogiques sont l'occasion pour les candidats de montrer leurs compétences d'enseignant. De plus, elles sont indépendantes des questions scientifiques et techniques précédentes et, si elles demandent des connaissances particulières (ici en surmoulage), ces connaissances sont rappelées dans les documents techniques. Les questions 54 à 56 ne présentaient pas de

difficulté particulière et la plupart des candidats auraient dû leur consacrer davantage de temps et d'intérêt.

Questions 54-56



A.5 – COMPTE RENDU DE LA SECONDE EPREUVE D'ADMISSIBILITE

ETUDE D'UN PROBLEME D'AUTOMATISATION

PORTIQUE DE SCENE

L'épreuve d'automatique portait sur l'étude d'une structure mobile support d'éclairage d'une salle de spectacle appelée gril. La mise en mouvement du gril est réalisée par quatre palans et permet de proposer aux spectateurs de multiples « figures ».

La première partie du sujet permettait d'aborder la structure générale du système ainsi que la commande séquentielle du gril mobile, ceci pour différentes figures scéniques.

La seconde partie portait sur l'étude de l'asservissement en vitesse de la motorisation des palans permettant la descente verticale du gril mobile. Il s'agissait de mettre en place dans un premier temps la structure du schéma bloc d'asservissement puis dans un deuxième temps d'étudier la synthèse d'une correction permettant le respect du cahier des charges en termes de stabilité et de précision.

La troisième partie permettait de développer une séquence pédagogique en STS MAI qui concernait le choix et l'implantation d'un constituant industriel d'acquisition de données.

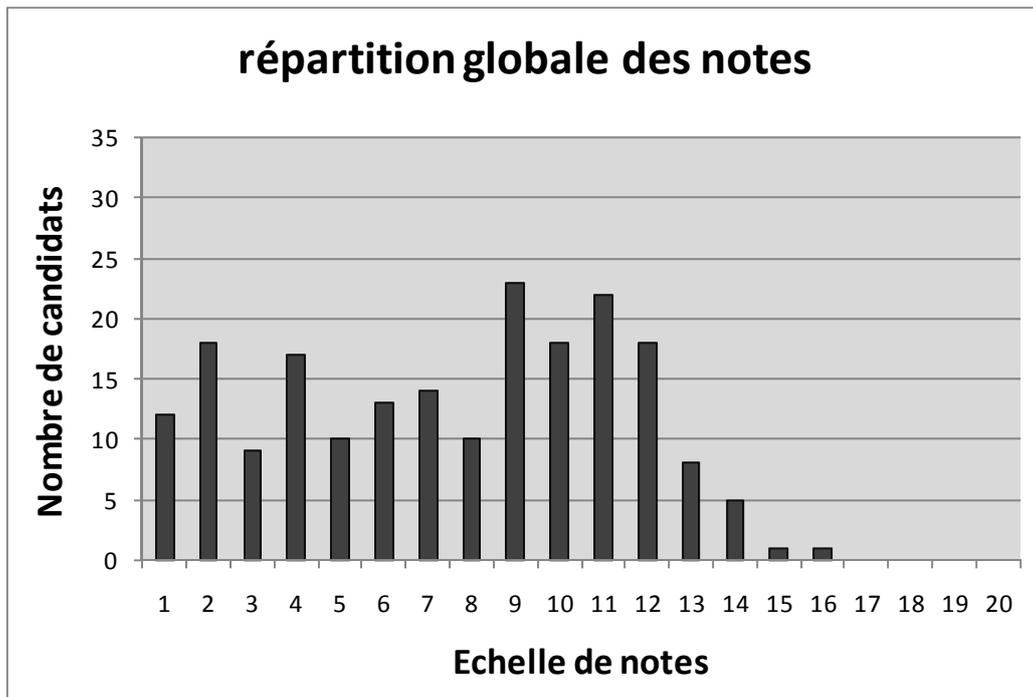
198 candidats se sont présentés à cette épreuve. La moyenne de cette épreuve est de 7,1/20 avec un écart type de 3,8. Parmi les candidats ayant au moins composé sur une des trois parties de l'épreuve, 9 ont une note inférieure ou égale à 1 et 64 (32%) ont une note inférieure ou égale à 5.

Les trois parties ont été traitées de manière inégale par les candidats. En effet, 84 candidats c'est-à-dire plus de 42 % n'ont pas abordé la partie pédagogique. Les auteurs tiennent à rappeler l'importance qui doit être accordée à cette partie de l'épreuve. Le temps à y consacrer doit être de 2h ce qui correspond à environ 33% de la note finale. Cette partie très classique doit permettre aux enseignants en activité de valoriser leur expérience professionnelle acquise depuis plusieurs années.

Certaines copies sont d'un très bon niveau et le jury a apprécié la qualité de leur rédaction.

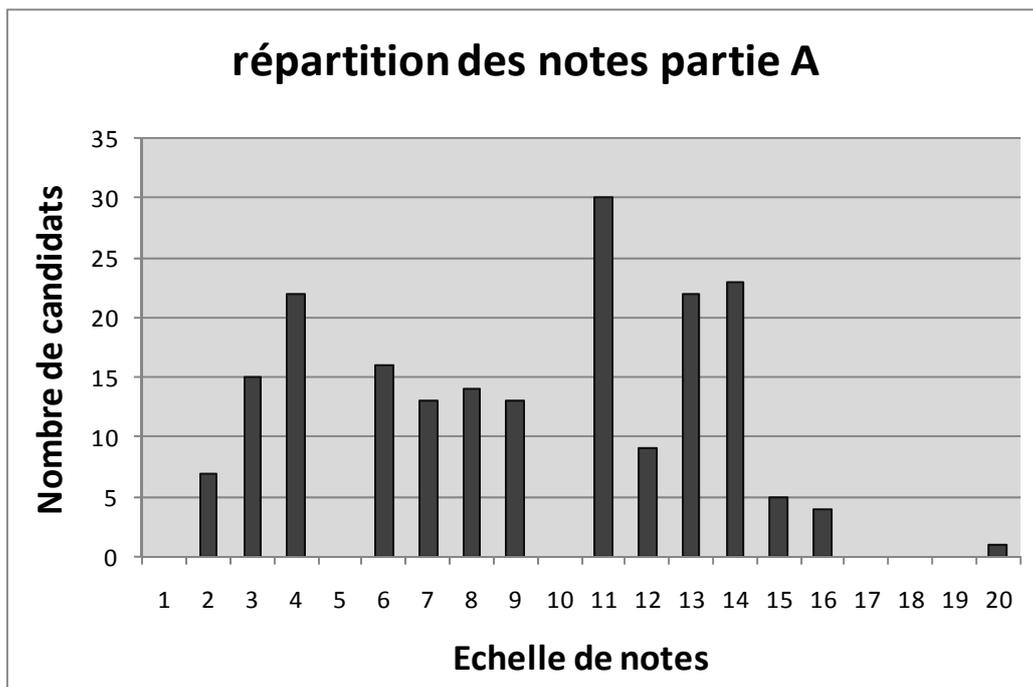
Le jury recommande aux candidats de préparer cette épreuve avec une plus grande attention.

N.B. : Dans les histogrammes proposés ci-après, seuls les candidats ayant composé sont pris en compte.



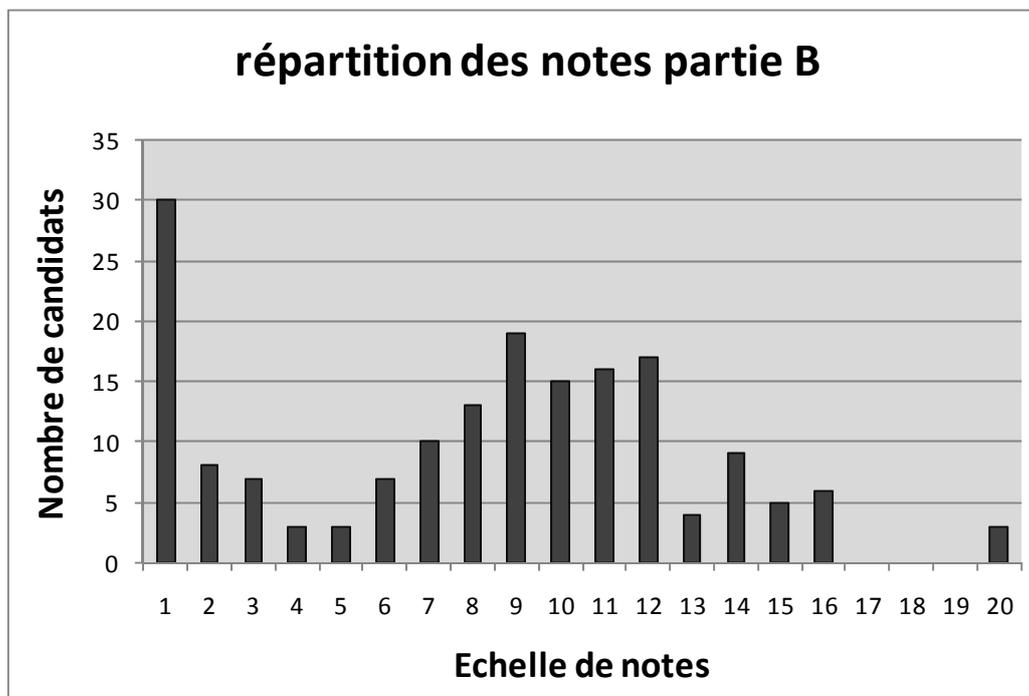
A.5.1 – Commentaires sur la Partie A : Etude séquentielle

Cette première partie a été abordée par 98 % des candidats et 10 % des copies sont d'un excellent niveau. Les trois premières questions (1, 2, 3) permettaient de s'appropriier le fonctionnement global du système au travers de l'implantation du roulement codeur, de l'identification des entrées/sorties, et la loi de commande en vitesse du moteur. Ces questions ont été majoritairement abordées. Les questions suivantes (4, 5, 6) portaient sur la description de la loi de commande des quatre palans. Ces questions ont été moins développées. Les questions 7 et 8 ont été peu abordées. De nombreux candidats ont globalement bien réussi cette partie.



A.5.2 – Commentaires sur la Partie B : Etude de l'asservissement en vitesse

Cette seconde partie a été abordée par 88 % des candidats. Parmi les copies des candidats ayant composé, 9 % sont d'un excellent niveau. Par contre, 26 % ont été évaluées avec une note inférieure ou égale à 5/20 ce qui est le reflet d'une préparation très insuffisante.



A.5.2.1 – Etude mécanique du moto réducteur.

Cette partie était consacrée à la détermination du rapport de réduction du double train épicycloïdal constituant le réducteur ainsi qu'à la détermination de l'inertie équivalente ramenée sur l'arbre moteur de l'ensemble des pièces en mouvement. Cette partie pourtant classique et sans difficulté particulière n'a été traitée en moyenne que par 72% de candidats.

La détermination du rapport de réduction d'un train épicycloïdal n'est maîtrisée que par 47% des candidats ayant traité cette question. Certains candidats se sont contentés de donner le rapport de réduction global sans justification, rapport global fourni dans la partie A du sujet. D'autres tentent de se rappeler de la relation de Willis, et beaucoup trop de candidats ne savent pas la retrouver. Le jury note trop souvent l'absence d'indications sur les référentiels d'observation des vitesses, point qui a été fortement pénalisé.

Même remarque au sujet de la détermination de l'inertie équivalente. Seulement 67 % des candidats ont traité cette question et parmi eux seuls 60% ont eu une note supérieure ou égale à la moyenne. Trop souvent l'inertie équivalente est vue comme la somme des inerties respectives des différents éléments. Beaucoup de candidats font des calculs inutiles en appliquant le théorème de l'énergie-puissance. Ils se sont pénalisés par le temps perdu à ces développements inutiles. Lors du mouvement considéré, la masse du grill est répartie sur les quatre palans, l'étude portant sur un seul palan, il fallait diviser la masse totale par quatre, ce que très peu de candidats ont pris en compte. Une lecture plus attentive du sujet devrait éviter ce type d'erreurs.

A.5.2.2 – Etude de l’asservissement en vitesse du moteur électrique.

Cette partie subdivisée en trois sous parties (II-A, II-B, II-C) était également très classique et sans difficulté majeure.

La partie II-A était consacrée à l’étude de la commande du moteur en tension ainsi que de sa réponse en courant. Le problème de surintensité observé au démarrage du moteur conduisait dans la partie II-B à la mise en place et au réglage d’une boucle de courant. La partie II-C concernait l’étude de la boucle de vitesse et son réglage par un correcteur proportionnel intégral permettant de respecter les exigences du cahier des charges en termes de stabilité et de précision.

Respectivement 52 %, 20 % et 11 % des candidats ont abordé plus de la moitié des questions relatives aux sous parties II-A, II-B et II-C.

Le jury a apprécié certaines excellentes copies mais regrette le manque de préparation manifeste de trop nombreux candidats. Les bases des systèmes linéaires continus et invariants sont insuffisamment acquises. Trop peu de candidats maîtrisent la mise sous forme canonique des fonctions de transfert. La notion de fonction de transfert en boucle ouverte est très souvent confondue avec celle de chaîne directe. Le principe de superposition utilisé lors de la présence d’une perturbation pour définir les fonctions de transfert n’est pas suffisamment connu.

Lors des applications numériques encore trop peu de candidats précisent les unités.

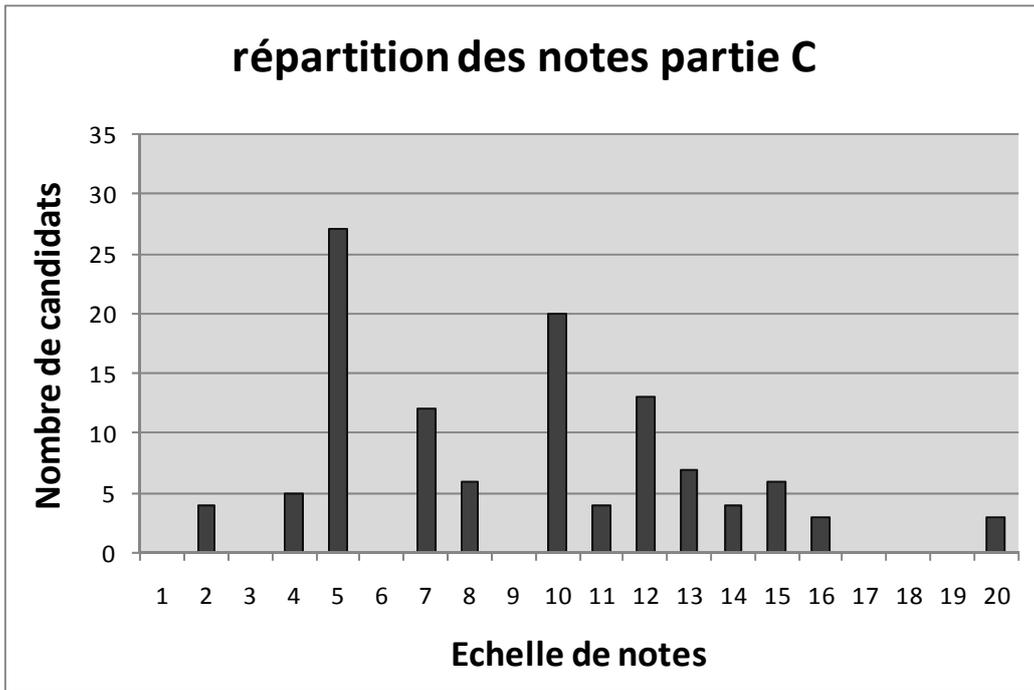
Trop peu de candidats savent qu’une fonction de transfert du second ordre se mettant sous la forme de deux premiers ordres implique forcément un coefficient d’amortissement supérieur ou égal à 1 et donc une réponse temporelle à un échelon amortie.

Le réglage des correcteurs par la méthode de compensation des pôles n’est pas suffisamment connu.

Le jury insiste également sur la nécessité d’une qualité de rédaction minimale. Malgré que de nombreuses copies soient convenables à cet égard, certaines sont d’une qualité déplorable, questions non numérotées, résultats non encadrés, écriture illisible...

A.5.3 – Commentaires sur la Partie C : Étude pédagogique

Cette troisième partie n’a été abordée que par 56 % des candidats. Il s’agissait de rédiger le contenu formel d’un cours de deux heures, en exploitant les travaux de la partie A, et les données complémentaires de la partie C.



A.6 – COMPTE RENDU DE LA PREMIERE EPREUVE D'ADMISSION

DOSSIER - ENTRETIEN

A.6.1 – Rappel des textes officiels définissant l'épreuve d'entretien

A.6.1.1 – BOEN n° 32 du 29 septembre 1988

L'épreuve consiste en la présentation et la soutenance par le candidat d'un dossier original relatif à un projet qu'il a conduit dans le cadre de la discipline dans laquelle il enseigne. Le thème du projet est pris dans les programmes des enseignements technologiques de la spécialité donnés dans les classes terminales de lycée ou dans les classes post baccalauréat.

Le projet doit mettre en valeur :

- d'une part la dimension technologique du thème dans ses composantes scientifiques, techniques et aussi économiques, sociales et humaines ;
- d'autre part les aspects pédagogiques en relation avec le niveau d'enseignement retenu.

Le candidat dispose de trente minutes pour présenter :

- les raisons qui l'ont conduit au choix du thème,
- les réalisations (documents, matériels, logiciels...) relatives aux aspects techniques et pédagogiques du projet,
- les objectifs pédagogiques retenus, leur opérationnalisation, notamment les modes et les critères d'évaluation retenus,
- les documents d'enseignement établis.

Le jury, au cours de l'entretien de trente minutes qui suit l'exposé, peut :

- faire approfondir certains points du projet,
- demander des précisions sur les solutions techniques adoptées,
- faire expliciter certains aspects de la démarche pédagogique.

Le jury apprécie :

- la valeur industrielle, technique et économique du thème retenu,
- la qualité du travail effectué ;
- les connaissances scientifiques et techniques du candidat ;
- la maîtrise de la didactique de la discipline, des méthodes et moyens d'enseignement ;
- la connaissance de l'environnement du système technique support du thème ;
- les qualités d'expression et de communication du candidat.

A.6.1.2 – BOEN n° 42 du 08.12.88, note du 28.11.88.

Le dossier élaboré par le candidat est relatif à un problème de caractère industriel. Les études techniques, justifiant les solutions, doivent être en rapport avec le programme des épreuves écrites d'admissibilité (mécanique, technologie de construction, automatique et informatique industrielle). Le thème choisi pour l'exploitation pédagogique sera traité au niveau d'une classe terminale ou post-baccalauréat.

A.6.2 – Informations relatives à l'organisation de l'épreuve

Le déroulement global de cette première épreuve d'admission est le suivant :

- le candidat déclaré admissible envoie par courrier postal, avant une date limite définie par le calendrier du concours, deux exemplaires d'un rapport écrit (le dossier) qu'il a préparé librement, longtemps à l'avance ;
- le jury expertise le dossier ;
- le candidat présente oralement au jury les éléments principaux de son dossier (trente minutes au maximum) ;
- à l'issue de cette présentation, le candidat apporte des éléments complémentaires en réponse à des questions que les membres du jury ont relevées à la lecture du dossier ou durant l'exposé (trente minutes environ).

A.6.2.1 – Contenu du dossier

Le dossier doit être clairement identifié (nom et prénom du candidat, titre de l'étude) et bien structuré (sommaire, introduction, ..., conclusion, bibliographie, annexes, pagination). L'expression écrite doit être maîtrisée et la présentation graphique de qualité (figures propres, schémas lisibles).

Le dossier comporte deux parties principales distinctes :

- une étude scientifique et technique,
- une exploitation pédagogique.

L'étude scientifique et technique comprend au moins :

- la présentation du système industriel retenu comme support, avec notamment :
 - . le cahier des charges associé, en conformité avec la norme,
 - . les documents techniques élaborés ou rassemblés ;
- la définition des problèmes techniques que le candidat a identifiés et la définition des objectifs associés ;
- les développements associés à chaque problème technique et les résultats qui en découlent. Cette partie constitue le cœur du dossier technique. Il importe d'y poser les vrais problèmes industriels associés au produit étudié et de proposer des conclusions pertinentes dans le domaine de la construction mécanique. Le niveau auquel doivent se situer les modélisations et les développements est au moins celui des épreuves d'admissibilité de l'agrégation de mécanique. Le candidat doit apporter toutes les informations utiles permettant de distinguer les développements qui relèvent de sa contribution personnelle de ceux qui ont été établis par une source extérieure, notamment ceux réalisés par la société qui a conçu le système (il convient de toujours citer l'origine des résultats extérieurs).

La partie pédagogique est destinée à des élèves des classes SI (sciences de l'ingénieur), STI (sciences et techniques industrielles) et/ou à des étudiants des classes post-baccalauréat (STS, IUT, CPGE). Elle est constituée de :

- la trame d'une seule séquence d'enseignement, constituée d'une association structurée de phases de cours, de TD, de TP, construite à partir d'un ou plusieurs centres d'intérêts, visant à résoudre un problème technique particulier et permettant d'atteindre un ou plusieurs objectifs d'apprentissage identifiés ;

- du développement complet d'une seule séance pédagogique, issue de la séquence choisie, s'appuyant sur le support industriel retenu dans laquelle les élèves sont amenés à effectuer des manipulations sur le système étudié. Cette séance contient tous les documents et supports didactiques nécessaires. Il convient de différencier les documents de préparation du professeur des documents remis aux élèves, et de proposer des corrigés types d'excellente qualité.

Le jury rappelle qu'une séance est l'unité d'enseignement la plus petite en durée et qu'une séquence est un agencement structuré de séances d'enseignement.

A.6.2.2 – Présentation orale du dossier

Le candidat reçoit par courrier, quelques temps avant l'épreuve, les informations définissant les équipements mis à sa disposition dans la salle d'exposé (poste informatique, vidéo projecteur, rétroprojecteur). Il peut obtenir, en prenant contact avec l'établissement dans lequel se déroule l'épreuve, des informations complémentaires sur les équipements fournis.

Durant les trente minutes qui précèdent le début de sa présentation, le candidat peut accéder à la salle dans laquelle il va effectuer son exposé, y prendre contact avec l'environnement matériel et y aménager le cadre de sa prestation (affichage, installation de maquette, préparation des moyens audiovisuels, etc.).

Au terme de cette préparation, le candidat dispose de trente minutes au maximum pour présenter son dossier. Le jury ne pose pas de question pendant l'exposé.

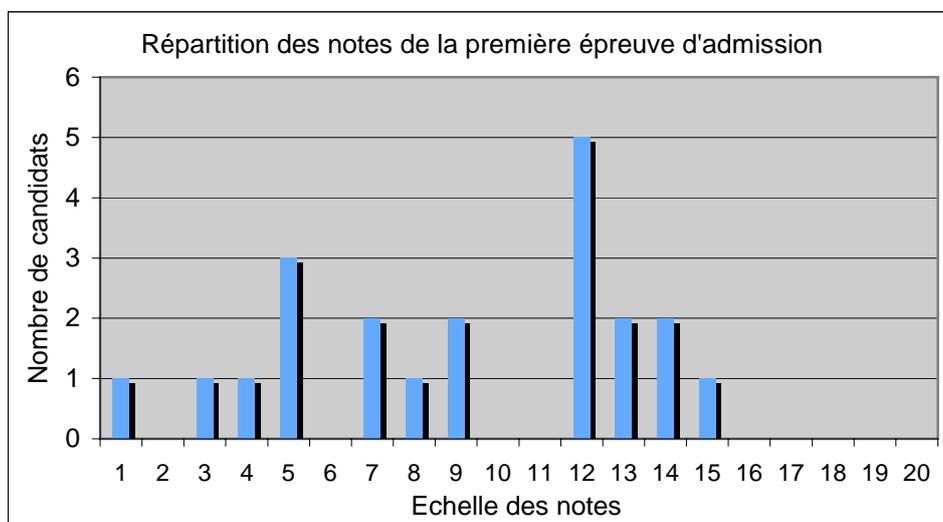
A.6.2.3 – L'entretien avec le jury

L'exposé est suivi d'un entretien qui dure environ trente minutes (cf. BOEN n°32 du 29/9/88 précédemment reproduit dans ce compte-rendu). Dans cette phase, les membres du jury posent des questions afin d'obtenir du candidat qu'il complète son exposé, d'abord sur la partie technique, puis sur la partie pédagogique. Ces questions ne visent pas à mettre le candidat en difficulté ou à le déstabiliser, elles doivent permettre d'évaluer le niveau de maîtrise que le candidat possède vis à vis du travail présenté.

A.6.3 – Résultats

Les résultats obtenus par les candidats présents à l'oral sont regroupés dans l'histogramme ci-après. Cinq dossiers ont été évalués favorablement (note > 13/20) car ils avaient les principales qualités attendues. Le contenu du mémoire, ainsi que la présentation, reflétaient un bon travail d'investigation, et montraient que les candidats avaient pris le temps de faire les bons choix d'étude et de s'approprier les sujets traités. Cinq autres dossiers ont été jugés assez bons (notés 12/20). Malgré des études de qualité satisfaisante, les candidats ont montré des points faibles dans la maîtrise des sujets traités, notamment au moment de la réponse aux questions. Cinq dossiers ont conduit à des résultats décevants (notes entre 7 et 10) alors que le support choisi permettait de mener des études intéressantes. Les six autres prestations ont été considérées insuffisantes, dont une vraiment décevante. Dans cette catégorie figurent les dossiers qui laissent apparaître que le candidat n'a approfondi aucun des thèmes présentés, se limitant à des développements soit purement descriptifs, soit vraiment basiques, donc en décalage avec le niveau du concours. Quelques dossiers étaient mal structurés, voire brouillons, les études proposées étant généralement très difficiles à

comprendre, la mise en situation, les hypothèses d'étude, ou tout simplement les notations utilisées ayant été oubliées ou négligées. En écrivant leur dossier, certains candidats n'avaient visiblement pas fait l'effort de s'identifier au lecteur.



Les remarques qui sont reportées dans le paragraphe ci-après ont un lien direct avec les critères qui régissent l'évaluation des candidats. Aussi, le jury invite les futurs candidats à tenir compte de ces observations et conseils lors de la préparation de cette épreuve.

A.6.4 – Remarques et conseils du jury

Avant tout, il est bon de préciser que le jury accueillerait défavorablement des dossiers qui auraient été réalisés à la hâte. Les candidats doivent commencer à préparer leur dossier longtemps avant le début du concours. Attendre les résultats des épreuves d'admissibilité pour se lancer dans la rédaction d'un dossier est incompatible avec la réalisation d'un dossier de bonne qualité.

Les professeurs expérimentés, curieux, proches des milieux industriels et qui savent mettre en œuvre à bon escient les outils modernes de conception obtiennent généralement de très bons résultats à cette épreuve. Le jury est heureux d'apprécier chaque année les prestations d'un certain nombre d'entre eux.

A.6.4.1 - Le choix du système, la connaissance du système et de son environnement

Cette épreuve s'inscrit dans la vérification d'une compétence fondamentale que doit posséder tout professeur de Sciences et Techniques Industrielles : la capacité de bâtir une stratégie de formation en prenant comme support un système industriel moderne.

Les résultats obtenus à cette épreuve montrent que la nature du système industriel choisi comme support joue un rôle important dans la réussite des candidats. Aussi le jury recommande-t-il aux candidats d'apporter le plus grand soin à leur choix de départ. D'une part le système retenu doit fournir un champ d'investigation suffisamment riche pour leur permettre de développer une étude scientifique et technique digne d'intérêt et motivée par des contraintes industrielles authentiques. D'autre part le système doit satisfaire les critères qui font de lui un support éligible pour une exploitation pédagogique adaptée et motivante.

Le jury conseille vivement aux candidats de vérifier très tôt dans leur démarche que les systèmes industriels qu'ils envisagent d'exploiter possèdent les propriétés requises pour former le cœur d'une exploitation pédagogique intéressante. Il serait très maladroit de se lancer dans une étude technique détaillée, forcément très lourde, sans avoir effectué cette vérification préalable. Le jury rappelle qu'il est possible, voire souhaitable, de définir d'abord une intention pédagogique, s'appuyant par exemple sur les besoins identifiés dans l'exercice de sa fonction, puis de guider la recherche et le choix du système en vue de répondre au mieux à celle-ci. Les dossiers menés dans cette logique sont toujours solides et cohérents.

Un support vraiment "pauvre" met généralement les candidats en difficulté au niveau de l'étude scientifique et technique. Aussi, le jury conseille-t-il aux candidats de choisir un système :

- qui n'est pas trop simple. Parmi les fonctions techniques représentées dans le système, certaines doivent atteindre un bon niveau de complexité ou de technicité (aspects matériaux et procédés notamment) afin d'apporter la substance nécessaire au développement d'études intéressantes,
- qui est produit en série par une société industrielle. Les prototypes, les machines spéciales produites à l'unité, les bancs d'essais de laboratoire... sont à éviter, à moins qu'ils conduisent le candidat à mener des études particulièrement intéressantes et originales,
- qui comporte des solutions techniques optimisées et pertinentes vis-à-vis de problèmes de conception, de choix des matériaux, de fabrication et de maîtrise des coûts,
- qui résulte d'une démarche de conception structurée.

Vis-à-vis de l'exploitation pédagogique, un système trop spécialisé est généralement difficile à mettre en situation et à valoriser. On évitera de choisir comme support un système qui joue un rôle minime et difficile à définir dans un ensemble plus important dont on ne donne pas les contours. Il est bon que le système choisi remplisse une fonction principale facile à définir, facile à comprendre et en prise directe avec le monde moderne que côtoient les élèves. Cela n'est pas contradictoire avec le fait que le système possède une structure interne assez complexe.

Dans tous les cas, il faut éviter certains pièges comme l'utilisation :

- de mécanismes classiques, connus de tous, ou décalés par rapport aux technologies actuelles ;
- de supports dont l'exploitation a déjà fait l'objet de publications, et qui sont présentés sans développements techniques et pédagogiques vraiment nouveaux ;
- de sujets d'examens ou de concours, de supports correspondant à des études réalisées par des étudiants de sections de techniciens supérieurs ;
- de supports pour lesquels il s'avère difficile d'obtenir les informations suffisantes à la conduite d'une étude technique de bon niveau (par exemple quand la société industrielle qui produit le système étudié refuse de communiquer des informations techniques indispensables au développement d'un travail sérieux et crédible).

Le candidat doit par ailleurs montrer dans son dossier qu'il a acquis une très bonne connaissance du système retenu, c'est-à-dire de sa constitution, de son fonctionnement, des contraintes économiques qui ont guidé sa conception et des conditions d'exploitation qui accompagnent sa mise en œuvre. Le jury apprécie les dossiers dans lesquels les candidats fournissent un cahier des charges et un dossier technique de définition du système étudié, avec ses composantes techniques et économiques, et mettent en évidence les critères qui ont dirigé les choix de conception et d'industrialisation. Le jury n'évaluerait pas favorablement des candidats qui n'auraient pas compris le fonctionnement du mécanisme retenu ou qui produiraient des cahiers des charges improbables ou une définition incomplète du système.

Pour acquérir la connaissance du système et de son contexte, le candidat doit mener une recherche active et collecter toutes les données techniques et économiques accessibles. Le

candidat est invité à établir des contacts directs avec un ou plusieurs membres de l'entreprise qui a conçu le système retenu, et à valoriser dans son dossier, autant que faire se peut, les informations obtenues lors de ces échanges. Quand le contexte est favorable, un dialogue technique précis lui permet généralement d'obtenir les renseignements suffisants à la mise au point du dossier. Par contre, il est très rare d'obtenir de l'entreprise les réponses à toutes les questions... et le candidat devra toujours, à partir des données acquises, proposer et justifier ses hypothèses de travail.

Par ailleurs, le candidat est souvent amené à adapter les documents industriels aux contraintes de l'enseignement : simplifications justifiées, documents ressources adaptés, dessins et documents techniques respectant les normes en vigueur.

A.6.4.2 - L'étude scientifique et technique du système industriel

Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable de mener en autonomie une investigation scientifique et technique de très bon niveau sur tout ou partie d'un système industriel dans les domaines de la mécanique industrielle et de la construction mécanique. Le candidat doit analyser, comprendre et justifier le fonctionnement du mécanisme, valider ou critiquer les solutions retenues, proposer des améliorations. Il doit plus particulièrement se focaliser sur les points sensibles dont la maîtrise a représenté, ou représente toujours, un enjeu important pour l'entreprise créatrice du système.

Le jury attend :

- une mise en situation basée sur la description du système retenu et incluant :
 - . une étude globale et rapide de données économiques, de l'entreprise, expliquant le contexte technico économique du produit ;
 - . l'expression du besoin ou du cahier des charges relatif au système étudié, permettant au candidat de justifier les solutions constructives du système en utilisant les outils classiques de l'analyse fonctionnelle ;
 - . les documents techniques élaborés ou rassemblés : schémas de principe, schémas cinématiques, dessins d'ensemble et de définition, documents divers, maquette numérique ;
 - . éventuellement une analyse d'autres solutions existantes ou une étude des produits de la concurrence ;
- la formalisation des problèmes techniques que le candidat a identifiés et la définition des objectifs qu'il a fixés dans le cadre des études qu'il va mener. Les problèmes retenus doivent être réels ou crédibles, et de nature à justifier le développement d'une étude de bon niveau. Ces problèmes peuvent avoir été décelés, par exemple, par des SAV ou des services de maintenance, ou découler d'une analyse de performances et de défaillances. Les problèmes du type "validation de telle performance du système industriel retenu" conduisent généralement à des études triviales sans grand intérêt (par exemple le développement d'une étude RDM ou d'une analyse par éléments finis pour vérifier la bonne tenue d'une pièce qui, en réalité, ne poserait aucun problème particulier durant son exploitation industrielle, pourrait difficilement être considéré comme un problème technique approprié dans le cadre de cette épreuve de dossier).
- le développement de la résolution de tout ou partie des problèmes retenus, faisant apparaître :
 - . les modèles mécaniques et constructifs qui sont mis en place et qui servent de base à l'étude, accompagnés de l'énumération des hypothèses qui ont été faites durant leur élaboration,
 - . les démarches de résolution, manuelles et informatisées, en donnant, le cas échéant, les références des lois ou des méthodes utilisées et en insistant sur les contraintes engendrées par l'utilisation de certains outils,
 - . l'exploitation des résultats, leur interprétation, leur degré de pertinence,
 - . l'analyse des résultats en rapport avec les hypothèses de départ,

. l'analyse des résultats en rapport avec les fonctions du mécanisme, sa construction, sa structure, sa fiabilité,
. éventuellement, des propositions de modifications constructives qui ont été faites par l'entreprise ou qui pourraient lui être suggérées.

Le jury a particulièrement apprécié :

- la résolution de problèmes techniques réels, repérés par l'entreprise, qui donnent du sens aux calculs menés et permettent de finaliser les études par des propositions d'amélioration, constructives, structurelles et architecturales ;

- les études où le candidat a été amené à creuser en profondeur certains points (par exemple en hydraulique, vibrations, dynamique, plasticité...), poussant les développements à un très bon niveau scientifique et technique et s'appuyant sur des sources bibliographiques adaptées. De telles prestations révèlent une réelle motivation et des capacités d'investigation et d'adaptation, le candidat montrant qu'il a été capable, sur un point particulier, d'acquiescer et de mettre en œuvre d'une manière autonome des compétences pointues ;

- l'utilisation des logiciels de CAO 3D (modeleurs volumiques paramétrés et variationnels), de calculs (du simple tableur aux logiciels d'analyse cinématique et dynamique) et de calcul des structures (modes classiques et calculs par éléments finis) lorsque ces outils de simulation permettent d'apporter des résultats essentiels dans la compréhension du système ;

- la prestation des candidats qui ont su faire preuve de la maîtrise de la chaîne informatique et de la capacité d'y intégrer l'analyse technique et scientifique d'un système, l'utilisation de ces outils devenant une compétence professionnelle incontournable du professeur de construction ;

- les études qui comportent une partie expérimentale ;

- les développements visant à identifier le domaine de validité des modèles proposés et à conclure sur la pertinence des hypothèses sur lesquelles reposent ces modèles. Dans le cas où plusieurs approches sont développées (analytiques, numériques et expérimentales), l'étude des écarts observés permet généralement de mener une analyse critique intéressante des modèles utilisés.

Le jury ne jugerait pas favorablement les candidats :

- qui proposeraient des études trop élémentaires et superficielles, limitées souvent à une énumération de vérifications dimensionnelles basiques et sans intérêt. Le choix d'un support "pauvre" conduit généralement à ce type d'études. Les candidats ayant choisi un support très intéressant ne sauraient se borner pour autant à des études insignifiantes ;

- qui maîtriseraient mal les outils de l'analyse fonctionnelle (graphe des inter acteurs, énoncé et caractérisation des fonctions, FAST, ...) ;

- qui produiraient des développements désordonnés, parfois incompréhensibles pour le lecteur car des informations majeures ont été omises. L'auteur d'un dossier doit consigner dans son rapport tous les éléments utiles à la compréhension de son travail et les organiser dans un ordre logique (définition du problème, objectifs, modèles et hypothèses, résolution, analyse, conclusion) ;

- qui produiraient des développements analytiques erronés. Tout candidat, qui est aussi un enseignant, doit s'appliquer à formuler rigoureusement les lois fondamentales de la mécanique qu'il utilise, à vérifier l'exactitude des calculs qu'il mène, à s'assurer que les résultats qu'il obtient sont homogènes et réalistes ;

- qui mettraient en place des modèles mécaniques faux ou injustifiés pour pouvoir utiliser des outils informatiques connus. Un bon mécanicien doit se confronter à la réalité de la technologie et ne pas la détourner pour justifier l'utilisation de démarches de résolution ;

- qui, mettant en œuvre les outils de simulation (éléments finis, dynamique des solides rigides...) sans discernement, aboutiraient à des résultats erronés (par exemple, dans le cas des modélisations par éléments finis, les incohérences pourraient être liées aux conditions, aux limites, au choix du type et de la taille des éléments, à l'inadéquation entre d'une part le

maillage utilisé - sa forme, son raffinement - et d'autre part la nature et la précision des résultats analysés...), ;

- qui utiliseraient des outils de simulation numérique quand la résolution analytique s'impose de manière évidente.

A.6.4.3 - L'exploitation pédagogique du support industriel

Elle permet de vérifier que le candidat est capable d'exploiter judicieusement, dans le cadre de son métier d'enseignant, un système industriel qu'il a lui-même préalablement identifié comme étant porteur d'une forte valeur ajoutée pédagogique. Les systèmes industriels se prêtent bien, généralement, à une exploitation pédagogique, que ce soit au niveau de l'apprentissage des modèles de comportement de la mécanique, des modèles de représentation, des démarches d'analyse actuelles ou au niveau de l'acquisition d'une culture des solutions techniques. Mais cette exploitation doit être faite avec discernement et compétence.

Le jury a apprécié les dossiers dans lesquels :

- une justification pertinente du choix est apportée par le candidat ;
- l'exploitation pédagogique prend appui sur les éléments caractéristiques significatifs du support, notamment quand celui-ci présente une technologie originale ;
- tous les documents relatifs à la séance pédagogique développée sont fournis et commentés ;
- les travaux pratiques proposés conduisent à des activités réelles, de mesure ou d'expérimentation, sur le système ;
- la séance pédagogique développée a été testée, éventuellement améliorée, puis validée par le candidat.

Les exploitations s'avèrent décevantes lorsque les candidats :

- analysent mal les potentialités de leur support ;
- proposent des activités structurées mais "classiques" ne traitant pas certains aspects caractéristiques de leur mécanisme ;
- n'associent pas la proposition d'une séquence d'apprentissage à un vrai problème technique à résoudre. Ce manque de "contextualisation" est une erreur pédagogique grave car l'objectif même de cette épreuve est de faire le lien entre un support industriel motivant et des objectifs d'apprentissage ;
- restent à un niveau d'analyse et de calcul, sans déboucher sur des propositions techniques constructives alors que, là encore, le sens de l'épreuve tient dans cet aller-retour permanent qui doit être mené entre une réalité, sa modélisation en vue de répondre à un problème, sa résolution et l'exploitation des résultats pour justifier la création ou l'évolution d'une solution constructive.

A.6.4.4 – Articulation entre les parties scientifiques et pédagogiques

Lorsque le candidat choisit de proposer une exploitation pédagogique sur un thème qui reprend l'un de ceux développés auparavant dans le dossier scientifique et technique, le jury lui conseille d'être attentif au niveau des études qui sont proposées dans chacune des deux parties. Les études scientifiques doivent être menées au niveau de l'agrégation, alors que les exploitations pédagogiques doivent être adaptées au niveau du public visé (classes de terminale, de STS, d'IUT...).

A.6.4.5 – Présentation orale du dossier

Trente minutes représentent une durée relativement courte. Aussi est-il indispensable que chaque candidat s'assure au préalable que le contenu de son exposé est compatible avec cette durée. Le candidat doit savoir aller rapidement à l'essentiel, en évitant de se laisser

entraîner dans des considérations générales sans intérêt pour la compréhension des problèmes abordés.

Les présentations qui savent mettre en valeur la pertinence du système industriel retenu, explicitant avec discernement l'intérêt qu'il présentait en matière d'exploitation pédagogique et en matière d'étude technique, sont accueillies favorablement.

Le jury apprécie généralement les exposés structurés de la manière suivante :

- présentation de l'intention pédagogique qui a motivé, au départ, le choix du support,
- présentation du système retenu,
- définition des problèmes traités dans le dossier,
- présentation détaillée de quelques développements parmi ceux proposés dans le dossier, en retenant de préférence ceux réalisés au plus haut niveau scientifique et technique,
- définition rapide de la séquence d'enseignement durant laquelle le support pourra être exploité,
- présentation détaillée de la séance pédagogique que le candidat a choisi d'approfondir,
- conclusions, dont la justification des différents choix.

Concernant la forme, la majorité des candidats utilise efficacement les outils de vidéo projection mis à leur disposition. Les candidats doivent éviter de s'appuyer exclusivement sur la rétro projection de transparents établis par copie des pages de texte de leur rapport.

A.6.4.6 – L'entretien avec le jury

De nombreux candidats ont su tirer parti de cette phase de l'épreuve pour montrer qu'ils avaient acquis une très bonne maîtrise du sujet abordé.

Bien que cela puisse paraître assez évident, le jury conseille aux candidats :

- de bien écouter le contenu des questions posées afin de bien appréhender leur sens,
- de prendre le temps de réfléchir avant de répondre,
- de formuler des réponses aussi concises et rigoureuses que possible. Il est inopportun de délayer exagérément toutes les réponses, ceci pouvant avoir pour conséquence de donner l'impression que le candidat cherche à gagner du temps.

Le jury ne créditerait pas favorablement les réponses qui mettraient en évidence :

- une méconnaissance des contraintes économiques et des études de marchés ;
- des insuffisances dans la maîtrise du projet technique présenté. Le candidat intervient en qualité "de chef de projet" et doit par conséquent exprimer des réponses satisfaisantes concernant le choix des solutions retenues ;
- des lacunes dans le maniement des outils de la mécanique ;
- une connaissance insuffisante des matériaux et des procédés modernes de fabrication ;
- de nombreuses inexactitudes dans la formulation d'objectifs, d'acquis préalables et de savoirs à transmettre, aussi bien sur le fond que sur la forme.

A.7 – COMPTE RENDU DE LA SECONDE EPREUVE D'ADMISSION

TRAVAUX PRATIQUES

A.7.1 – Organisation de la deuxième épreuve d'admission

Le Bulletin officiel du 12 décembre 1988 précise les attendus de cette épreuve :

« Cette épreuve consiste à exploiter des documents techniques et pédagogiques relatifs à une séquence de travaux pratiques ou à une séquence à caractère expérimental, élément d'un processus d'apprentissage.

Elle permet d'évaluer les capacités du candidat à :

- *proposer et justifier les principes, méthodes et modes opératoires à mettre en œuvre et à dégager les concepts auxquels ils se rattachent ;*
- *réaliser, pour tout ou partie, selon la durée impartie, l'activité prévue.*

Le programme du concours est défini par référence aux programmes des B.T.S. et D.U.T. de la spécialité. »

Pour cela, l'épreuve est divisée en deux parties distinctes :

- Une première partie, d'une durée de 4h15, consiste à découvrir, utiliser et analyser un système technique réel didactisé (système mécanique souvent automatique). Un guide de travail, proposé par un des membres du jury, permet au candidat d'aborder les concepts techniques et scientifiques mis en jeu, de manipuler et de recueillir des résultats expérimentaux et de proposer des conclusions sur le fonctionnement du système. Cette partie est évaluée par le membre du jury en charge du travail pratique et porte sur les 2/3 de la note finale.
A la fin de cette partie, le jury remet au candidat un dossier résumant les principaux résultats du TP, que le candidat pourra utiliser pour la seconde partie de l'épreuve.
- Une seconde partie est préparée durant une durée de deux heures et est présentée à un jury durant une soutenance d'une heure. Elle permet au candidat de présenter très succinctement la problématique générale du travail pratique effectué, le contexte de formation attendu, la séquence associée à un objectif de formation identifié imposé par le jury et le déroulement d'une séance de formation intégrée à la séquence précédente. Cette présentation, d'une durée de 30 minutes au maximum est ensuite suivie d'un entretien avec le jury, également d'une durée de 30 minutes au maximum. Durant cette soutenance, le jury évalue :
 - o la pertinence de la proposition pédagogique et la compréhension des objectifs du référentiel ;
 - o l'identification des compétences et connaissances visées lors de la séance de formation décrite, l'adéquation entre les objectifs visés et la séquence, la pertinence des contenus proposés ;
 - o la qualité de la communication écrite, orale et la réactivité et la pertinence des réponses aux questions du jury.

Cette dernière partie est notée par le jury et porte sur 1/3 de la note finale.

A.7.2 – Remarques générales sur les travaux pratiques

L'enseignement de la technologie s'appuie sur une approche concrète des solutions techniques qui nécessite la mise en œuvre de travaux pratiques et d'expérimentations. Les travaux pratiques permettent d'analyser le comportement réel des systèmes mécaniques afin de mettre en évidence les phénomènes et les lois physiques qui régissent leur fonctionnement, leur structure et les solutions techniques mises en œuvre et de mesurer les écarts par rapport aux modèles couramment utilisés.

Une étude des référentiels, des pratiques pédagogiques actuelles et des sujets du concours montre que les travaux pratiques interviennent principalement dans les apprentissages suivants :

L'étude des solutions techniques constructives répondant à des fonctions techniques, fondée sur l'observation, la manipulation et l'analyse de mécanismes réels, industrialisés et commercialisés. Ces exemples doivent alors illustrer des principes de construction et de fabrication adaptés au niveau de formation visé et être représentatifs des évolutions industrielles récentes.

L'apprentissage de la maîtrise des modèles de description, qui, en mécanique sont essentiellement les modèles de représentation géométrique des pièces et des produits. Ces modèles s'appuient désormais sur la notion de maquette numérique d'un mécanisme, fondement de sa définition et point de départ pour des simulations du comportement et de fabrication. En automatique, les outils privilégiés sont les schémas bloc et le Grafcet.

La découverte et la validation de modèles de comportement, essentiellement des domaines de la mécanique des solides et des fluides (mécanique générale, mécanique des fluides, mécanique des structures...) et de l'automatique. A travers des systèmes industriels pertinents appareillés et didactisés, les élèves et les étudiants peuvent appréhender des principes, des lois, des écarts de comportement entre réalité et modèle. Au niveau du concours, cette étude s'appuie sur l'utilisation d'un logiciel de simulation en association avec l'expérimentation.

La compréhension et la maîtrise des modèles technico-économiques, mettant en œuvre des méthodes d'analyse fonctionnelle, d'analyse de la valeur, de maîtrise des coûts, d'optimisation de solutions, des choix d'industrialisation innovants... Ces outils trouvent souvent une place dans l'épreuve de travaux pratiques, soit pour mieux comprendre le système proposé, soit pour justifier les recherches demandées.

Au cours de ces activités, l'acteur du TP, par une démarche rigoureuse, effectue des constats, recueille des informations qu'il convient d'exploiter et de structurer. Ces éléments enrichissent et organisent les connaissances fondamentales qui lui permettront d'aborder la résolution de problèmes nouveaux.

Les travaux pratiques proposés aux candidats permettent de dégager des connaissances fondamentales et des méthodes de raisonnement dont une partie sera réutilisée pour construire la séquence pédagogique dans tout ou partie des domaines cités ci-dessus.

A.7.3 – Réflexions sur l'exploitation pédagogique intégrée à la seconde épreuve d'admission.

Même si la situation s'est améliorée, il reste encore des candidats pour qui un travail pratique ne s'envisage que dans le cadre d'une séquence classique, déductive et démonstrative, de type « Cours, TD et TP », alors que l'objectif des travaux pratiques peut amener à d'autres pratiques. Il est donc conseillé aux candidats d'élargir le cadre d'un simple cours transmissif et, lorsque cela est pertinent et justifiable, d'intégrer leurs propositions pédagogiques dans un cadre plus large.

Le jury apprécie, par exemple, d'évaluer un candidat sur l'écriture et la présentation d'un scénario de TP placé judicieusement dans un contexte de formation, amenant l'élève à formaliser des connaissances découvertes ou approfondies au cours de la séance de travail pratique et servant de base à une leçon de synthèse des travaux pratiques d'un cycle. Le candidat est alors évalué sur la pertinence du scénario, des connaissances visées et formalisées, des activités pratiques proposées et de la complétude d'une synthèse associée. Dans ce cas, une leçon de synthèse des travaux pratiques n'est pas une leçon de correction de TP. Elle est systématiquement précédée de TP permettant d'appréhender, même partiellement, le concept à apprendre. La synthèse s'appuie sur les connaissances découvertes concrètement en autonomie pour les compléter, les structurer et les hiérarchiser

À l'inverse, un candidat pourra considérer que le travail pratique proposé sert d'application et de confortation de connaissances découvertes et formalisées dans un cours. Il devra alors montrer en quoi les liens proposés entre cours et TP aident l'élève à mieux apprendre, à débloquer des difficultés cognitives, à préparer les apports de connaissances suivants. Il devra également expliquer en quoi l'activité de travail pratique proposée est différente d'une activité de travail dirigé.

Sur les plans didactiques et pédagogiques, la place des travaux pratiques reste prédominante dans la grande majorité des programmes de formation de Sciences et Techniques Industrielles et de Sciences de l'Ingénieur. Il est donc indispensable de préciser le contexte didactique dans lequel sera proposé un travail pratique. Le tableau ci dessous présente de façon simplifiée et synthétique les cas d'utilisation les plus courants, que chaque candidat devrait utiliser pour définir la situation pédagogique de sa proposition et pour justifier l'organisation des activités proposées.

Types de Travaux Pratiques	Utilisation et contexte	Séquence			
Découverte	Permet de découvrir un nouveau concept en le contextualisant	TP _{d1} , TP _{d...}	Cours de synthèse	TD	
Confortation des connaissances	Permet d'appliquer, de vérifier de s'approprier un concept de façon concrète	Cours	TP _{c1,i}	TD	
Approfondissement	Permet de prolonger une approche, d'approfondir un concept de façon concrète	Cours	TD	TP _{1,i}	
Remédiation	Permet de reprendre l'explication d'un concept par un autre mode d'apprentissage	Cours	TD	Eval	TP remédiation
Évaluation	Permet d'évaluer un savoir-faire et un savoir associé dans un contexte donné	Cours	TP	TD	TP évaluation

Les indices 1, i... associés aux TP montrent qu'il peut y avoir plusieurs TP formant un cycle dans cette étape.

Sans prétendre à l'exhaustivité, l'énumération ci-dessous décrit les contenus envisageables à associer à chaque type de TP ainsi qu'à une leçon de synthèse.

La liste ci-dessous décrit les contenus qu'il est souhaitable d'associer à chaque type de TP :

TP découverte :

- Un contexte de formation : niveau, référentiel, laboratoires et plateaux techniques
- Un objectif de formation (savoir, savoir-faire à découvrir)
- Une fiche d'intentions pédagogiques du professeur attaché au TP
- Une fiche de formalisation des connaissances, complétée par l'élève au cours du TP, qu'il gardera et qui sera le « contrat » de formation, à retenir... et donc à apprendre !
- Le contenu du TP, comprenant :
 - La situation problème proposée à l'élève (motivation)
 - L'équipement didactique mis à sa disposition
 - Une liste d'activités à mener en autonomie pour atteindre l'objectif de résolution de la situation problème et compléter la fiche de formalisation

TP de confortation des connaissances :

- Un contexte de formation : niveau, référentiel, laboratoires et plateaux techniques
- Un objectif de formation (savoir, savoir-faire à découvrir)
- Une fiche d'intentions pédagogiques du professeur attaché au TP
- Des bases de connaissances et de méthodologies associées à l'objectif proposé (sous forme papier ou numériques)
- Des aides de remédiation associées
- Le contenu du TP, comprenant :
 - La situation problème proposée à l'élève (motivation)
 - L'équipement didactique mis à sa disposition
 - Une liste d'activités à mener en autonomie pour atteindre l'objectif de résolution de la situation problème et vérifier qu'il a bien compris le concept visé

TP approfondissement :

- Un contexte de formation : niveau, référentiel, laboratoires et plateaux techniques
- Le contenu de la séquence et les pré requis atteints en amont
- Un objectif de formation (savoir, savoir-faire à découvrir)
- Une fiche d'intentions pédagogiques du professeur attaché au TP
- Une fiche de formalisation des connaissances approfondies, complétée par l'élève au cours du TP, qu'il gardera et qui sera le « contrat » de formation, à retenir... et donc à apprendre !
- Le contenu du TP, comprenant :
 - La situation problème proposée à l'élève (motivation)
 - L'équipement didactique mis à sa disposition
 - Une liste d'activités à mener en autonomie pour atteindre l'objectif de résolution de la situation problème et compléter la fiche de formalisation

TP de remédiation :

- Un contexte de formation : niveau, référentiel, laboratoires et plateaux techniques
- Le contenu de la séquence et les pré requis atteints et non atteints en amont
- Un objectif de formation (savoir, savoir-faire à découvrir)
- Une fiche d'intentions pédagogiques du professeur attaché au TP
- Des bases de connaissances et de méthodologies associées à l'objectif proposé (sous forme papier ou numériques)
- Des aides de remédiation associées
- Le contenu du TP, comprenant :
 - La situation problème proposée à l'élève (motivation)
 - L'équipement didactique mis à sa disposition
 - Une liste d'activités à mener en autonomie pour atteindre l'objectif de résolution de la situation problème et vérifier qu'il a bien compris le concept visé
 - Une fiche d'auto-évaluation des connaissances visées

Leçon de synthèse de travaux pratiques :

Ce type de leçon vient à la suite d'un ou plusieurs TP de découverte d'un concept et ne doit pas être confondu avec une leçon de correction de TP. Elle doit prendre en compte les éléments suivants :

- Un contexte de formation : niveau, référentiel, laboratoires et plateaux techniques
- Le contenu de la séquence dans laquelle s'inscrit la leçon de synthèse de TP (liste de TP préalables à la leçon)
- Les fiches de formalisation des connaissances visées et découvertes pour chaque TP préalable
- Une fiche d'intentions pédagogiques du professeur attaché à la leçon
- Le contenu de la leçon, comprenant, à minima :
 - La trame de la leçon (plan)
 - La stratégie didactique proposée (type de cours, moyens didactiques mis en œuvre, etc.)
 - Les documents remis aux élèves (à compléter ou non)
 - L'évaluation formative associée

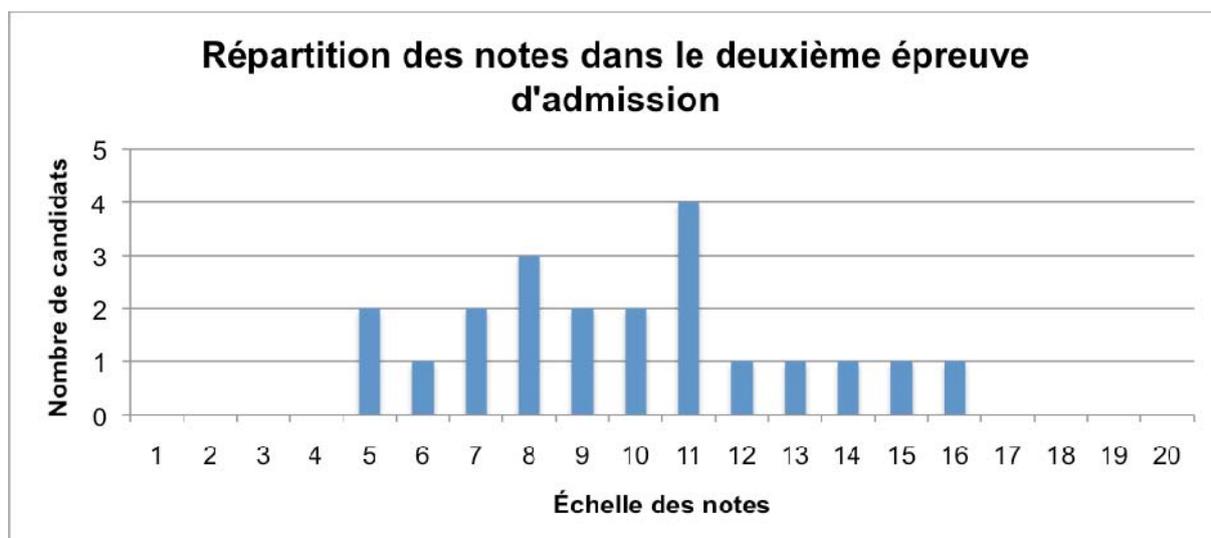
Lors de la proposition d'exploitation pédagogique, le jury attend du candidat qu'il soit capable de dégager des objectifs de formation opérationnels et correspondants aux modalités de la séquence pédagogique proposée.

Il apprécie particulièrement la liaison entre le problème technique qui peut être proposé à un élève et qui l'amène à s'intéresser au support proposé et à l'objectif de formation retenu, qui doit amener à une formalisation des connaissances découvertes et à retenir.

A.7.4 – Résultats

L'histogramme ci-après montre une répartition assez inégale des notes obtenues par les candidats.

Les 9 candidats qui obtiennent une note supérieure à la moyenne ont réussi à équilibrer les notes obtenues dans les deux parties. Souvent, l'obtention d'une note élevée à l'une des deux parties ne suffit pas à obtenir une note globale intéressante si l'autre note est mauvaise.



Le tableau ci-dessous montre la répartition des notes obtenues entre les 2 parties de cette épreuve :

1ère partie	2ème partie	Moyenne	1ère partie	2ème partie	Moyenne
Coef 2	Coef 1		Coef 2	Coef 1	
3,5	6	4,3	10	9	9,7
5	4	4,7	11,4	8	10,3
3	9	5,0	11,8	8	10,5
5,9	6	5,9	11,5	9	10,7
9	2	6,7	8,5	15	10,7
4	13	7,0	10	13	11,0
10,8	1	7,5	8,5	19	12,0
8	7	7,7	13,6	13	13,4
10	4	8,0	17	9	14,3
6	14	8,7	14	18	15,3
9,5	8	9,0			

Manifestement, certains candidats, qui rencontrent des difficultés réelles en travail pratique réussissent, à partir des résultats remis en fin de première partie, à construire une proposition pédagogique pertinente. A l'inverse, d'autres réussissent bien le TP mais ne réussissent pas, dans le court temps imparti, à proposer une exploitation pédagogique cohérente.

Ce constat montre bien l'importance de cette seconde épreuve, qui résume à elle seule la difficulté du métier de professeur de Sciences et Techniques Industrielles, qui doit être capable de concilier la double exigence de la maîtrise technique et scientifique associée à l'analyse d'un système réel et la compétence pédagogique et didactique le conduisant à utiliser de façon pertinente ce support pour faciliter les apprentissages.

A.7.5 – Recommandations et conclusions du jury

Le jury est conscient de la difficulté de cette épreuve exigeante mais fondamentale en Sciences et Techniques Industrielles.

La première partie de cette épreuve s'appuie essentiellement sur les connaissances et compétences technologiques et scientifiques du candidat. La préparation de cette partie correspond donc aux préparations classiques des deux épreuves écrites d'admissibilité.

Dans cette partie, le candidat est guidé par un questionnement de guidance et la possibilité de dialoguer avec le membre du jury qui suit le déroulement du TP.

Pour la seconde partie, il semble que de nombreux candidats aient de réelles difficultés à choisir rapidement un scénario pédagogique donné, même lorsque le niveau est imposé.

Certains candidats pensent qu'il ne faut pas proposer une exploitation pédagogique identique à la démarche proposée dans la première partie... alors que d'autres pensent le contraire et s'interdisent de faire une proposition pédagogique différente que celle vécue dans la première partie. Le jury réaffirme **que tous les choix sont possibles** et jugés avec le même niveau d'exigence, à partir du moment où le scénario pédagogique développé de la séquence et de la séance est cohérent, pertinent et justifié.

Le jury invite donc les candidats à choisir très vite une exploitation, quitte à évoquer devant le jury, lors de la soutenance, les autres possibilités envisagées, et à consacrer les 2 heures de présentation à la construction d'une séquence cohérente, et à la présentation détaillée d'une partie (séance particulière).

Lors de cette session, le jury a constaté et apprécié une réelle prise en compte des situations pédagogiques proposées. La majorité des candidats a réfléchi au scénario de formation proposé et s'est montrée capable de le justifier, de le discuter et d'en proposer des limites ou des avantages.

Même lorsque le niveau d'exploitation de la séquence pédagogique est imposé, le jury a apprécié de discuter avec les candidats sur d'éventuelles exploitations possibles à leur niveau d'enseignement habituel. Cette discussion ouverte permet au candidat de montrer sa capacité d'analyse et d'adaptation dans un contexte pédagogique connu.

Le jury conseille donc aux candidats de préparer cette épreuve en s'appropriant concrètement les différentes évolutions pédagogiques et didactiques proposées dans les référentiels et les documents d'accompagnement qui les complètent, ainsi que par la lecture des articles pédagogiques qui sont publiés régulièrement dans les revues disciplinaires. La connaissance et l'appropriation de ces réflexions dans l'enseignement quotidien d'un professeur lui permettent de mieux maîtriser ces concepts et d'éviter de faire des propositions didactiques irréalistes et inappropriées.

À partir de la session 2011, pour s'adapter aux outils informatiques utilisés et pour faciliter la tâche des candidats, le jury proposera (sans l'imposer) aux candidats d'utiliser une suite bureautique classique (de type Microsoft Office permettant l'utilisation d'un logiciel de présentation assistée par ordinateur) afin d'aider les candidats qui le souhaitent à mieux préparer leur présentation pédagogique. Un vidéoprojecteur sera également à leur disposition en salle de présentation.

A.7.6 – Quelques éléments relatifs aux TP

A.7.6.1 – Evaluation des performances d'un système

Ce TP s'appuie sur une suspension de VTT et la maquette numérique associée. Le candidat réalise dans un premier temps des expérimentations simples permettant de tester les performances de la suspension. Après avoir identifiés les paramètres influents, la maquette numérique est utilisée pour affiner les réglages de la suspension par rapport à des critères définis.

Commentaires du jury : si l'appropriation du support ne pose en règle générale pas de problème, les difficultés apparaissent lors de l'interprétation des courbes expérimentales obtenues par manque de confrontation entre la mesure et l'observation du phénomène mesuré. Les principes de base de la mécanique permettant la modélisation du phénomène doivent être maîtrisés et appliqués avec rigueur. Une connaissance minimale des outils de simulation et un regard critique sont très utiles pour la dernière partie de l'expérimentation.

A.7.6.2 – Détecteur de survitesse pour ascenseur

Le détecteur de survitesse est un produit industriel instrumenté re-contextualisé intervenant dans la chaîne de sécurité des ascenseurs.

Dans un premier temps, le candidat doit s'approprier le support et l'objectif pédagogique, à l'aide d'une analyse fonctionnelle et d'une prise en main initiale. Les activités suivantes lui sont ensuite proposées, le but étant d'optimiser la conception et les réglages du système, au regard du cahier des charges :

- élaborer un modèle de connaissance cinématique et dynamique qui peut être résolu à la main,
- proposer des modèles de comportement plus évolués à partir d'une maquette numérique fournie au candidat,
- valider expérimentalement ces modèles à partir de mesures réalisées sur le système instrumenté.

A.7.6.3 – Qualification d'un bras anthropomorphe

Le travail demandé concerne l'analyse du comportement et la qualification des performances d'un bras anthropomorphe de robot.

La première partie de l'étude s'attache à justifier les solutions techniques retenues en fonction du cahier des charges fonctionnel du système opérationnel aussi bien sur le plan de l'architecture du mécanisme que des différentes classes de commande des actionneurs composant la chaîne d'énergie.

La deuxième partie de l'étude porte sur l'élaboration d'une exploitation pédagogique à caractère expérimental associée aux problèmes techniques étudiés précédemment.

A.7.6.4 – Axe asservi en position

Le candidat doit élaborer une séance d'enseignement à caractère expérimental en privilégiant l'aspect inductif dans le domaine des systèmes asservis en CPGÉ. Il utilise pour cela les résultats expérimentaux obtenus avec les équipements proposés en salle, les informations issues d'une documentation technique ainsi que ses connaissances scientifiques relatives au domaine d'étude.

Commentaires du jury : la prise de connaissance des objectifs de la séance de travaux pratiques est insuffisante pour la plupart des candidats.

La mise en œuvre du système technique réel didactisé a été dans l'ensemble correctement menée. Cependant, l'analyse des résultats obtenus est trop souvent partielle voire erronée. De plus, des lacunes scientifiques très importantes n'ont pas permis aux candidats de proposer des modèles appropriés et de les confronter aux données expérimentales.

A.7.6.5 – Doseur pondéral

Le doseur pondéral exploité dans cette activité pratique est utilisé dans l'industrie de la plasturgie. Il permet de doser, puis de mélanger les matières premières nécessaires à la fabrication d'objets en plastique injecté.

La première partie de l'étude consiste à mettre en œuvre le système et d'exploiter les interfaces « homme/machine » pour valider ses performances, et identifier les différents constituants mis en œuvre.

La deuxième partie de l'étude porte sur l'élaboration d'une séance d'enseignement à caractère expérimental mettant en œuvre les équipements mis à disposition.

A.7.6.6 – Unité de marquage

Cette unité est utilisée dans l'industrie automobile pour marquer et identifier des tôles. Elle met en œuvre une approche pluri technologique de type électromécanique.

La première partie consiste à justifier le mécanisme retenu et à vérifier certaines caractéristiques dynamiques.

La deuxième partie porte sur l'élaboration d'une leçon associée au mécanisme.

A.8 – Références des textes officiels et des programmes

- Décret n° 72-580 du 04 juillet 1972 relatif au statut particulier des professeurs agrégés, modifié par le décret n° 2009-914 du 28 juillet 2009, publié au JORF n°0173 du 29 juillet 2009.
- Arrêté du 12 septembre 1988 fixant les modalités des concours de l'agrégation (publié au BO n°32 du 29 septembre 1988), modifié par un arrêté du 2 juin 1994 et du 18 novembre 2002.
- Arrêté du 24 juin 2009 autorisant l'ouverture des concours de recrutement des professeurs agrégés de l'enseignement du second degré pour la session 2010, publié au JORF n°0161 du 14 juillet 2009.
- Note du 09 juin 2009 fixant les programmes des épreuves des concours internes de l'agrégation du second degré et des concours internes d'accès à l'échelle de rémunération des professeurs agrégés, publiée au BO spécial n°6 du 25 juin 2009.

PARTIE B

ELEMENTS DE CORRIGE RELATIFS A LA PREMIERE EPREUVE D'ADMISSIBILITE

EPREUVE DE MECANIQUE PRENANT APPUI SUR UN SYSTEME INDUSTRIEL

VARIATEUR DE SCOOTER

Nota Bene : Le texte du sujet de la première épreuve d'admissibilité est téléchargeable depuis le site web du MENRT à la rubrique :

Concours, emplois et carrières > Personnels enseignants, d'éducation et d'orientation > Concours et recrutement > SIAC2 > Se préparer

Au 1^{er} septembre 2010, l'adresse de la page d'accès était la suivante :

<http://www.education.gouv.fr/cid4927/rapports-de-jurys-et-sujets-des-epreuves-d-admissibilite.html#Session%202010>

I Etude des performances du variateur

I.1 FT Optimiser l'accélération du scooter

Question 1 : Déterminer la relation donnant le rapport de transmission entre la vitesse de rotation de la roue arrière et celle du moteur défini par $K_T = N_R / N_M$.

$$K_T = Re d_1 \cdot Re d_2 \cdot Re d_3 \cdot K_{CVT}$$

Question 2 : Exprimer la vitesse V du deux-roues en fonction de la vitesse de rotation du moteur N_M .

$$V = \omega_{roue} \cdot R_{roue} = K_T \cdot \omega_M \cdot R_{roue} = K_T \cdot N_M \cdot \frac{2\pi}{60} R_{roue}$$

Etude de la gestion de la puissance moteur en mode « puissance » (MP)

Question 3 : Calculer les rapports de réduction mini et maxi $K_{T\text{mini}}$ et $K_{T\text{maxi}}$ de la transmission complète en mode puissance.

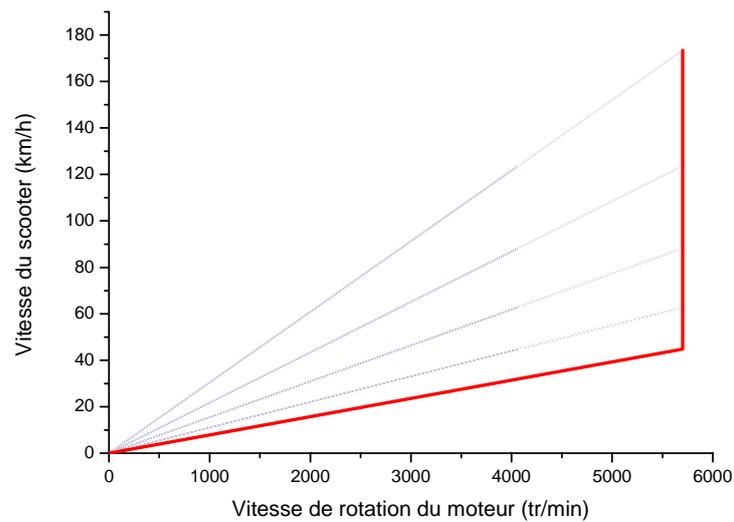
$$K_{T\text{mini}} = 0,0662 = 1/15,1$$

$$K_{T\text{maxi}} = 0,2562 = 1/3,9$$

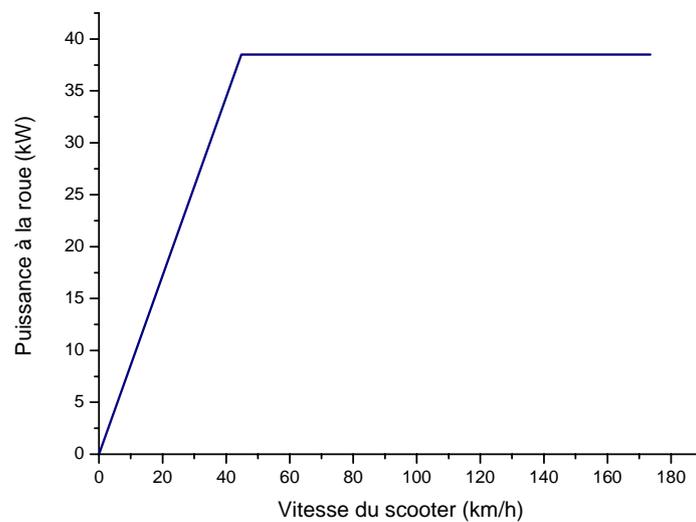
Question 4 : Déterminer les vitesses minimale et maximale du deux roues $V_{MP,\text{mini}}$ et $V_{MP,\text{maxi}}$ (en km/h), à partir de l'expression obtenue question 2.

$$V_{MP,\text{mini}} = 44.81 \text{ km/h et } V_{MP,\text{maxi}} = 172 \text{ km/h}$$

Question 5 : Tracer en trait fort sur la figure 1 du document réponse DR1, l'évolution de la vitesse V du deux-roues en fonction de la vitesse de rotation du moteur N_M et ceci pour atteindre la vitesse $V_{MP,\text{maxi}}$ en mode puissance.



Question 6 : Dédurre du graphique précédent l'évolution en mode puissance de la puissance à la roue (en prenant en compte le rendement de la transmission) en fonction de la vitesse du véhicule. Tracer cette évolution en trait fort sur la figure 2 du document réponse DR1.



Etude de la gestion de la puissance moteur en mode Séquentiel (MS)

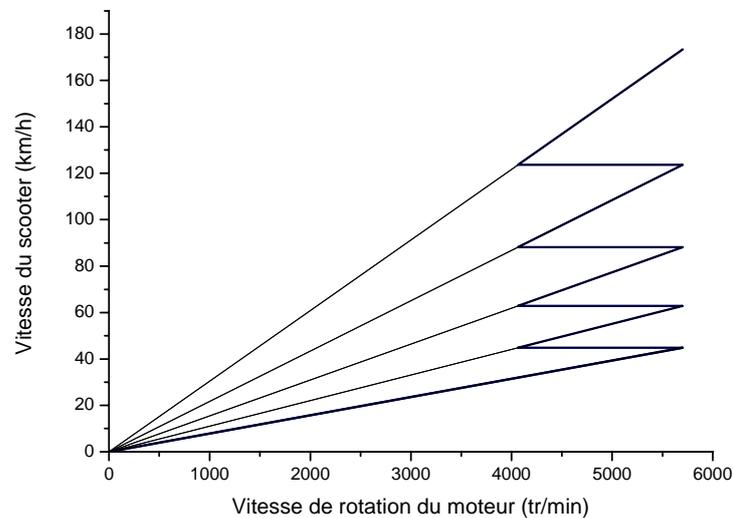
Question 7 : Calculer les 5 rapports de la transmission K_T dans le cas de fonctionnement en mode séquentiel.

Rapport i	1	2	3	4	5
Rapport de réduction K_T	1/15.10	1/10.76	1/7.67	1/5.57	1/3.90

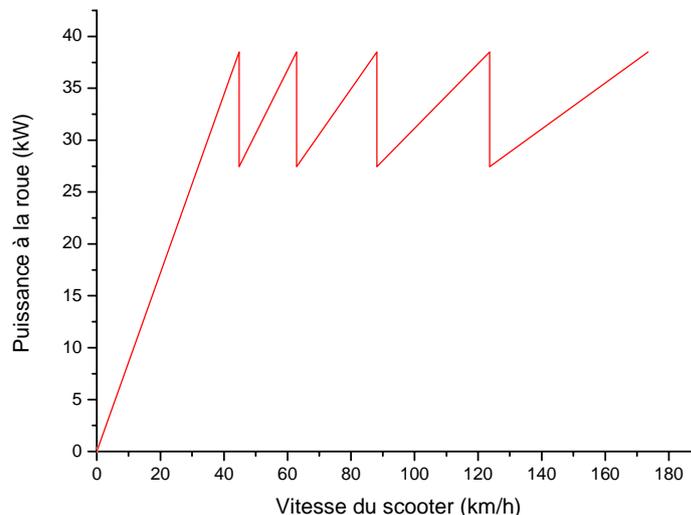
Question 8 : A partir de l'expression obtenue question 2, **déterminer** les vitesses maximales V_i (en km/h) obtenue sur chaque rapport i , lorsque la vitesse de rotation du moteur atteint $N_M=5700$ tr/min.

Rapport i	1	2	3	4	5
Vitesse V_i (km/h)	44.8	62.8	88.1	123.6	173.46

Question 9 : **Tracer** en trait mixte sur la figure 1 du document réponse DR1, l'évolution de la vitesse V du deux-roues en fonction de la vitesse de rotation du moteur N_M et ceci pour atteindre la vitesse maximale en mode séquentiel. On suppose que le pilote change de vitesse lorsque le moteur atteint sa puissance maximale et que la vitesse du véhicule reste constante pendant ce changement de vitesse.



Question 10 : **Déduire** du graphique précédent l'évolution de la puissance à la roue en mode séquentiel (en prenant en compte le rendement de la transmission) en fonction de la vitesse du véhicule dans le cas de l'utilisation du mode séquentiel. **Tracez** cette évolution en trait mixte fin sur la figure 2 du document réponse DR1.



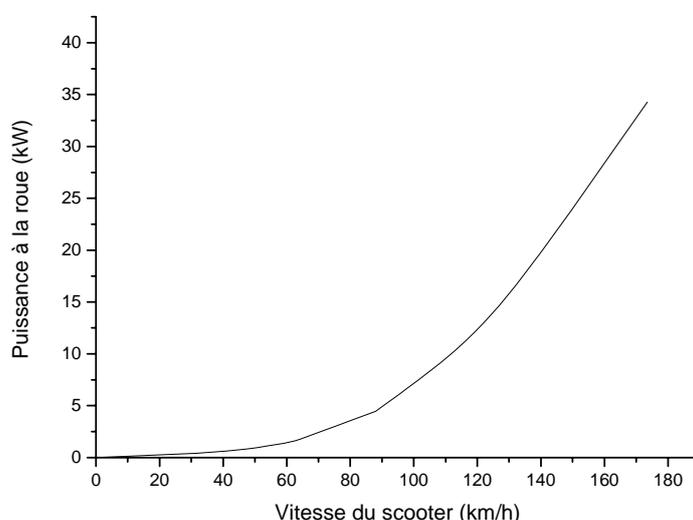
Etude de la puissance consommée

Question 11 : Déterminer la puissance consommée due au rendement de la transmission de puissance, à la résistance aérodynamique et à la résistance au roulement (en fonction de η , ρ , $S.C_x$, mg , k et V).

La puissance consommée par la résistance aérodynamique est $P_{aéro} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^3$

La puissance consommée par la résistance au roulement est $P_{roul} = m \cdot g \cdot kV$

Question 12 : Tracer en pointillés sur la figure 2 du document réponse DR 1 l'évolution de la puissance consommée en fonction de la vitesse V du scooter.



Etude de l'accélération et de la vitesse maximale

Question 13 : Déterminer l'accélération γ du scooter par le théorème de l'énergie cinétique.

Le bilan des puissances sur le scooter donne

$$P = \eta \cdot P_m(\omega_{mot.}) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^3 - m \cdot g \cdot kV \quad \text{équation 13a}$$

Il doit être noté que la puissance moteur P_m est une fonction affine de la vitesse de rotation du moteur et donc dépend de la vitesse de véhicule et du rapport de réduction K_T .

La dérivée de l'énergie cinétique donne l'expression :

$$m \cdot V \cdot \gamma = \eta \cdot P_m(\omega_{mot.}) - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^3 - m \cdot g \cdot kV \quad \text{équation 13b}$$

L'accélération est donc donnée par l'expression :

$$\gamma = \frac{1}{m} \left[\eta \cdot \frac{P_m(\omega_{mot.})}{V} - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2 - m \cdot g \cdot kV \right] \quad \text{équation 13c}$$

Question 14 : Dédurre des résultats précédents la vitesse maximale du scooter (les résultats tracés sur le document réponse pourront être exploités graphiquement).

Graphiquement, ce résultat peut être déterminé lorsque la courbe de puissance consommée croise la courbe de puissance à la roue. La vitesse maximale est donc de 172 km.

Question 15 : Calculer le temps nécessaire pour passer de 0 à 100 km/h en mode « puissance ». Afin de simplifier les calculs on négligera les effets aérodynamiques et la résistance au roulement.

De 0 à 44 km/h, le rapport de réduction du scooter est constant. Le moteur délivre un couple moteur constant, l'accélération est donc constante. Au delà de 44 km/h, le rapport de réduction du scooter varie de tel façon que le moteur du scooter fonctionne à puissance maximale.

De 0 à 44 km/h : D'après la question 13 et en négligeant les effets aérodynamiques et la résistance au roulement, on obtient : $m.V.\gamma = \eta.P_m$. A 44km/h la puissance est à sa valeur maximale, l'accélération est alors égale à 9,14 m/s². Le temps nécessaire pour passer de 0 à 44 km/h est égal à la vitesse à atteindre (44 km/h) divisé par l'accélération soit 1,36 s.

De 44 à 100 km/h, en négligeant les effets aérodynamiques et la résistance au roulement et en appliquant le théorème de l'énergie cinétique on a :

$$\frac{mV_{100}^2 - mV_{44}^2}{2} = \eta P \Delta t \text{ soit } \Delta t = \frac{mV_{100}^2 - mV_{44}^2}{2\eta P} = 2,70s$$

Le temps nécessaire pour passer de 0 à 100 km/h est égal à 4,06s

Question 16 : Calculer le temps nécessaire pour passer de 0 à 100 km/h en mode « séquentiel ». Afin de simplifier les calculs on négligera les effets aérodynamiques et la résistance au roulement.

D'après la question 13 et en négligeant les effets aérodynamiques et la résistance au roulement, on obtient : $m.V.\gamma = \eta.P_m$

Le couple moteur étant supposé constant, l'accélération pour chaque vitesse est constante. Il est alors possible de calculer l'accélération pour chaque vitesse :

Rapport	1	2	3	4	5
Vitesse à 5700tr/min	44,81	62,85	88,16	123,66	173,46
accélération	9,14	6,52	4,64	3,31	2,36
Temps pour chaque rapport	1.36	0,76	1,51	0,99	

Pour chaque rapport, la vitesse finale (correspondant à la vitesse de passage du rapport supérieur) est égale à la vitesse initiale (vitesse de passage du rapport) + l'accélération multipliée par le temps d'accélération du rapport.

Le temps nécessaire pour passer de 0 à 100 km/h est alors la somme des ces différents temps soit 4.63s

Question 17 : **Déduire** des résultats précédents le mode de transmission « séquentiel » ou « puissance » le plus performant pour accélérer de 0 à 100 km/h. Vous argumenterez votre réponse en vous exploitant la figure 2 du document réponse DR 1.

Le mode puissance est le mode le plus performant pour accélérer de 0 à 100km/h, d'autant plus que pour le mode séquentiel, il faut ajouter le temps de passage des vitesses. La comparaison reste valable si l'on tient compte des effets négligés.

Le mode puissance est le plus performant car comme le montre la figure 2, la puissance à la roue dans le mode puissance est toujours supérieure à la puissance disponible en mode séquentiel.

II Dimensionnement du variateur

II.1 FT Adapter le rapport de réduction du variateur

Question 18 : **Calculer** le rapport de réduction $K_{CVT} = \frac{\omega_{20}}{\omega_{43}}$ entre l'entrée et la sortie du variateur en fonction des rayons primitifs R_{43} et R_{20} .

$$K_{CVT} = \frac{\omega_{20}}{\omega_{43}} = \frac{R_{43}}{R_{20}}$$

Question 19 : **Déterminer** l'angle d'inclinaison des brins α et les angles d'enroulement θ_{43} et θ_{20} de la courroie autour des poulies en fonction des paramètres géométriques R_{43} , R_{20} et a .

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{R_{20} - R_{43}}{a}\right)$$

$$\theta_{43} = \pi - 2\alpha$$

$$\theta_{20} = \pi + 2\alpha$$

Question 20 : **Calculer** la longueur de la courroie L en fonction des paramètres géométriques R_{43} , R_{20} , θ_{43} , θ_{20} , a et α .

$$L = R_{43}\theta_{43} + R_{20}\theta_{20} + 2.a.\cos(\alpha)$$

Question 21 : **Exprimer** la longueur L de la courroie du rapport de réduction K_{CVT} et du rayon primitif R_{20} .

$$L = K_{CVT} R_{20} \left(\pi - 2 \cdot \arcsin \left(\frac{R_{20}(1 - K_{CVT})}{a} \right) \right) + R_{20} \left(\pi + 2 \cdot \arcsin \left(\frac{R_{20}(1 - K_{CVT})}{a} \right) \right) + 2 \cdot a \cdot \cos \left(\arcsin \left(\frac{R_{20}(1 - K_{CVT})}{a} \right) \right)$$

Question 22 : A partir du document DT11, **déterminer**, pour les 5 rapports de réduction du mode « séquentiel » définis dans le document DT9 et pour une longueur de courroie de 625 mm, les rayons primitifs R_{20} et R_{43} . **Compléter** le tableau 1 du document réponse DR2 avec les valeurs obtenues.

K_{CVT}	0,465	0,652	0,914	1,283	1,8
R_{43} (mm)	32,48	41,18	50,32	59,01	66,51
R_{20} (mm)	69,84	63,14	55,00	45,98	36,95

Question 23 : **Calculer** les angles manquants dans le document réponse (angles d'enroulement θ_{43} et θ_{20} , l'angle d'inclinaison des brins α). **Compléter** le tableau 1 du document réponse DR2 avec ces angles.

K_{CVT}	0,465	0,652	0,914	1,283	1,8
α (rd)	0,26	0,15	0,03	-0,09	-0,20
θ_{43} (rd)	2,63	2,84	3,08	3,32	3,55
θ_{20} (rd)	3,66	3,44	3,21	2,96	2,74

Question 24 : Sur la poulie motrice, **calculer** le déplacement d du flasque mobile 3 par rapport à l'arbre flasque primaire 43 en fonction du rayon d'enroulement de la courroie R_{43} . Les références sont prises telle que $d = 0$ pour $R_{43} = R_{43\text{mini}}$.

$$d = 2(R_{43} - R_{43\text{mini}}) \tan \delta$$

Question 25 : **Calculer** le déplacement d pour obtenir un rapport de réduction $K_{CVT} = 1.03$ ($V_{\text{scooter}} = 100\text{km/h}$)

Pour $K_{CVT} = 1.03$, $R_{43} = 53.46$, d'où $d = 2(53.46 - 32.48) \tan 14 = 10.46\text{mm}$

II.2 FT Transmettre la puissance entre l'entrée et la sortie du variateur

Question 26 : **Isoler** la poulie motrice 43 et **déterminer** la relation entre le couple C_{43} exercé sur la poulie motrice 43 et les tensions T_A et T_B dans les brins rectilignes de la courroie.

$$-C_{43} - (T_A - T_B)R_{43} = 0$$

Question 27 : Isoler la poulie réceptrice 20 et **déterminer** la relation entre le couple C_{20} exercé sur la poulie réceptrice et les tensions T_A et T_B dans les brins rectilignes de la courroie.

$$C_{20} + (T_A - T_B)R_{20} = 0$$

Question 28 : **Appliquer** la formule d'Euler sur les deux poulies en prenant en compte les effets d'inertie sur la courroie et **déterminer** la relation entre les coefficients d'adhérence a_{43} et a_{20} respectivement entre la courroie et les poulies 43 et 20.

$$\text{Poulie 43 : } \frac{T_A - \mu V^2}{T_B - \mu V^2} = e^{-\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}}$$

$$\text{Poulie 20 : } \frac{T_A - \mu V^2}{T_B - \mu V^2} = e^{-\frac{a_{20}\theta_{20}}{\sin \delta}}$$

$$\text{D'où } a_{20}\theta_{20} = a_{43}\theta_{43}$$

Question 29 : On se place à la limite du glissement. **Donner ou calculer** les coefficients d'adhérence a_{43} et a_{20} en fonction du rapport de réduction. **Compléter** le tableau 1 document réponse DR2.

$$\text{Si } \theta_{20} < \theta_{43} \text{ alors } a_{20} = f \text{ et } a_{43} = f \frac{\theta_{20}}{\theta_{43}}$$

$$\text{Si } \theta_{20} > \theta_{43} \text{ alors } a_{43} = f \text{ et } a_{20} = f \frac{\theta_{43}}{\theta_{20}}$$

K_{CVT}	0,465	0,652	0,914	1,283	1,8
a_{43}	0,20	0,20	0,21	0,18	0,15
a_{20}	0,14	0,17	0,20	0,20	0,20

Question 30 : **Donner** l'expression des efforts T_A et T_B en fonction de C_{43} , R_{43} , θ_{43} et a_{43} .

$$-C_{43} - (T_A - T_B)R_{43} = 0$$

$$\frac{T_A - \mu V^2}{T_B - \mu V^2} = e^{-\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}} \quad T_A = (T_B - \mu V^2) e^{-\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}} + \mu V^2$$

$$\frac{-C_{43}}{R_{43}} = T_A - T_B = T_B \left(e^{-\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}} - 1 \right) + \mu V^2 \left(1 - e^{-\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}} \right)$$

$$T_B = \frac{C_{43} + R_{43}\mu V^2 \left(1 - e^{-\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}}\right)}{R_{43} \left(1 - e^{-\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}}\right)} = \frac{C_{43}}{R_{43} \left(1 - e^{-\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}}\right)} + \mu V^2$$

$$T_A = \frac{C_{43}}{R_{43} \left(e^{\frac{a_{43}\theta_{43}}{\sin \delta}} - 1\right)} + \mu V^2$$

Question 31 : Compléter le tableau 1 du document réponse DR2 avec les valeurs manquantes.

K_{CVT}	0,465	0,652	0,914	1,283	1,8
T_B (N)	2840	2341	2063	2004	2027
T_A (N)	480	480	540	706	874

Le rendement de 0,9 global pour toute la transmission n'est pas pris en compte pour le calcul des efforts dans la courroie.

II.3 FT Assurer un effort axial proportionnel au couple à transmettre

Question 32 : Isoler le tronçon de courroie défini sur la figure précédente. Appliquer le principe fondamental de la dynamique au tronçon de courroie et déterminer la relation entre dN et dT .

On applique le principe fondamental de la dynamique à tronçon de courroie autour du point M.

$$\vec{T}(\theta) + \vec{T}(\theta + d\theta) + d\vec{F} = dm \overrightarrow{\Gamma(M \in \text{Courroie} / R)}$$

$$d\vec{F} = 2dN \sin \delta \vec{u} + 2a_{20}dN \vec{v}$$

L'équilibre du tronçon de courroie autour du point M en projection suivant \vec{v} donne :

$$-T(\theta) + T(\theta + d\theta) \cos\left(\frac{d\theta}{2}\right) + 2a_{20}dN = 0$$

En développant au premier ordre, on obtient :

$$-T(\theta) + T(\theta) + dT + 2a_{20}dN = 0 \text{ soit } dT + 2a_{20}dN = 0$$

Question 33 : Déterminer l'action axiale exercée par la courroie sur le flasque mobile 1 de la poulie réceptrice $\overrightarrow{Fa}_{\text{Courroie} \rightarrow 1}$

$$\overrightarrow{Fa}_{\text{Courroie} \rightarrow 1} = - \int_{\text{Zone de contact}} dN \cos \delta \vec{z} = - \int_{\text{Zone de contact}} \frac{dT \cos \delta}{2a_{20}} \vec{z}$$

Or l'évolution de la tension le long de l'arc d'enroulement est donné par :

$$\frac{T(\theta) - \mu V^2}{T_B - \mu V^2} = e^{\frac{a_{20}\theta}{\sin \delta}} \text{ ce qui donne } T(\theta) = e^{\frac{a_{20}\theta}{\sin \delta}} (T_B - \mu V^2) + \mu V^2$$

$$\text{Or } \frac{dT(\theta)}{d\theta} = \frac{a_{20}}{\sin \delta} e^{\frac{a_{20}\theta}{\sin \delta}} (T_B - \mu V^2)$$

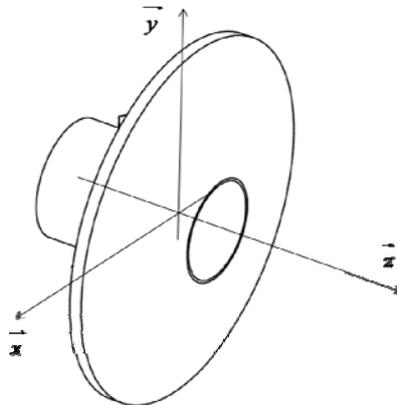
$$\text{D'où } \frac{dT \cos \delta}{2a_{20}} = \frac{1}{2 \tan \delta} (T_B - \mu V^2) e^{\frac{a_{20}\theta}{\sin \delta}} d\theta$$

L'effort axial cherché se calcule alors à partir de :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{Fa}_{\text{Courroie} \rightarrow 1} &= - \int_{\theta=0}^{\theta=\theta_{20}} \frac{1}{2 \tan \delta} (T_B - \mu V^2) e^{\frac{a_{20}\theta}{\sin \delta}} d\theta \vec{z} = - \frac{(T_B - \mu V^2)}{2 \tan \delta} \int_{\theta=0}^{\theta=\theta_{20}} e^{\frac{a_{20}\theta}{\sin \delta}} d\theta \vec{z} \\ &= - \frac{(T_B - \mu V^2)}{2 \tan \delta} \left[\frac{e^{\frac{a_{20}\theta}{\sin \delta}}}{\frac{a_{20}}{\sin \delta}} \right]_0^{\theta_{20}} \vec{z} = - \frac{(T_B - \mu V^2)}{2 \tan \delta} \left(\frac{e^{\frac{a_{20}\theta_{20}}{\sin \delta}} - 1}{\frac{a_{20}}{\sin \delta}} \right) \vec{z} \\ &= - \frac{(T_B - \mu V^2)}{2 \tan \delta} \left(\frac{1 - e^{-\frac{a_{20}\theta_{20}}{\sin \delta}}}{\frac{a_{20}}{\sin \delta}} \right) \vec{z} \end{aligned}$$

Question 34 : Isoler le flasque mobile 1 de la poulie réceptrice et **déterminer** l'expression du pas de la liaison hélicoïdale entre le flasque mobile 1 et l'arbre secondaire 20 de la poulie réceptrice. Un soin particulier sera apporté à la mise en place du schéma de calcul (modélisation, figure, paramétrage, ...)

On isole le flasque mobile 1.



Bilan des actions mécaniques s'exerçant sur la flasque mobile 1 :

- des actions de contact avec la courroie : effort axial $\overrightarrow{Fa}_{\text{Courroie} \rightarrow 1}$, $\frac{\vec{T}_A}{2}$ et $\frac{\vec{T}_B}{2}$

- des actions de liaison (pivot glissant et hélicoïdale avec 20)
- action du ressort que l'on néglige dans un premier temps

Modélisation des actions mécaniques

$$\text{Pivot glissant : } \{T_{20 \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} Xp_{20 \rightarrow 1} & Lp_{20 \rightarrow 1} \\ Yp_{20 \rightarrow 1} & Mp_{20 \rightarrow 1} \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(O_{20}, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

$$\text{Hélicoïdale : } \{T_{20 \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} Xh_{20 \rightarrow 1} & Lh_{20 \rightarrow 1} \\ Yh_{20 \rightarrow 1} & Mh_{20 \rightarrow 1} \\ Zh_{20 \rightarrow 1} & Nh_{20 \rightarrow 1} \end{Bmatrix}_{(O_{20}, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \quad \text{avec} \quad Nh_{20 \rightarrow 1} = \frac{pZh_{20 \rightarrow 1}}{2\pi} \text{ si pas à gauche}$$

L'équation de résultante par rapport à l'axe de rotation du flasque 1 en régime établi traduisant l'équilibre du flasque mobile 1 donne :

$$Zh_{20 \rightarrow 1} - \frac{(T_B - \mu V^2)}{2 \tan \delta} \left(\frac{1 - e^{-\frac{a_{20} \theta_{20}}{\sin \delta}}}{\frac{a_{20}}{\sin \delta}} \right) = 0 \quad \text{soit} \quad Zh_{20 \rightarrow 1} = \frac{(T_B - \mu V^2)}{2 \tan \delta} \left(\frac{1 - e^{-\frac{a_{20} \theta_{20}}{\sin \delta}}}{\frac{a_{20}}{\sin \delta}} \right) > 0$$

L'équation de moment par rapport à l'axe de rotation du flasque 1 en régime établi traduisant l'équilibre du flasque mobile 1 donne :

$$R_{20} \left(\frac{T_A - T_B}{2} \right) + \frac{pZh_{20 \rightarrow 1}}{2\pi} = 0$$

Les deux dernières équations donnent :

$$p = \pi R_{20} \frac{T_B - T_A}{Zh_{20 \rightarrow 1}} > 0 \quad \text{car} \quad T_B - T_A > 0$$

Question 35 : Compléter le tableau 1 du document réponse DR2 avec les applications numériques de l'effort axial manquant et du pas pour les 5 rapports.

K_{CVT}	0,465	0,652	0,914	1,283	1,8
Fa sur flasque mobile de la poulie motrice (N)	5724	4514	3548	3527	3622
Fa sur flasque mobile de la poulie réceptrice (N)	7963	5467	3694	3150	2795
pas hélicoïdale	65	68	71	60	48

Question 36 : Justifier l'utilisation de deux hélices de pas inverse constant sur la came couple.

La came couple permet d'assurer un effort presseur proportionnel au couple à transmettre. Quand le moteur entraîne de scooter, le couple moteur est orienté dans un sens ce qui donne la première hélice. Par contre lors de phase d'utilisation de frein moteur, le couple moteur change de sens et donc l'hélice doit changer de sens.

Question 37 : Donner une valeur probable du pas des hélices.

En fonction du rapport de réduction, le pas varie entre 71 et 48 mm. Un pas de 71 mm ne permettra pas d'exercer un effort suffisant pour transmettre le couple pour un rapport de réduction du variateur supérieur à 1.5. Il faut donc un pas de 48 mm même si pour les petits rapports de réduction l'effort pressant la courroie sera supérieur à la valeur nécessaire.

Question 38 : Expliquer le rôle du ressort situé entre le flasque mobile et la came couple.

Le ressort sert à faire remonter le courroie sur les flasques de la poulie réceptrice quand on réduit le rapport de réduction K_{CVT} .

II.4 FT Commander le changement de rapport de réduction

Question 39 : Déterminer le rapport de réduction $K_{9/34} = N_{9/0} / N_{34/0}$ entre le pignon 34 de l'arbre moteur et la roue dentée 9. Faire l'application numérique.

$$K_{9/34} = \frac{\omega_9}{\omega_{34}} = \frac{Z_{39a}}{Z_9} \cdot \frac{Z_{37b}}{Z_{39b}} \cdot \frac{Z_{34}}{Z_{37a}} = \frac{12}{61} \cdot \frac{10}{31} \cdot \frac{14}{56} = \frac{1}{63}$$

Question 40 : Déterminer la relation entre la vitesse de rotation $N_{34/0}$ (en tr/min) du moteur électrique en fonction du module de la vitesse de déplacement $\|\vec{v}(I \in 9/0)\|$ (en mm/min) de la roue dentée 9 (suivant son axe Ix).

$$\|\vec{v}(I \in 9/0)\| = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot K_{9/34} \cdot \omega_{34/0} = p \cdot K_{9/34} \cdot N_{34/0}$$

Question 41 : Déterminer la vitesse moyenne $\|\vec{v}(I \in 9/0)\|$ lorsque le scooter accélère de 0 à 100 km/h à partir des questions 16 et 24 et la vitesse de rotation $N_{34/0}$ correspondante du moteur.

La pièce 9 se déplace de 10.46 mm (question 25) en 2,70 s (question 15 temps passer de 44 à 100 km/h) soit une moyenne de 3,86 mm/s.

Pour cela la pièce 9 soit faire 0.77 tr/s=46,3 tr/min et $\omega_{34/0} = 46,3 \times 63 = 2920 \text{ tr/min}$.

Question 42 : Déterminer la relation entre la force axiale à exercer sur le flasque mobile 3 et le couple C du moteur électrique. Les frottements, les masses et les effets inertiels seront négligés. Calculer le couple maximal C_{\max} moteur en fonction de F_{\max} .

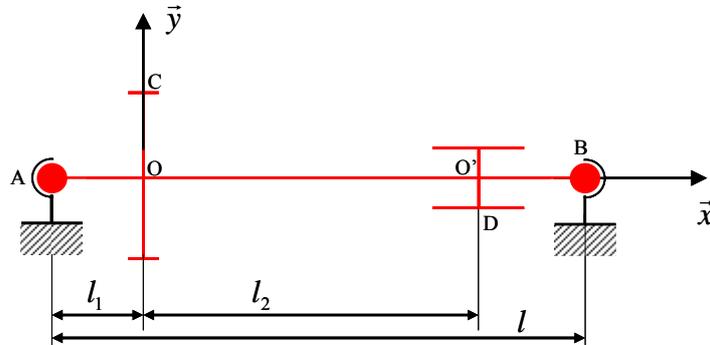
Puisque les frottements, les masses et les effets inertiels sont négligés, il est possible d'écrire l'égalité des puissances dues à la force transmissible et le couple du moteur électrique, on obtient :

$$C_{\text{mot}} = \frac{P}{2 \cdot \pi} \cdot K_{9/34} \cdot F$$

$$\text{Application numérique : } C_{\max} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \pi \cdot 63} \cdot 5700 = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}$$

II.5 FT Transmettre un couple par la pièce 39

Question 43 : Proposer un schéma technologique pour la liaison pivot réalisée entre l'ensemble (39+46) et le carter. Comparer votre schéma à celui proposé sur le document technique DT13.



Pour la suite des questions, les calculs s'appuieront sur le schéma proposé sur le document DT13.

Question 44 : Faire le bilan des actions mécaniques appliquées sur l'ensemble (39+46).

Actions sur les pignons :

$$\left\{ T_{37 \rightarrow 39} \right\}_c = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{37 \rightarrow 39} = -Y_c \cdot \vec{y} - Z_c \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{c,37 \rightarrow 39} = \vec{0} \end{array} \right\}_c ; \left\{ T_{9 \rightarrow 39} \right\}_D = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{9 \rightarrow 39} = Y_D \cdot \vec{y} + Z_D \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{D,37 \rightarrow 39} = \vec{0} \end{array} \right\}_D$$

Actions aux liaisons

$$\left\{ T_{0 \rightarrow 39} \right\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{0 \rightarrow 39} = X_A \cdot \vec{x} + Y_A \cdot \vec{y} + Z_A \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{A,0 \rightarrow 39} = \vec{0} \end{array} \right\}_A \text{ et } \left\{ T'_{0 \rightarrow 39} \right\}_B = \left\{ \begin{array}{l} \vec{F}'_{0 \rightarrow 39} = Y_B \cdot \vec{y} + Z_B \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{B,0 \rightarrow 39} = \vec{0} \end{array} \right\}_B$$

Question 45 : Déterminer les relations entre les composantes du torseur des actions mécaniques $\left\{ T_{9 \rightarrow 39} \right\}_D$ et les composantes Y_c et Z_c du torseur $\left\{ T_{37 \rightarrow 39b} \right\}_C$

En appliquant le principe fondamental de la statique et en ne retenant que l'équation des moments projetés sur l'axe Ox, on obtient :

$$Z_c \cdot \frac{d_{39b}}{2} = Z_D \cdot \frac{d_{39a}}{2} \text{ soit en utilisant les caractéristiques des dentures}$$

$$Z_c \cdot m_{39b} \cdot Z_{39b} = Z_D \cdot m_{39a} \cdot Z_{39a} \text{ soit } Z_D = Z_c \cdot \frac{m_{39b} \cdot Z_{39b}}{m_{39a} \cdot Z_{39a}}$$

$$\text{On pose } K = \frac{m_{39b} \cdot Z_{39b}}{m_{39a} \cdot Z_{39a}}$$

Les variables Y_c et Y_D sont données à partir de l'angle de pression α .

$$Y_c = Z_c \cdot \tan \alpha \text{ et } Y_D = Z_D \cdot \tan \alpha$$

La connaissance de Z_C permet d'établir les autres variables.

Question 46 : Déterminer les actions mécaniques transmises aux roulements en A et B en fonction des composantes Y_C et Z_C du torseur $\{T_{37 \rightarrow 39b}\}_C$

Le principe fondamental de la statique appliqué sur la pièce 39 au point A donne le système :

$$\begin{cases} (1) & X_A = 0 \\ (2) & Y_A + Y_B - Y_C + Y_D = 0 \\ (3) & Z_A + Z_B - Z_C + Z_D = 0 \\ (4) & -d_{39b} \cdot Z_C + d_{39a} \cdot Z_D = 0 \\ (5) & l_1 \cdot Z_C + (l_1 + l_2) \cdot Z_D - l \cdot Z_B = 0 \\ (6) & -l_1 \cdot Y_C + (l_1 + l_2) \cdot Y_D + l \cdot Y_B = 0 \end{cases}$$

L'équation (4) a déjà été utilisée à la question précédente.

L'équation (5) donne $Z_B = \left(\frac{l_1}{l} + \frac{l_1 + l_2}{l} \cdot K \right) \cdot Z_C$

L'équation (6) donne $Y_B = \left(\frac{l_1}{l} - \frac{l_1 + l_2}{l} \cdot K \right) \cdot \tan \alpha \cdot Z_C$

L'équation (2) donne $Y_A = \left((1 - K) - \frac{l_1}{l} - \frac{l_1 + l_2}{l} \cdot K \right) \cdot \tan \alpha \cdot Z_C$

L'équation (3) donne $Y_A = \left((1 + K) - \frac{l_1}{l} - \frac{l_1 + l_2}{l} \cdot K \right) \cdot Z_C$

La connaissance de Z_C permet d'établir les autres variables.

Question 47 : Déterminer Z_C (la composante suivant \vec{z} de la force du torseur des efforts $\{T_{37 \rightarrow 39b}\}_C$ appliqués en C sur 39 par le pignon de la pièce 37 en fonction de la force axiale F exercée sur le flasque mobile 3.

Par la même méthode que pour la question 39, on obtient :

$$Z_C = \frac{p}{2\pi} \cdot \frac{Z_{39a}}{Z_9} \cdot \frac{F}{m_{39b} Z_{39b}}$$

Question 48 : Déterminer le torseur des efforts intérieurs en G en fonction des composantes des torseurs des actions mécaniques en A et C.

$$\left\{ T_{ef.int.} \right\}_G = \left\{ \begin{array}{l} (Y_C - Y_A) \vec{y} + (Z_C - Z_A) \vec{z} \\ \frac{m_{39b} \cdot Z_{39b}}{2} \cdot Z_C \cdot \vec{x} + [x \cdot Z_C - (l_1 + x) Z_A] \vec{y} + [(l_1 + x) Y_A - x \cdot Y_C] \vec{z} \end{array} \right\}_G$$

Question 49 : Déterminer le couple de torsion M_t appliqué sur le tronçon [OO'] en fonction de la force axiale F exercée sur le flasque mobile 3.

$$M_t = \frac{m_{39b} Z_{39b}}{2} \cdot Z_c = \frac{p}{2\pi} \cdot \frac{Z_{39a}}{Z_9} \cdot F$$

Application numérique : $M_T = 0,907 N.m$

Question 50 : Calculer la contrainte de cisaillement maximale τ_{\max} dans la section S en fonction du couple de torsion M_t .

$$\tau_{\max} = \frac{M_T}{I_0} \cdot r_{\max} \text{ donc } \tau_{\max} = \frac{p}{2\pi} \cdot \frac{Z_{39a}}{Z_9} \cdot F \cdot \frac{2 \cdot R_e}{\pi(R_e^4 - R_i^4)} = \frac{p}{\pi^2} \cdot \frac{Z_{39a}}{Z_9} \cdot \frac{R_e}{(R_e^4 - R_i^4)} \cdot F$$

Question 51 : Indiquer le moment maximal admissible élastiquement par le tronçon [OO'] en fonction des caractéristiques du matériau de la pièce (39) (voir document DT 14).

$$M_T = \tau_{\max} \frac{\pi}{2} \cdot \frac{R_e^4 - R_i^4}{R_e}$$

Application numérique : $M_T = 38 N.m$

Question 52 : Déterminer le moment maximal admissible en prenant en compte la concentration de contraintes due au changement de diamètre en O' (fiche de calcul fournie DT15).

En utilisant le formulaire, on obtient :

$$t = \frac{D-d}{2} = 6.5 ; K_q = \frac{1}{\sqrt{\frac{r}{t}}} = 5.7 ; K_p = \sqrt{\frac{t}{r} \cdot \frac{D}{1-d} + 1} - 1 = 2.84$$

$$\text{Et donc } K_t = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{0,26 \cdot K_p}\right)^2 + \left(\frac{1}{0,85 \cdot K_q}\right)^2}} + 1 = 1.73$$

La contrainte limite de cisaillement est donc $\tau_{\lim} \cdot K_T < \tau_{\max}$

$$\text{Le moment maximal est } M_T = \frac{\tau_{\max}}{K_T} \frac{\pi}{2} \cdot \frac{R_e^4 - R_i^4}{R_e}$$

Application numérique : $M_T = 22 N.m$

Question 53 : Déterminer le moment maximal admissible en prenant en compte la concentration de contraintes due au changement de diamètre en O (fiche de calcul fournie DT15). Des essais mécaniques ont montré que la rupture était initiée en O'. Commenter ces résultats par rapport aux concentrations de contraintes calculées en O et O'.

Les équations sont identiques à la question précédente. On obtient le résultat numérique :

Application numérique : $K_t = 1.8$ et $M_T = 21 N.m$

Le modèle proposé ne prend pas en compte le diamètre intérieur et la gorge moulée dans le pignon 39a. Ces formes doivent générer des concentrations de contraintes supérieures aux résultats des calculs de la question précédente. Cependant, ces concentrations de contraintes ne peuvent atteindre un niveau qui engendrerait la rupture, le couple appliqué sur la pièce est faible ($M_T = 0.8 N.m$), on peut suspecter que la rupture s'initie par fatigue.

III Application pédagogique

Question 54 : Etablir un document de synthèse qui présente l'intérêt du procédé de surmoulage pour la réalisation de pièces complexes. Ce document doit constituer un guide pour l'étudiant et devra inciter les étudiants à évaluer la pertinence du choix de ce procédé pour la réalisation de la pièce 39. La réponse à cette question se fera sur la copie. Le document proposé doit être organisé dans un format A3 maximum. On pourra utiliser deux pages contiguës d'une copie.

Le but de cette première question est d'établir un document de travail distribué aux élèves pendant le TD présentant le procédé industriel de surmoulage et montrant l'intérêt de ce procédé par rapport au cas d'étude. Les éléments de réponse qui décrivent l'intérêt du procédé de surmoulage pour la réalisation de pièces complexes peuvent être résumés dans un tableau de synthèse décrivant le principe du surmoulage, les avantages de ce procédé et ses inconvénients.

Rappel du principe du surmoulage :

Le surmoulage consiste à mettre en place dans l'empreinte d'une cavité d'un moule d'injection une pièce A (ou insert) et à injecter une matière B. Le remplissage de l'empreinte permet de réaliser le moulage de la matière B en insérant la pièce A et donc de réaliser l'opération de surmoulage de la pièce A avec la matière B.

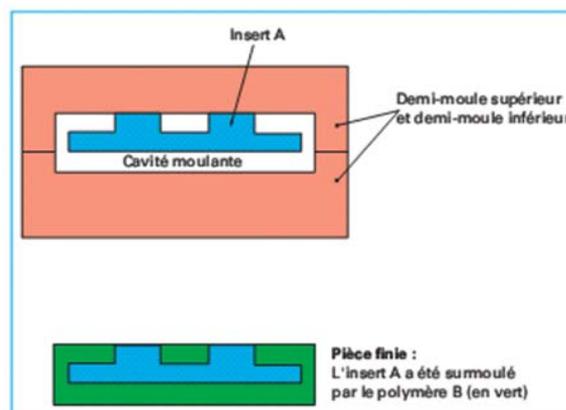


Figure 54.1 : schéma du surmoulage

La pièce A peut être métallique ou polymère.

Applications : automobile, aéronautique, instrumentation industrielle ou médicale, téléphonie, connectique...

Intérêt du surmoulage

Ils peuvent être résumés en :

- Réalisation de pièces étanches : sans ajout de joint ou de colle. Cette étanchéité n'est cependant pas parfaite et dépend de la géométrie et du matériau surmoulé.
- Aspect Design : le surmoulage permet d'obtenir de belles finitions en supprimant les phases d'assemblage, de problèmes de plan de joint...
- Suppression des phases d'assemblage : pas de nécessité de manutention ou machine d'assemblage entre les deux pièces puisque l'assemblage se fait pendant l'opération de fabrication de la pièce.
- Réalisation de pièces avec inserts métalliques : les inserts métalliques peuvent être placés dans l'empreinte. Ce procédé est particulièrement utilisé pour les connecteurs (passage de courant électrique) les capteurs en instrumentation.

Inconvénients et contraintes technologiques.

Les contraintes concernent d'une part les matériaux utilisés, d'autres parts les formes de l'insert. L'insert (pièce A), s'il est en plastique, doit être dans un polymère de même famille que le matériau de surmoulage (matière B). Le problème majeur réside dans l'accrochage insuffisant entre les deux matières.

La forme de l'insert peut conduire à deux problèmes technologiques. La refusion partielle de l'insert due au transfert thermique et/ou le déplacement de l'insert dans le moule pendant l'injection de la matière B.

Enfin, puisque l'opération de surmoulage nécessite de placer un insert dans une empreinte de moule, les moules sont plus complexes et donc plus coûteux

Question 55 : **Présenter** une solution constructive aux étudiants à la fin de la séquence pédagogique. Il vous est demandé de rédiger un document (faisant office de correction) présentant une solution constructive pour la pièce 39. Vous rappellerez les règles de conception associées au procédé de surmoulage utilisées pour établir cette solution. Le document proposé devant tenir dans un format A3 maximum, vous pourrez utiliser le verso du document précédemment établi.

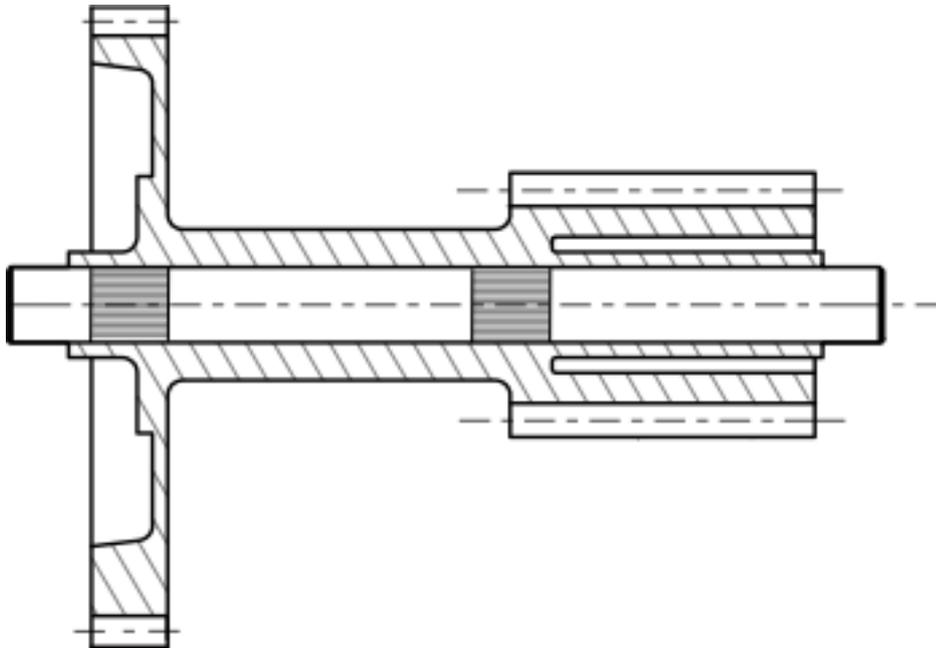
La solution constructive doit s'appuyer sur des règles de conception qu'il est important de rappeler à l'élève. La conception proposée concerne le surmoulage d'un insert métallique dans une matière polymère.

L'accroche entre les deux matières métallique et polymère peut être chimique ou mécanique. Il est préférable de coupler les deux types d'accroche puisque l'accroche chimique est assez difficile à obtenir dans le cas de couple de matière polymère / métallique. L'accroche métallique est directement obtenue par l'interaction des

géométries de l'insert (moletage) et de la matière surmoulée. L'état de surface, la nature des matériaux de l'insert, sa géométrie sont des facteurs importants. L'accroche chimique entre le polymère et l'insert métallique peut être favorisée par un traitement de surface de l'insert métallique. Cependant pour le surmoulage considéré et puisque les actions mécaniques (qui pourraient induire une décohésion entre l'insert et la matière de surmoulage) sont faibles, le traitement de surface de l'insert n'est pas nécessaire.

Quelques règles spécifiques au surmoulage :

- Le design de l'empreinte est régi par les règles métier classiques du moulage.
- Il est important d'équilibrer au mieux le remplissage de la pièce
- D'équilibrer les épaisseurs afin de favoriser un écoulement homogène de la matière
- De chercher à obtenir un gradient de pression constant pendant l'injection
- De chercher à obtenir un refroidissement homogène
- D'éliminer les risques d'emprisonnement d'air.



Question 56 : Décrire le déroulement de la séance, les objectifs visés pour cette séance, la problématique technique, les supports techniques utilisés, les outils et les moyens pédagogiques utilisés (matériels et/ou logiciels). On demande d'établir le questionnement proposé ainsi que le corrigé fait pendant la séance de TD. On pourra utiliser tout ou partie des illustrations qui se trouvent dans le dossier technique.

Quelques éléments de réponse :

Les compétences concernées en BTS CPI sont :

- C04 Analyser, comparer des solutions techniques et argumenter
- C09 Rechercher et expliciter un principe de solution
- C10 Proposer ou expliciter sous forme de croquis ou de schéma une solution constructive

Forme : Travail dirigé de 2h comprenant

- 30 minutes de présentation du procédé de surmoulage
- 15 minutes : description de la problématique associée concernant l'étude du pignon
- 60 minutes : travail des élèves en autonomie à partir d'un questionnaire proposé
- 15 minutes : travail de synthèse et discussion des solutions retenues

Objectifs visés : Les savoirs associés concernent l'étude de solutions constructives des liaisons mécaniques de type assemblage permanent avec comme procédé de fabrication le moulage par injection.

Supports techniques :

- Documents DP5
- Plan de la pièce existante
- pièces industrielles ou d'usage courant réalisées en surmoulage

PARTIE C

ELEMENTS DE CORRIGE RELATIFS A LA SECONDE EPREUVE D'ADMISSIBILITE

ETUDE D'UN PROBLEME D'AUTOMATISATION

PORTIQUE DE SCENE

Nota Bene : Le texte du sujet de la seconde épreuve d'admissibilité est téléchargeable depuis le site web du MENRT à la rubrique :

Concours, emplois et carrières > Personnels enseignants, d'éducation et d'orientation > Concours et recrutement > SIAC2 > Se préparer

Au 1^{er} septembre 2010, l'adresse de la page d'accès était la suivante :

<http://www.education.gouv.fr/cid4927/rapports-de-jurys-et-sujets-des-epreuves-d-admissibilite.html#Session%202010>

Partie A : Etude de la commande séquentielle du grill mobile

A.I Choix du roulement codeur

Question A.1 : Choisir une implantation du roulement codeur qui respecte une précision de positionnement de 0,1 mm.

Deux hypothèses peuvent envisagées pour le positionnement du codeur :

Le codeur est placé en sortie de réducteur :

Le nombre de points codeur minimum se calcule en tenant compte du développé de la poulie et de la précision de positionnement, ce qui donne : $(2\pi R)/0,1 = 1884 \text{ pts / tr.}$

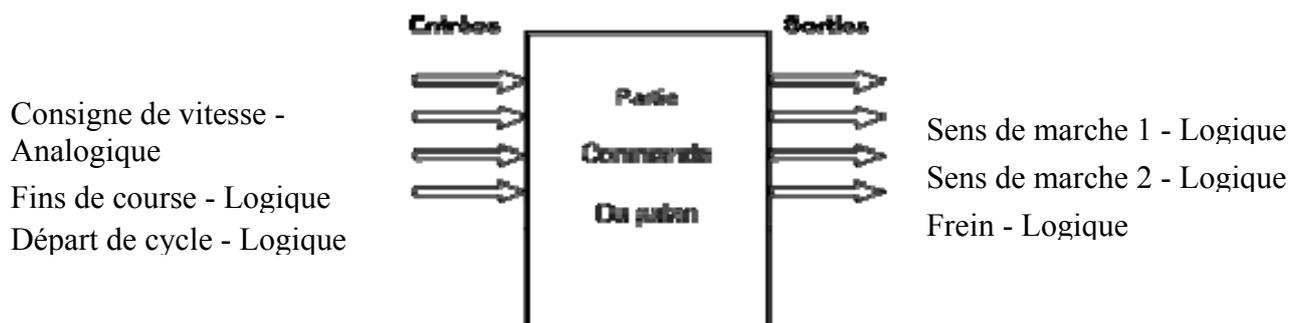
Le codeur est placé en entrée de réducteur :

Le nombre de points codeur nécessaire est $h_2 = h_f - h_1$

L'implantation du codeur sera réalisée en entrée du réducteur. Le codeur choisi a une résolution de 64 pts/tr.

A.II Récapitulatif des Entrées/Sorties

Question A.2 : Renseignez sous la forme de la « figure A2 » la liste et la nature des « Entrées / Sorties » de la commande du système.



A.III Commande du palan

Question A.3 : Déterminez h_1 et h_2 en fonction de « h_f », V_{max} , et Δt .

$$h_1 = 1/2 \times V_{max} \times \Delta t \quad \text{et} \quad h_2 = h_f - h_1$$

A.IV Graphe de surveillance du suivi des quatre palans

Question A.4 : Synchroniser les cinq graficets en remplaçant les expressions « Info utilisé » ; « adf » et « position atteinte » par des variables d'étapes X_i .

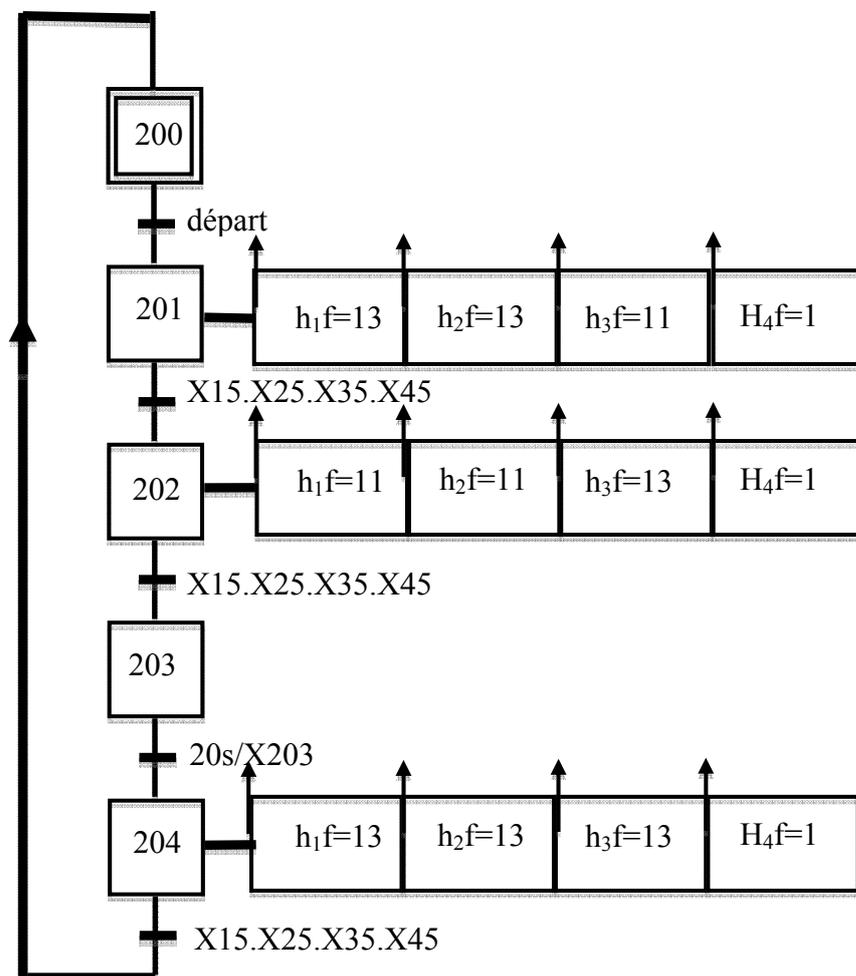
Position atteinte : X15.X25.X35.X45

Info utilisée : X100

Adf : X102

A.V Figure scénique « Vague »

Question A.5 : En conservant la structure de commande précédente des quatre palans. Proposez un nouveau graficet de surveillance correspondant à la figure scénique « vague ». Quelles sont alors les nouvelles valeurs de « adf » et « info utilisée » de chaque « Gpalan_i ».

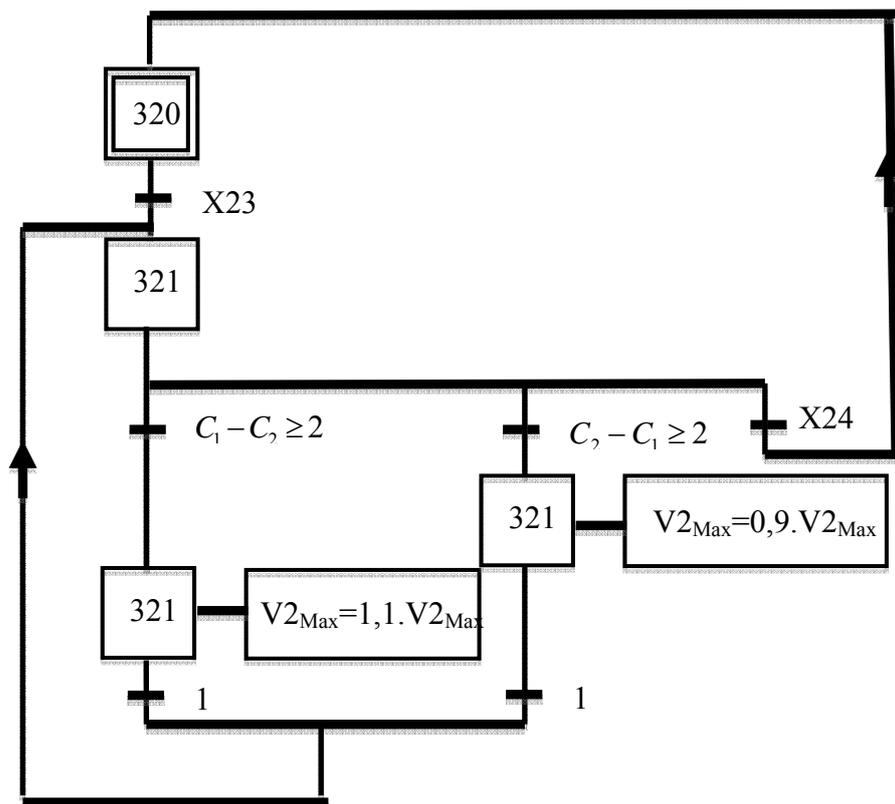
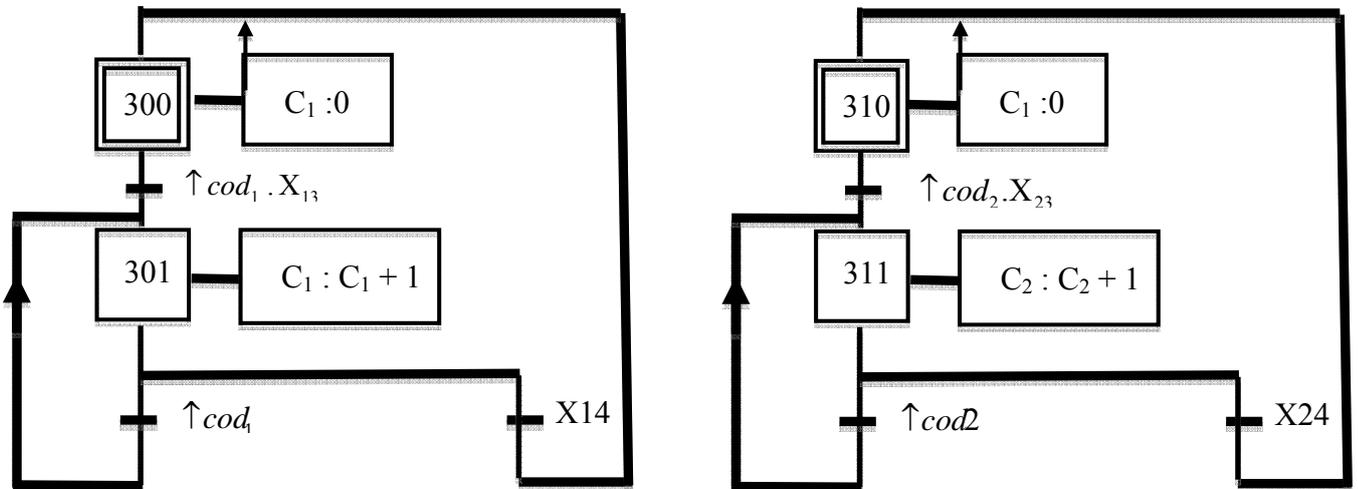


Info utilisée : X200
 Adf : X204

A.VI Suivi du palan n°1

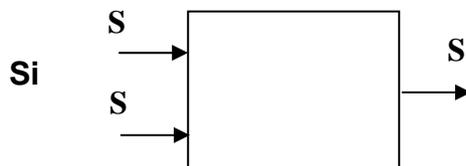
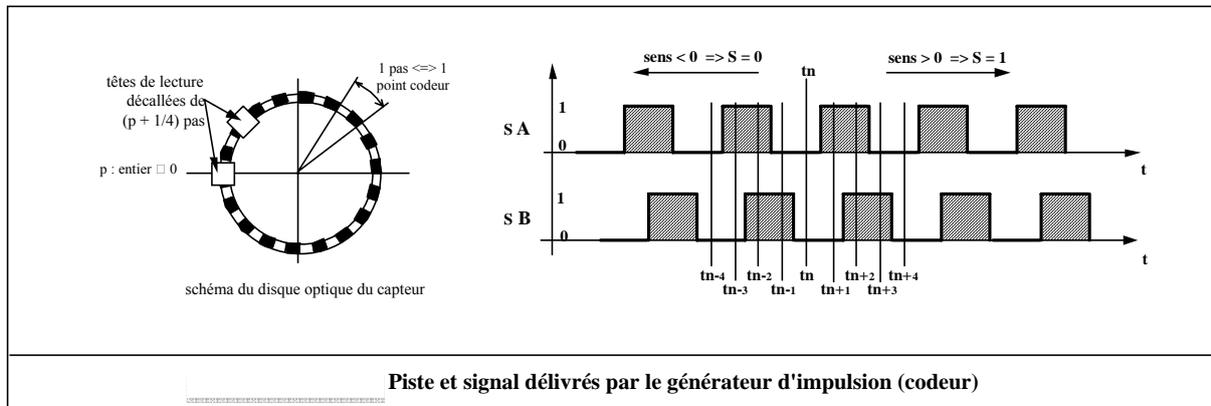
Question A.6 : Ecrire le grafcet complémentaire qui gère ce fonctionnement et notamment les deux compteurs C1 et C2.

Le palan P1 est meneur. A chaque signal codeur on compte $\uparrow C_i$. Si nous prenons le cas simple où les palans 1 et 2 suivent le même mouvement, donc $C_1 = \uparrow Cod_1$ et $C_2 = \uparrow Cod_2$. Si les écarts entre C_1 et $C_2 \geq 2$, alors on augmente ou diminue V_{2Max} de 10% dans la limite de 30%.



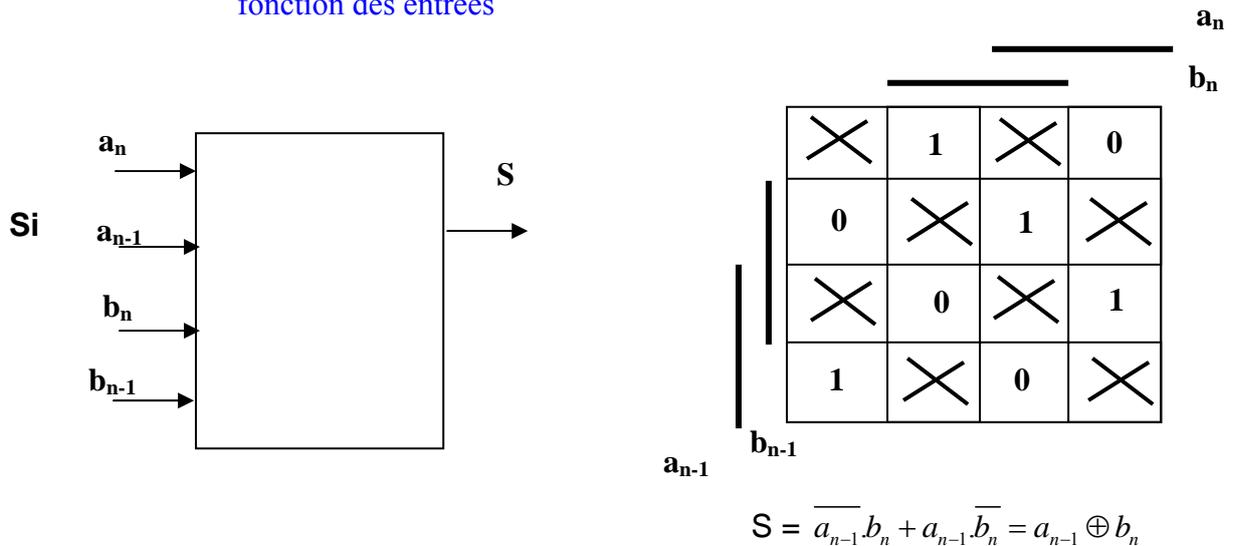
A.VII Roulement codeur incrémental

Question A.7 : Montrer que les entrées et sorties du système logique S1 sont « tout ou rien ». Montrer ensuite que ce système est séquentiel.



Alors le système est séquentiel car si $SA = SB = 1$ (par exemple), on ne connaît pas S le sens de rotation.

Question A.8 : Montrer que le système logique S1 ayant comme entrées a_n, a_{n-1}, b_n et b_{n-1} [a_n est la valeur de A à l'instant t_n] et comme sortie S est combinatoire. En utilisant le chronogramme de la figure A6 écrire le tableau de Karnaugh donnant S en fonction a_n, a_{n-1}, b_n et b_{n-1} . En déduire l'expression de S en fonction des entrées



Alors le système est combinatoire et on le montre par le tableau de Karnaugh ci-dessus.

Partie B : Etude de l'asservissement en vitesse

B.I Etude mécanique du moto réducteur

Question B.1: Calculer le rapport de réduction n entre l'arbre de sortie et l'arbre moteur.

$$\text{Train1 : } \frac{\omega_{m/4}}{\omega_{3/4}} = -\frac{Z_3}{Z_{11}} \text{ d'où } \frac{\omega_{m/0} - \omega_{4/0}}{-\omega_{4/0}} = -\frac{Z_3}{Z_{11}} \text{ et } \omega_{4/0} = \frac{Z_{11}}{Z_3 + Z_{11}} \omega_{m/0}$$

$$\text{Train2 : } \frac{\omega_{4/s}}{\omega_{3/s}} = -\frac{Z_3}{Z_{21}} \text{ d'où } \frac{\omega_{4/0} - \omega_{s/0}}{-\omega_{s/0}} = -\frac{Z_3}{Z_{21}} \text{ et } \omega_{s/0} = \frac{Z_{21}}{Z_3 + Z_{21}} \omega_{4/0}$$

$$\frac{\omega_{s/0}}{\omega_{m/0}} = \frac{\omega_s}{\omega_m} = \left[\frac{Z_{11}}{Z_3 + Z_{11}} \cdot \frac{Z_{21}}{Z_3 + Z_{21}} \right] = \left[\frac{17}{79 + 17} \right]^2 = \frac{1}{31.9} = n$$

Question B.2: Donner l'expression de l'inertie équivalente J_{eq} , ramenée sur l'axe de l'arbre moteur, du système composé du moteur du réducteur et de sa charge. Préciser avec rigueur le système isolé et le théorème utilisé. Faire l'application numérique.

$$E_c = \frac{1}{2} (J_m \omega_m^2 + J_{red} \omega_r^2 + \frac{M}{4} v_s^2)$$

$$E_c = \frac{1}{2} (J_m \omega_m^2 + J_{red} \omega_r^2 + \frac{M}{4} \left(\frac{D_5}{2} \right)^2 n^2 \omega_m^2)$$

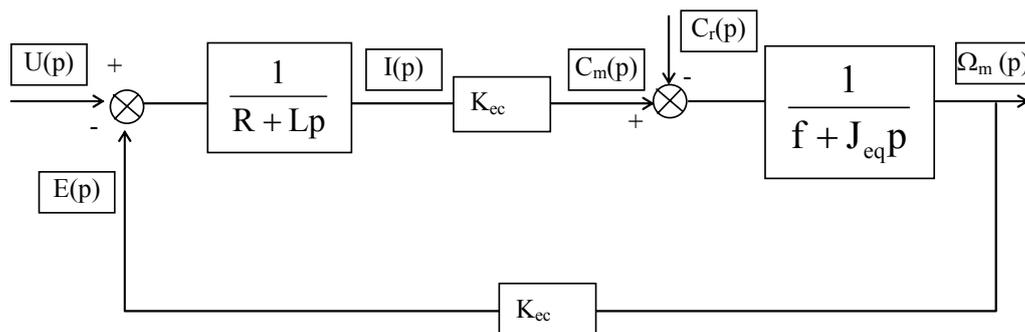
Application numérique :

$$J_{eq} = J_m + J_{red} n^2 + \frac{M}{4} \left(\frac{D_5}{2} \right)^2 n^2 = 0,013 + 0,9 \cdot 10^{-4} \left(\frac{1}{31.9} \right)^2 + \frac{1000}{4} \left(\frac{0,06}{2} \right)^2 \left(\frac{1}{31.9} \right)^2 = 1.32 \cdot 10^{-2} \text{ kgm}^2$$

B.II Etude de l'asservissement en vitesse du moteur électrique

B.II.A Analyse de la réponse en vitesse et en courant du moteur commandé en tension

Question B.3: Indiquer dans le document réponse DR1, les variables d'entrée et de sortie ainsi que les variables intermédiaires.



Question B.4: Ecrire sous forme canonique la fonction de transfert $G(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$.

$$U(p) - K_{ec} \Omega_m(p) = \frac{(R + Lp)}{K_{ec}} [Cr(p) + (J_{eq}p + f)\Omega_m(p)]$$

$$G(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)} = \frac{K_{ec}}{K_{ec}^2 + (R + Lp)(J_{eq}p + f)} = \frac{\frac{K_{ec}}{K_{ec}^2 + Rf}}{1 + \frac{RJ_{eq} + Lf}{K_{ec}^2 + Rf}p + \frac{LJ_{eq}}{K_{ec}^2 + Rf}p^2}$$

Question B.5: Sous quelle condition la fonction de transfert $G(p)$ peut se mettre sous la forme $G(p) = \frac{K}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)}$. Montrer que cette condition est respectée. Identifier K et calculer les valeurs numériques de K ainsi que des deux constantes de temps T_1 et T_2 .

Pour cela, on identifie la fonction précédemment trouvée, avec

$$G(p) = \frac{\frac{K_{ec}}{K_{ec}^2 + Rf}}{1 + \frac{RJ_{eq} + Lf}{K_{ec}^2 + Rf}p + \frac{LJ_{eq}}{K_{ec}^2 + Rf}p^2} = \frac{K}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0}p + \frac{1}{\omega_0^2}p^2}$$

La condition pour que cette fonction puisse se mettre sous la forme de deux premiers ordres est que le coefficient d'amortissement $\xi \geq 1$.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K_{ec}^2 + Rf}{LJ_{eq}}}$$

$$\xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_{ec}^2 + Rf}{LJ_{eq}} \frac{RJ_{eq} + Lf}{K_{ec}^2 + Rf}} = 1.8$$

La condition est donc respectée.

$$K = \frac{K_{ec}}{K_{ec}^2 + Rf} = \frac{1.21}{1.21^2 + 5,08 \cdot 10^{-3}} = 0.798 \text{ A. (N.m)}^{-1}$$

$$1 + \frac{RJ_{eq} + Lf}{K_{ec}^2 + Rf}p + \frac{LJ_{eq}}{K_{ec}^2 + Rf}p^2 = 1 + 4,7 \cdot 10^{-2}p + 1,66 \cdot 10^{-4}p^2 = 0$$

$$p_1 = -23.16 \text{ et } p_2 = -260$$

D'où

$$T_1 = 0.043 \text{ s et } T_2 = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Question B.6: Calculer les valeurs numériques de τ_{el} et τ_{em} . Conclure quand à la validité de leurs expressions approchées.

$$\text{Si on approxime } \tau_{el} \text{ par } \tau_{el} = \frac{L}{R} \text{ et } \tau_{em} \text{ par } \tau_{em} = \frac{RJ_{eq}}{K_{ec}^2 + Rf}$$

Alors :

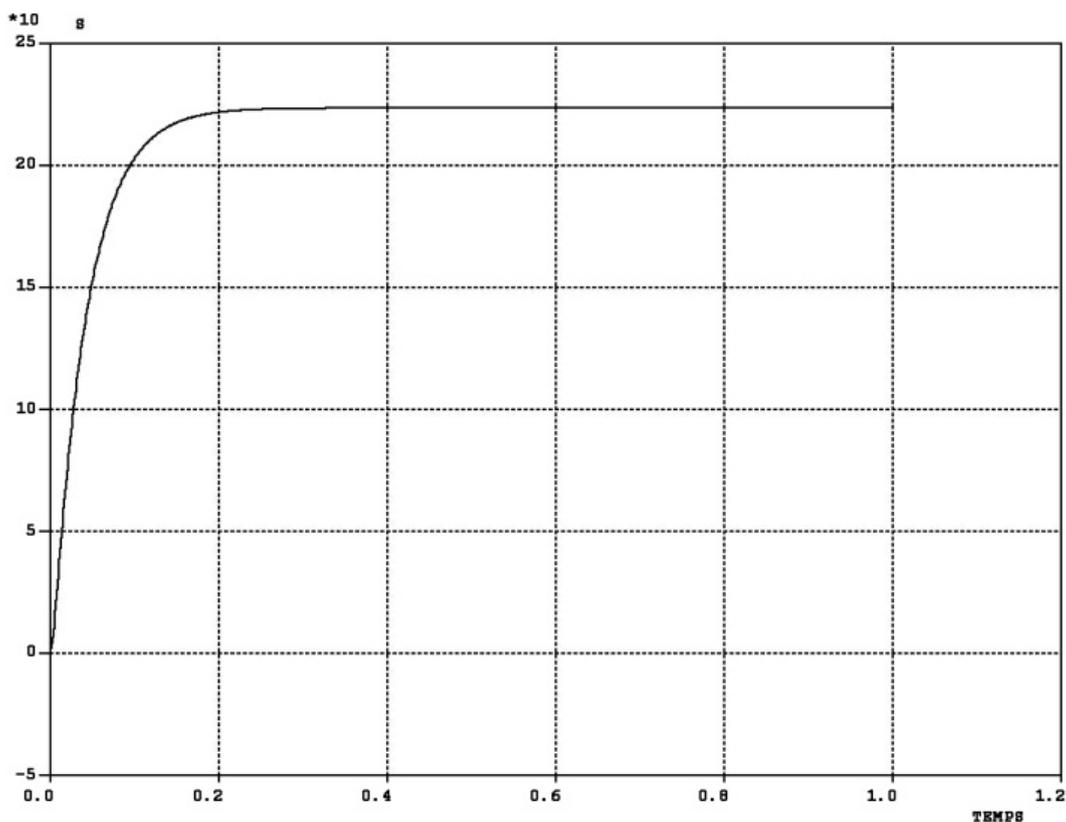
$$\tau_{el} = \frac{L}{R} = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{5,08} = 3,54 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$\tau_{em} = \frac{RJ_{eq}}{Kec^2 + Rf} = \frac{5,08 \cdot 0,014}{1,21^2 + 5,08 \cdot 10^{-3}} = 4,69 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

Dans ce cas $\tau_{el} \cong T_2$ à 8% près et $\tau_{em} \cong T_1$ à 8.6% près.

On peut donc considérer que les relations approximées sont acceptables.

Question B.7: Soit un échelon de tension nominale appliquée au moteur. Tracer l'allure de la réponse temporelle du système et indiquer sur ce tracé l'ensemble des points remarquables.



Question B.8: Ecrire sous forme canonique la fonction de transfert $G_I(p) = \frac{I(p)}{U(p)}$.

$$I(p) = \frac{1}{R + Lp} \left[U(p) - \frac{Kec}{f + J_{eq}p} (Kec I(p) - Cr(p)) \right]$$

$$I(p) \left[1 + \frac{Kec^2}{(R + Lp)(f + J_{eq}p)} \right] = \frac{1}{R + Lp} [U(p) + \dots]$$

$$G_I(p) = \frac{I(p)}{U(p)} = \frac{f + J_{eq}p}{(R + Lp)(f + J_{eq}p) + K_{ec}^2}$$

$$G_I(p) = \frac{I(p)}{U(p)} = \frac{\frac{f}{K_{ec}^2 + Rf} \left(1 + \frac{J_{eq}}{f} p\right)}{1 + \frac{RJ_{eq} + Lf}{Rf + K_{ec}^2} p + \frac{LJ_{eq}}{Rf + K_{ec}^2} p^2}$$

Question B.9: Montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous la forme

$$G_I(p) = \frac{I(p)}{U(p)} = \frac{K_I(1 + \tau_m p)}{(1 + \tau_{el} p)(1 + \tau_{em} p)}$$

$$G_I(p) = \frac{\frac{f}{K_{ec}^2 + Rf} \left(1 + \frac{J_{eq}}{f} p\right)}{1 + \frac{RJ_{eq} + Lf}{Rf + K_{ec}^2} p + \frac{LJ_{eq}}{Rf + K_{ec}^2} p^2} = \frac{K_I(1 + \tau_m p)}{(1 + \tau_{el} p)(1 + \tau_{em} p)}$$

$$K_I = \frac{f}{K_{ec}^2 + Rf} = 6,59 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1}$$

$$\tau_m = \frac{J_{eq}}{f} = 1,4 \text{ s}$$

Et l'approximation validée lors de la question Q4 permet de considérer que :

$$1 + \frac{RJ_{eq} + Lf}{Rf + K_{ec}^2} p + \frac{LJ_{eq}}{Rf + K_{ec}^2} p^2 = (1 + \tau_{el} p)(1 + \tau_{em} p)$$

Question B.10: Comparer et conclure sur les valeurs respectives des trois constantes de temps : τ_m , τ_{em} et τ_{el} .

$$\tau_m = \frac{0,014}{10^{-2}} = 1,4 \text{ s} \gg \tau_{em} = 0,0469 \text{ s} \gg \tau_{el} = 3,54 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Question B.11: Donner l'inconvénient majeur que présente la réponse en courant. Expliquer et justifier votre réponse en faisant le lien avec les caractéristiques du moteur.

Dans la partie transitoire, le courant peut atteindre des valeurs très supérieures au courant maximal admissible.

B.II.B Etude et réglage de la boucle de courant

Question B.12: Donner la fonction de transfert en boucle ouverte de la boucle de courant notée $H_{IBO_{cor}}(p)$.

$$H_{IBO_{cor}}(p) = \frac{K_I(1 + \tau_1 p)G_0}{\tau_1 p} \frac{K_I(1 + \tau_m p)}{(1 + \tau_{el} p)(1 + \tau_{em} p)} K_{capl} = \frac{K_{BO}(1 + \tau_1 p)(1 + \tau_m p)}{p(1 + \tau_{el} p)(1 + \tau_{em} p)}$$

Ainsi, $K_{BO} = \frac{K_1 G_0 K_1 K_{capl}}{\tau_1}$

Question B.13: Donner la nouvelle fonction de transfert en boucle ouverte. Préciser l'ordre et la classe de cette fonction.

Le pôle dominant est le pôle électromécanique. Sa compensation conduit à :

$$H_{IBO_{cor}}(p) = \frac{K_{BO}(1 + \tau_m p)}{p(1 + \tau_{el} p)} = \frac{K_{BO}(1 + \tau_m p)}{p(1 + \tau_{el} p)}$$

Fonction d'ordre 2 et de classe 1

Question B.14: Le réglage par compensation du pôle dominant peut comporter des risques. Expliquer pourquoi ?

La compensation de pôles repose sur une bonne connaissance du système. Dans le cas où deux pôles sont présents, la compensation du pôle dominant ne peut être mise en place que si les deux pôles sont clairement dissociés. En effet, dans le cas de deux pôles rapprochés, la compensation est risquée. Si un des pôles du système vient à se trouver en dessous du pôle compensé, il s'en suit une diminution de la marge de phase, pouvant conduire à une instabilité du système.

Question B.15: En conservant la même hypothèse de réglage du correcteur proposée à la question précédente, calculer la fonction de transfert en boucle fermée

$$H_{IBF}(p) = \frac{I(p)}{Ic(p)}$$

$$\begin{aligned} H_{IBF}(p) &= \frac{I(p)}{Ic(p)} = \frac{\frac{K_{BO}(1 + \tau_m p)}{K_{capl}}}{1 + \frac{K_{BO}(1 + \tau_m p)}{p(1 + \tau_{el} p)}} = \frac{\frac{K_{BO}(1 + \tau_m p)}{K_{capl}}}{p(1 + \tau_{el} p) + K_{BO}(1 + \tau_m p)} = \frac{\frac{1}{K_{capl}}(1 + \tau_m p)}{\frac{1}{K_{BO}}p(1 + \tau_{el} p) + (1 + \tau_m p)} \\ &= \frac{\frac{1}{K_{capl}}(1 + \tau_m p)}{1 + \left(\tau_m + \frac{1}{K_{BO}}\right)p + \frac{\tau_{el}}{K_{BO}}p^2} \end{aligned}$$

Question B.16: En considérant que $K_{BO} \gg 1$ et en faisant les simplifications nécessaires, comme par exemple utiliser le développement limité à l'ordre 1 suivant :

$$\sqrt{1 - \varepsilon} = 1 - \frac{\varepsilon}{2}, \text{ montrer que } H_{IBF}(p) \text{ peut se mettre sous la forme}$$

$$H_{IBF}(p) = \frac{I(p)}{Ic(p)} = \frac{K_{IBF}}{1 + \tau_{IBF} p}$$

si $K_{BO} \gg 1$ comme $\tau_m = 13.2$ s on a $(\tau_m) \gg \frac{1}{K_{BO}}$ d'où :

$$H_{IBF}(p) \cong \frac{\frac{1}{K_{capl}}(1 + \tau_m p)}{1 + \tau_m p + \frac{\tau_{el}}{K_{BO}} p^2}$$

D'où

$$\Delta = \tau_m^2 - 4 \frac{\tau_{el}}{K_{BO}} \Rightarrow \sqrt{\Delta} = \tau_m \sqrt{1 - 4 \frac{\tau_{el}}{\tau_m^2 K_{BO}}}$$

On a $4 \frac{\tau_{el}}{\tau_m^2 K_{BO}} \ll 1 \Rightarrow \sqrt{1 - \varepsilon} \cong 1 - \frac{1}{2} \varepsilon$ (DL au 1^{er} ordre)

$$\sqrt{\Delta} \cong \tau_m \left(1 - 2 \frac{\tau_{el}}{\tau_m^2 K_{BO}} \right)$$

$$p_1 = \frac{-\tau_m + \tau_m \left(1 - 2 \frac{\tau_{el}}{\tau_m^2 K_{BO}} \right)}{2 \frac{\tau_{el}}{K_{BO}}} = -\frac{1}{\tau_m}$$

$$p_2 = \frac{-\tau_m - \tau_m \left(1 - 2 \frac{\tau_{el}}{\tau_m^2 K_{BO}} \right)}{2 \frac{\tau_{el}}{K_{BO}}} = -\frac{K_{BO} \tau_m}{\tau_{el}} + \frac{1}{\tau_m} = \frac{-K_{BO} \tau_m^2 + \tau_{el}}{\tau_{el} \tau_m} \cong \frac{-K_{BO} \tau_m}{\tau_{el}}$$

D'où

$$H_{IBF}(p) \cong \frac{\frac{1}{K_{capl}}(1 + \tau_m p)}{\left(1 + \tau_m p \right) \left(1 + \frac{\tau_{el}}{K_{BO} \tau_m} p \right)} = \frac{\frac{1}{K_{capl}}}{1 + \frac{\tau_{el}}{K_{BO} \tau_m} p}$$

Il s'agit d'une fonction de transfert du 1^{er} ordre de constante de temps

$$\tau_{IBF} = \frac{\tau_{el}}{K_{BO} \tau_m} = \frac{\tau_{el} \tau_{em}}{K_1 G_O K_I K_{capl} \tau_m}$$

$$\tau_{IBF} = \frac{\tau_{el} \tau_{em}}{K_1 G_O K_I K_{capl} \tau_m} = 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

Question B.17: Exprimer la condition sur le gain K_I du correcteur. En supposant que le gain du convertisseur $G_O = 1$ et que le gain du capteur de courant $= 0,1V/A$, faire l'application numérique.

$$T_{r5\%} = 3\tau_{IBF} = \frac{3\tau_{el} \tau_{em}}{K_1 G_O K_I K_{capl} \tau_m} < T_{rmax} \Rightarrow K_I > \frac{3\tau_{el} \tau_{em}}{T_{rmax} G_O K_I K_{capl} \tau_m} = 540$$

On peut à ce stade vérifier l'hypothèse $K_{BO} \gg 1$ en calculant K_{BO}
 $K_{BO} = 7,6 \text{ s}^{-1}$ et $K_{BO} \tau_m = 10,6$, ce qui valide les approximations faites précédemment.

B.II.C Etude et réglage de la boucle de vitesse

Question B.18: Donner la fonction de transfert en boucle ouverte de la boucle en vitesse non corrigée notée $H_{\Omega B0}(p)$. Préciser l'ordre et la classe de cette fonction.

$$H_{\Omega B0}(p) = \frac{\frac{K_{ec}}{f}}{1 + \frac{J_{eq}}{f} p} \frac{K_{IBF}}{1 + \tau_{IBF} p} K_{cap\Omega} = \frac{K_{cap\Omega} K_{ec} K_{IBF}}{f (1 + \tau_{IBF} p)(1 + \tau_m p)}$$

Il s'agit d'une fonction du second ordre et de classe 0

Question B.19: Donner, sous forme canonique, l'expression de la nouvelle fonction de transfert en boucle ouverte corrigée $H_{\Omega B0cor}(p)$.

$$H_{\Omega B0cor}(p) = K_2 \left(\frac{1 + \tau_2 p}{\tau_2 p} \right) \frac{K_{cap\Omega} K_{ec} K_{IBF}}{f (1 + \tau_{IBF} p)(1 + \tau_m p)}$$

Le pole dominant est le pole mécanique $p_m = -\frac{1}{\tau_m}$. D'où $\tau_2 = \tau_m$

$$\text{Ainsi } H_{\Omega B0cor}(p) = \frac{K_2 \frac{K_{cap\Omega} K_{ec} K_{IBF}}{f}}{\tau_m p (1 + \tau_{IBF} p)} = \frac{K_{\Omega B0cor}}{p (1 + \tau_{IBF} p)}$$

$$\text{avec } K_{\Omega B0cor} = \frac{K_2 K_{cap\Omega} K_{ec} K_{IBF}}{\tau_m f}$$

Question B.20: Calculer la valeur du gain K_2 permettant d'assurer une marge de phase de 45° .

$$M\varphi = 45^\circ = 180 + \text{Arg} \left(\frac{K_{\Omega B0cor}}{j\omega_{45} (1 + \tau_{IBF} j\omega_{45})} \right) \text{ avec } \omega / \left\| \frac{K_{\Omega B0cor}}{j\omega_{45} (1 + \tau_{IBF} j\omega_{45})} \right\| = 1$$

$$-135^\circ = -90^\circ - \text{Arc tan}(\tau_{IBF} \omega_{45})$$

$$45^\circ = \text{Arc tan}(\tau_{IBF} \omega_{45}) \Rightarrow 1 = \tau_{IBF} \omega_{45} \Rightarrow \omega_{45} = \frac{1}{\tau_{IBF}} = \frac{1}{3,5 \cdot 10^{-4}} = 2857 \text{ rads}^{-1}$$

$$\text{Et } \frac{K_{\Omega B0cor}}{\omega_{45} \sqrt{1 + (\tau_{IBF} \omega_{45})^2}} = 1 \Rightarrow K_2 = \frac{\tau_m f K_{cap\Omega}}{K_{ec}} \omega_{45} \sqrt{1 + (\tau_{IBF} \omega_{45})^2} = 6210$$

Question B.21: Indiquer, pour ce réglage, l'erreur sur la vitesse pour une accélération linéaire de la charge de $0,66 \text{ m.s}^{-2}$.

La fonction de transfert en boucle ouverte corrigée étant de classe 1.

L'erreur en vitesse pour une entrée de type rampe en accélération vaut :

$$\frac{a \frac{2n}{D_5}}{K_{\Omega B0\text{cor}}} = \frac{0,66 \frac{31,9}{0,03}}{4041} = 0,174 \text{ rad/s ou } \frac{0,66}{4041} = 0,16 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Question B.22: Le cahier des charges signale une précision sur la vitesse de levage de $0,1 \text{ mm/s}$. Calculer la valeur du gain K_2 permettant de respecter cette valeur.

$$K_{\Omega B0\text{cor}} = \frac{K_2 K_{\text{cap}\Omega} K_{\text{ec}}}{\tau_m f K_{\text{cap}I}} = \frac{0,66}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 6600 \text{ s}^{-1}$$

$$K_2 = \frac{0,66}{0,1 \cdot 10^{-3}} \frac{\tau_m f K_{\text{cap}I}}{K_{\text{cap}\Omega} K_{\text{ec}}} = 10144$$

Question B.23: Avec ce dernier réglage, calculer la marge de phase. Indiquer si ce résultat est acceptable.

$$\frac{K_{\Omega B0\text{cor}}}{\omega_\phi \sqrt{1 + (\tau_{\text{IBF}} \omega_\phi)^2}} = 1$$

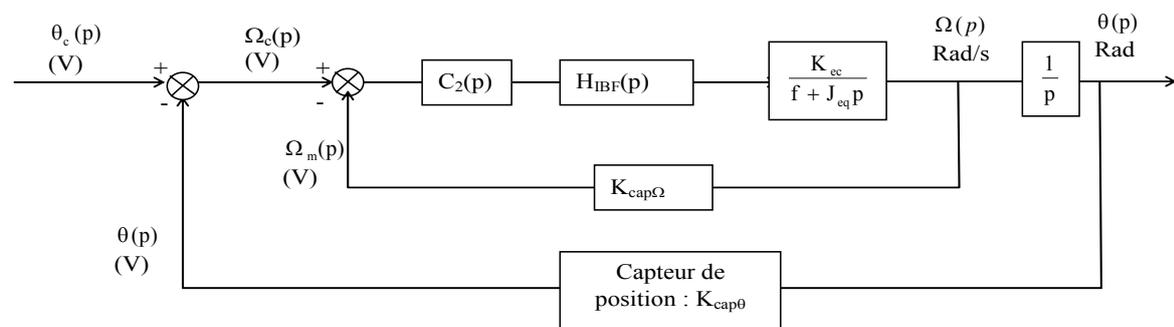
$$6600 = \omega_\phi \sqrt{1 + (\tau_{\text{IBF}} \omega_\phi)^2}$$

$$\omega_\phi = 3977 \text{ rad/s}$$

$$M\phi = 180 - 90 - \arctan(\tau_{\text{IBF}} \omega_\phi) = 37^\circ$$

On obtient une marge de phase, certes inférieure au 45° habituels, mais on peut considérer cette marge de phase comme satisfaisante.

Question B.24: Compléter sur le document réponse DR2 le schéma bloc précédent, de sorte que le système soit également asservi en position angulaire.



Partie C : Étude pédagogique

Question C.1: En respectant les limites du contexte de l'étude, proposer un cours et une fiche de formalisation des connaissances, visant l'objectif d'un guide méthodologique pour le dimensionnement d'un constituant industriel d'acquisition de données de position.

Il fallait proposer un cours et une fiche de formalisation des connaissances, visant l'objectif d'un guide méthodologique pour le dimensionnement d'un constituant industriel d'acquisition de données de position.

Pour ce qui est du cours la structure suivante était proposée :

- Rappel de la problématique et le besoin à satisfaire ;
- Modélisation du problème ;
- Définition de la démarche de dimensionnement ;

Il est important de rappeler l'inventaire des données d'entrées à chaque étape de la démarche.

Besoin à satisfaire : un gril mobile équipé de projecteurs, et suspendu à la structure fixe d'une salle de spectacle est mis en mouvement par l'intermédiaire de quatre palans électriques. Ces palans asservis en vitesse et position permettent de proposer toutes sortes de « figures » aux spectateurs. Il est impératif que les lois de mouvement programmées soient respectées de manière précise, ceci pour des raisons évidentes de sécurité.

Un codeur est implanté et permet à la commande de connaître l'évolution de la position du gril.

Modélisation du problème : Les données de la page 2 du sujet (Caractéristiques techniques du palan), ainsi que la rédaction de la réponse à la question 1, permettent la modélisation du problème technique à résoudre, autour de la question du dimensionnement du capteur.

Démarche de dimensionnement :

Cette documentation du constructeur (SKF) propose des éléments qui permettent de construire le cours en intégrant progressivement les contraintes liées à l'utilisation du palan dans le contexte présenté dans le sujet (Dimension, installation, efforts appliqués, fixation, raccordement électrique, ..).

Le cours doit apporter les connaissances nécessaires au dimensionnement et à l'implantation de ce capteur, et doit permettre à l'étudiant de construire sa culture technologique en s'appuyant sur un exemple concret.

Pilotage de moteurs d'entraînement triphasés

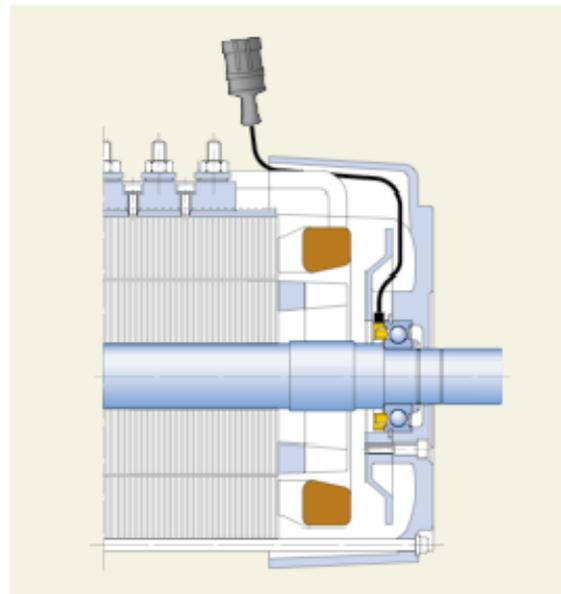
Tandis que les moteurs à courant continu sont délaissés au profit des moteurs triphasés, plus souples, plus robustes et demandant peu d'entretien, est désormais responsable de disposer de circuits électroniques à capteurs de vitesse pour piloter les moteurs. Le roulement à capteur intégré est une solution simple et sûre.

Les roulements-capteurs SKF apportent leur contribution à la remarquable performance des entraînements triphasés. Logé dans un emplacement protégé du moteur, le roulement-capteur SKF, qui n'exige aucune place supplémentaire, fournit un signal fiable de qualité constante.

L'ensemble est conçu pour qu'une seule opération de montage suffise à assurer les fonctions de roulement et de mesure. Qualité et bon fonctionnement étant vérifiés à la fabrication du roulement, l'intégration du système demande très peu d'effort.



1



Le roulement-capteur SKF, qui ne nécessite aucun espace supplémentaire, est bien protégé à l'intérieur du moteur et fournit un signal fiable, de qualité constante.



Mise en œuvre

Choix des dimensions

Les roulements-capturs SKF supportent des charges radiales assez élevées et des charges axiales dans les deux directions. Ils sont adaptés aux grandes vitesses et sont robustes et résistants. Les capteurs intégrés aux roulements permettent l'encastrement des conducteurs de fonctionnement.

Pour le roulement, les câbles de choc des dimensions sont les mêmes que pour le roulement rigide à elles mêmes. La durée de vie du roulement sera déterminée à partir de sa capacité de charge et des coefficients de charge et de fonctionnement de l'application ou des machines habituelles. Les caractéristiques des roulements sont indiquées dans les tableaux de produits.

Installation

Il faut généralement deux roulements pour soutenir un arbre. Un roulement fixe et un roulement mobile. Le roulement-captur SKF est généralement installé contre un roulement fixe. L'autre extrémité de l'arbre étant soutenue par un roulement libre. Si des charges axiales importantes s'exercent sur le roulement-captur SKF dans les deux directions, l'arbre sera muni de deux bagues extérieures opposées au capteur.

Fixation radiale

Les roulements-capturs SKF sont conçus pour être utilisés dans les conditions suivantes :

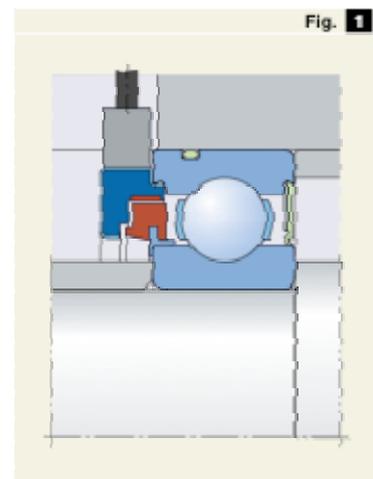
- bagues extérieures rotatives avec charge radiale
- bagues extérieures fixes avec charge fixe

Conformément aux recommandations habituelles pour ce type d'applications, les bagues extérieures doivent être ajustées soit sur l'arbre et la bague extérieure ou ajustées libre dans l'alésage de la cage.

Le câble de raccordement du capteur doit se déplacer dans le sens radial et doit être à position de la bague extérieure par rapport au palier. Une gaine de câble adaptée sera prévue dans le cas où il est nécessaire de passer le câble.

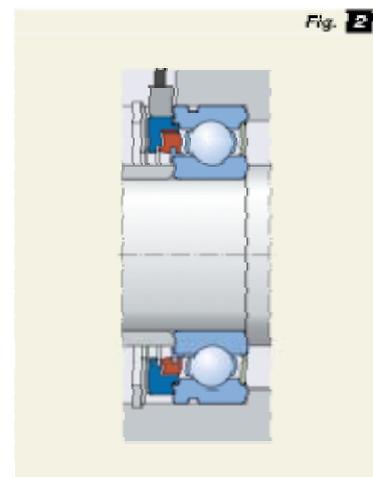
Il est recommandé de prévoir une encoche radiale dans le palier pour protéger le câble et de laisser un station excédent à sa sortie du palier. Cette encoche aura une largeur de 9 à 16 mm. Sa profondeur devra être suffisante pour atteindre la face latérale de la bague extérieure du roulement (→ Fig. 1). Pour éviter toute contrainte sur le corps de capteur, il convient de veiller à ce que la sortie du câble n'entre pas en contact avec l'encoche au moment du montage ; il est donc recommandé de maintenir le roulement-captur en position adéquate pendant toute l'opération de montage.

En cas d'ajustement libre du palier et en cas de charge fixe ou de charges des faces dynamiques supplémentaires, les vibrations peuvent entraîner une légère usure de la cage extérieure (fugage). Pour éviter ce phénomène et assurer un ajustement des signaux de la meilleure qualité possible, il est essentiel de veiller à l'immobilisation du câble. Pour éviter le frottement, nous recommandons l'ajout d'un joint torique en caoutchouc entre dans la gorge circonférentielle de la bague extérieure (→ Fig. 2).



Encoche dans le corps de fixation de la bague extérieure par un joint torique placé dans la gorge de logement d'arbre

Fixation axiale de la bague extérieure et un petit roulement au moyen d'un segment d'arrêt placé dans l'alésage du palier



Fixation axiale

La bague axiale, à ajustement serré, est généralement fixée des deux côtés dans le sens axial, par un recouvrement de l'arbre, une entoilée ou un segment d'arrêt. La fixation axiale de la bague axiale se déplace de la taille de jeu.

- Pour les roulements présentant un alésage de 25 mm ou moins, la fixation axiale de la bague extérieure du côté opposé au capot de capteur sera réalisée par un épaulement dans l'alésage du palier. Si le roulement est soumis qu'à des charges peu importantes ou, occasionnelles dans l'autre direction, un segment d'arrêt peut être placé dans la gorge de l'alésage du palier suffit à assurer la fixation axiale du côté capteur. Une rondelle en acier doit être intercalée entre le segment d'arrêt et le capot de capteur, en appui sur toute la largeur de celui-ci (→ fig. 3). Un espace suffisant sera ménagé dans le palier pour laisser passer le cône de raccordement du capteur.

Fixation axiale de la bague extérieure des roulements de petite taille au moyen d'un segment d'arrêt placé dans la bague extérieure et d'un couvercle

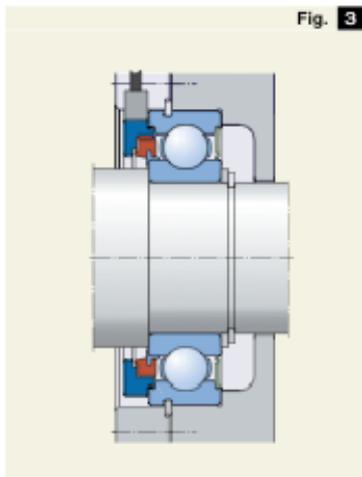


Fig. 3

Fixation axiale

En cas de charges axiales plus élevées, il est recommandé de réaliser la fixation du roulement avec un couvercle vissé sur le carter via un segment d'arrêt placé dans la gorge de la bague intérieure. On pourra en outre recourir dans le couvercle pour le vissage du cône (→ fig. 4). Les dimensions de l'épaulement d'appui sont indiquées dans le tableau des produits.

- Pour les roulements d'alésage de 30 mm et plus, la bague intérieure sera ajustée de façon à ce que la face latérale opposée au capot de capteur appuie sur l'épaulement du palier. La fixation axiale du roulement côté capteur peut être obtenue de deux façons.

Le roulement présentera une partie encastrée dans le sens axial côté opposé dans l'alésage du palier en appui sur le roulement et la fixation sera assurée par un segment d'arrêt. Le diamètre intérieur de l'entoilée doit correspondre au diamètre extérieur du capot de capteur et son diamètre intérieur doit correspondre à l'alésage du palier. La largeur de la tête de l'entoilée sera ajustée à la taille du cône de raccordement à la base du capot de capteur. L'entretoise ne doit occuper la distance entre la

Fixation axiale de la bague intérieure des roulements plus grands au moyen d'une entoilée et d'un segment d'arrêt placé dans l'alésage du palier

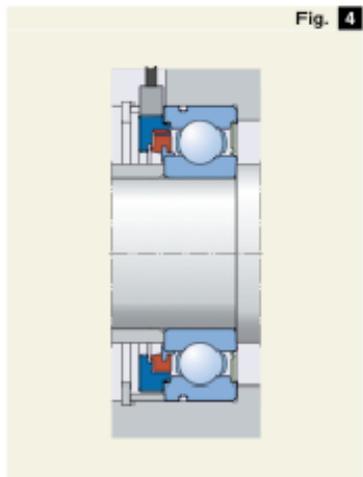


Fig. 4

face latérale de la bague intérieure et le segment d'arrêt et sa largeur sera dimensionnée pour que le segment d'arrêt repose dans la gorge à l'intérieur comme appliqué sur l'entoilée sans exercer de contact avec le capot de capteur (→ fig. 5).

Avec les roulements de cette taille, la face latérale de la bague s'est généralement pas couverte par le capot de capteur, mais la largeur est suffisante pour permettre une bonne fixation sur l'entoilée d'un couvercle vissé sur le palier. Le couvercle se prendra appliqué sur la face arrière de la bague intérieure et une entoilée sera prévue pour le passage du cône (→ fig. 5). Les dimensions de l'épaulement d'appui sont indiquées dans le tableau des produits.

Si le roulement-capteur est ajusté comme roulement libre, ce qui doit être réservé à des cas exceptionnels, la bague axiale doit être libre de bouger axialement dans les deux sens. Il convient de veiller à ce que le cône de raccordement ne gêne pas ce déplacement axial et toute rotation de la bague axiale ne doit être empêchée.

Fixation axiale de la bague extérieure des roulements plus grands au moyen d'un couvercle

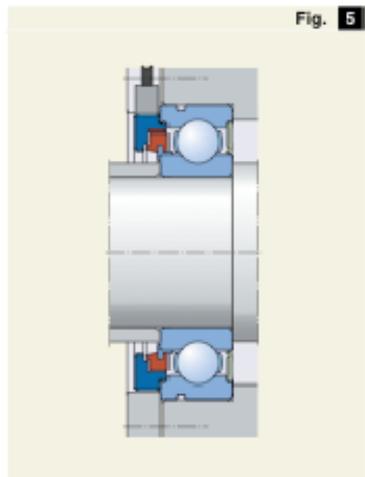


Fig. 5

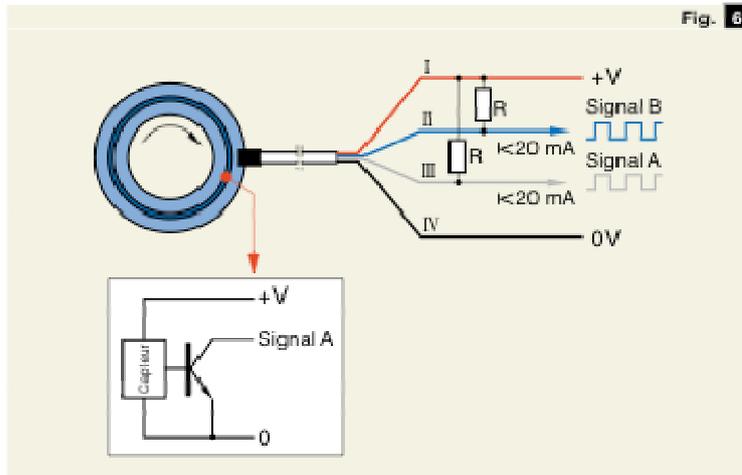


Schéma de câblage

Caractéristiques de l'interface électrique

Le fonctionnement des capteurs actifs nécessite une alimentation en tension égale et stable de 5 à 24 V. La sortie du signal se fait sur le transistor à collecteur ouvert (→ fig. 6). Des résistances placées entre le fil relié à l'alimentation électrique et les fils de sortie des signaux limitent le courant de sortie (→ tableau 1). Pour les caractéristiques de sortie des signaux, référez-vous au tableau 2.

Montage

Au moment du montage, les roulements-capteurs SKF seront installés avec le plus grand soin pour éviter tout dommage aux capteurs et au câble de raccordement.

C'est d'abord la bague avec l'ajustement serré, dans ce cas la bague intérieure, sera pressée sur sa surface de part. L'effort de pression doit être exercé, à la main ou à la machine, sur un mandrin de montage reposant sur la face latérale de la bague intérieure (→ fig. 7). L'effort de pression ne doit en aucun cas être appliqué sur le capteur.

Fig. 6

Le montage des roulements est plus facile s'ils sont chauffés. Pour le chauffage, servez-vous exclusivement d'une plaque chauffante à contrôle électrique de la température, sans dépasser 50 °C. Le roulement ne doit pas être placé directement sur la plaque chaude. Un mandrin sera inséré dans l'alésage du roulement ; tout en traversant la courbe de la plaque chauffante à la hauteur du roulement, le mandrin maintiendra une distance adéquate entre les deux (→ fig. 8).

Pour éviter tout accident dans un palier avec un ajustement libre de la bague extérieure, le roulement doit être centré sur rapport à l'alésage du palier ; il ne doit être ni incisé ni déformé au moment de son introduction (→ fig. 9).

Il convient de veiller tout particulièrement à ce que la sortie de câble ne touche aucun autre élément et que le câble de raccordement passe bien dans le trou prévu à cet effet et ne se tord ni comprime au cours du montage.

Pour les cas particuliers, SKF peut fournir sur demande une assistance personnalisée pour les recommander des éprouvettes de montage et de raccordement.

Tableau 1

Tension V	Résistances recommandées	
	R Ω	P W
5	270	0,25
9	470	0,25
12	680	0,25
24	1 500	0,5

Paramètres électriques

Caractéristiques de sortie des signaux

Tableau 2

Caractéristiques techniques	
Type de signal	carré
Nombre de signaux	2
Décalage de phase	90° degrés
Rapport cyclique	50 % d'une période

Avertissement

Au moment du chauffage du roulement, le câble de raccordement ne doit pas entrer en contact avec la plaque chauffante (→ fig. 8). Pour chauffer les roulements-capteurs SKF, il ne faut pas utiliser de chauffage par induction ; en effet, ce mode de chauffage endommagerait irrémédiablement les composants électroniques.

Montage par pression de la bague intérieure sur l'arbre à l'aide d'un mandrin de montage

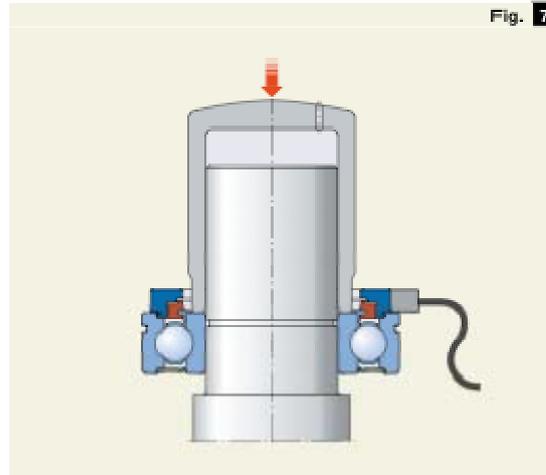


Fig. 7

Lubrification et maintenance

Les roulements-capteurs SKF sont des roulements avec joints d'air prêts à monter. Ils sont remplis d'une graisse oxygénée adaptée à la plage de températures des capteurs entre -40 et $+26$ °C qui assure une bonne lubrification du roulement toute sa durée. Le graissage varie en fonction des dimensions des roulements. Les roulements-capteurs SKF sont donc auto-lubrifiants.

2

Chauffage du roulement avant montage sur l'arbre

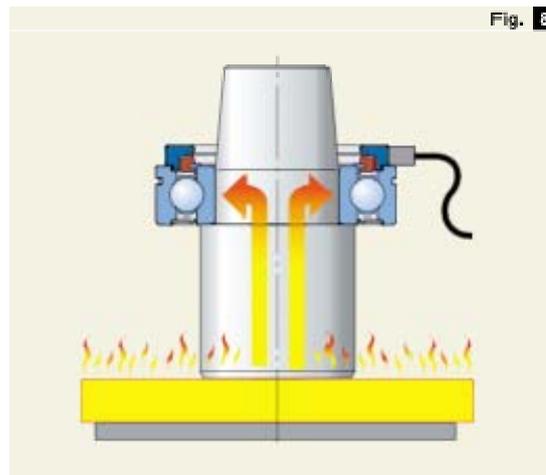


Fig. 8

Assemblage vertical d'un couvercle extérieur sur le roulement-capteur

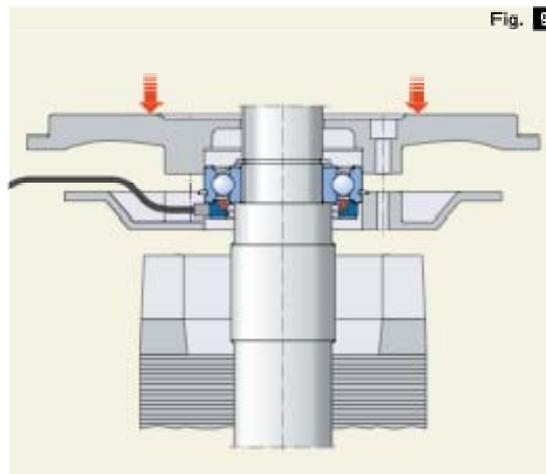


Fig. 9

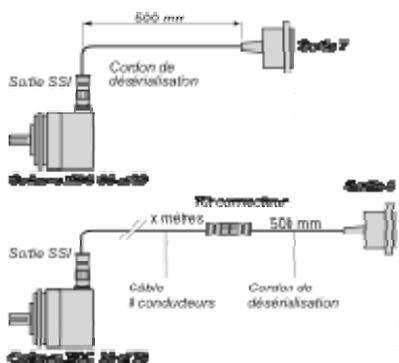
Guide méthodologique. Le réinvestissement de cette démarche doit permettre à l'étudiant de résoudre un problème technique similaire dans un autre contexte. La proposition de démarche de dimensionnement qui suit est issue de documents industriels « Schneider », et présente sept caractéristiques nécessaires à la définition et au dimensionnement du capteur.

Choix d'un type de codeur

Codeurs rotatifs opto-électroniques
Caractéristiques nécessaires à la définition d'un codeur

7 caractéristiques sont à définir

- 1 Fonction**
 - Codeur incrémental
 Transmetteur incrémental rotatif
 - Codeur absolu, absolu
 Transmetteur absolu absolu rotatif
 - Codeur absolu, relatif
 Transmetteur absolu absolu rotatif et indique le zéro absolu.
- 2 Diamètre du boîtier**
 - Codeur absolu
 Ø 40 à Ø 60
 - Codeur absolu, relatif, absolu
 Ø 40 à Ø 60
- 3 Diamètre d'axe**
 - Ø 8 mm à Ø 12 mm pour les codeurs
 - Ø 12 mm à Ø 16 mm pour les codeurs
 - Ø 16 mm à Ø 20 mm pour les codeurs
 - Ø 20 mm à Ø 25 mm pour les codeurs
 - Ø 25 mm à Ø 30 mm pour les codeurs
- 4 Type d'axe**
 - Axe fixe
 - Axe mobile
- 5 Type de raccordement**
 - Raccordement par câble
 - Raccordement par connecteur
- 6 Résolution**
 - Résolution de 1 à 1024
 - Résolution de 1 à 1024
 - Résolution de 1 à 1024
- 7 Type de sortie**
 - Codeur incrémental
 Sortie 5V ou 12V, 0V, GND, 0V, 5V, 0V, 12V
 - Codeur absolu, relatif, absolu
 Sortie 5V ou 12V, 0V, GND, 0V, 5V, 0V, 12V
 - Codeur absolu, relatif, absolu
 Sortie 5V ou 12V, 0V, GND, 0V, 5V, 0V, 12V
 - Codeur absolu, relatif, absolu
 Sortie 5V ou 12V, 0V, GND, 0V, 5V, 0V, 12V



Codeurs rotatifs opto-électroniques

Caractéristiques nécessaires à la définition d'un codeur

Précautions de mise en œuvre

Type de câbles

Dans les applications industrielles, il est conseillé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Pour les câbles de 24 V, il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Pour les câbles de 50 V, il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 50 V et de 100 V.

- 0,5 mm² à 1 mm² pour les câbles de 24 V et de 50 V.
- 1,5 mm² à 2,5 mm² pour les câbles de 100 V.

Raccordement

Il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Dans les applications industrielles, il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Dans les applications industrielles, il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Distance (m)	Fréquence (Hz)
50	400
100	200
200	100
400	50

Alimentation

Il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Il est recommandé d'utiliser des câbles à double isolation pour les câbles de 24 V et de 50 V.

Codeurs rotatifs opto-électroniques

Caractéristiques nécessaires à la définition d'un
codeur, installation, mise sous tension

Précautions de connexion et de mise sous tension

Connexion

Il s'agit de lire la notice de l'encodeur et de respecter les recommandations relatives à la mise sous tension, à la connexion et à l'installation.

Codeur à alimenter par 5V, 12V ou 24V

- utiliser le potentiomètre de l'axe de rotation
- utiliser le potentiomètre de l'axe de rotation
- utiliser le potentiomètre de l'axe de rotation

Codeur à alimenter par 5V, 12V ou 24V

- utiliser le potentiomètre de l'axe de rotation
- utiliser le potentiomètre de l'axe de rotation
- utiliser le potentiomètre de l'axe de rotation

Mise sous tension

Après la mise sous tension, les codes sont lus et les données sont envoyées à l'ordinateur. Les données sont envoyées à l'ordinateur.