

Université d'Ottawa
Faculté de génie

Département de génie
mécanique



University of Ottawa
Faculty of Engineering

Department of Mechanical
Engineering

PRÉNOM : _____

NOM : _____

NRO. ÉTUDIANT(E) : _____

MCG 2501

Introduction à la Conception de Systèmes Mécaniques

Examen Final
14 avril, 2025

Durée: 3 heures
José Morán, Ph.D., Professeur Adjoint

**EXAMEN À LIVRES FERMÉS. TOUTES NOTES, LIVRES ET CALCULATRICES INTERDITES.
PAS DE TELEPHONE / MONTRE INTELLIGENTE / ETC. SUR VOUS. LES INSTRUMENTS DE
DESSIN SONT PERMIS.**

Ce questionnaire doit être identifié et retourné avec toutes ses pages.

Si vous ne comprenez pas une question, posez une hypothèse et procédez.

À la fin de l'examen, lorsque le temps est écoulé:

- Cessez de travailler et retournez votre questionnaire.
- Demeurez silencieux/se.
- Ne parlez pas et ne vous déplacez pas jusqu'à ce que toutes les copies aient été ramassées, et que le surveillant ou le professeur vous ait donné l'autorisation de quitter.

L'examen compte pour 40% de votre note finale pour le cours.

L'examen inclut 2 sections (Sections A et B) valant 25 et 15 points chacune pour un total de 40 points.

La section A inclut 3 questions de conception.

La section B inclut 15 questions obligatoires valant 1 point chacune. Répondez aux questions de la Section B directement sur le cahier d'examen. Justifiez toutes vos réponses. Les réponses non-justifiées seront pénalisées de 50%.

[25/40] SECTION A: Problèmes de conception
! RÉPONDEZ DANS LE CAHIER D'EXAMEN, ASSUREZ-VOUS D'IDENTIFIER
LE CAHIER!

[10/40] Question 1: Proposez une combinaison de mécanismes

Une famille ontarienne dirige depuis 10 ans une entreprise locale de fabrication de biscuits. Jusqu'à présent, ils ont fabriqué des biscuits en utilisant des méthodes manuelles pour produire la pâte et découper les formes circulaires souhaitées, comme le montre la **Figure 1**.



Figure 1 : Ancienne méthode manuelle de découpage de la pâte pour produire des biscuits.

Cependant, l'entreprise a récemment signé un accord important avec des distributeurs du Québec pour vendre des biscuits à un taux de production considérablement plus élevé, ce qui nécessite l'automatisation de la ligne de production. L'entreprise souhaite remplacer le processus classique de découpe manuelle (**Figure 1**) par un nouveau système mécanique automatique, comme le montre la **Figure 2**. On peut voir ici comment la pâte sera produite automatiquement et transportée sur une bande transporteuse à vitesse constante. Comme le montre la **Figure 2**, l'entreprise dispose d'un ensemble de 4 moules à découper (désignés par les lettres A, B, C et D dans la **Figure 2**). Comme le montre cette figure, le mouvement des moules A et C (en rouge) ainsi que B et D (en vert) doit être synchronisé afin de minimiser le gaspillage de pâte à biscuits lors de la découpe. En outre, l'entreprise dispose d'un moteur électrique qui doit être utilisé comme mouvement d'entrée à vitesse de rotation constante.

L'entreprise a également défini les restrictions et les critères suivants à prendre en compte pour votre conception :

- Le mouvement d'entrée (arbre de sortie du moteur électrique) est une rotation à vitesse constante;
- L'arbre de sortie du moteur électrique contient une cannelure pour une clavette parallèle au bout;
- Les mouvements de sortie des moules à découper A et C ainsi que B et D sont synchronisés.
- Les moules de découpe doivent se relever après avoir effectué la découpe afin de permettre à la pâte à biscuits de se déplacer sur la bande transporteuse pour ainsi maintenir le fonctionnement continu de la chaîne de production;
- Bien entendu, nous ne devons pas abîmer la forme des biscuits au cours du processus de découpe;
- L'entreprise souhaite minimiser le gaspillage de pâte pendant le processus de découpe;
- Le nombre de composants mécaniques à utiliser doit être minimisé. Un design compact et économique est privilégié.

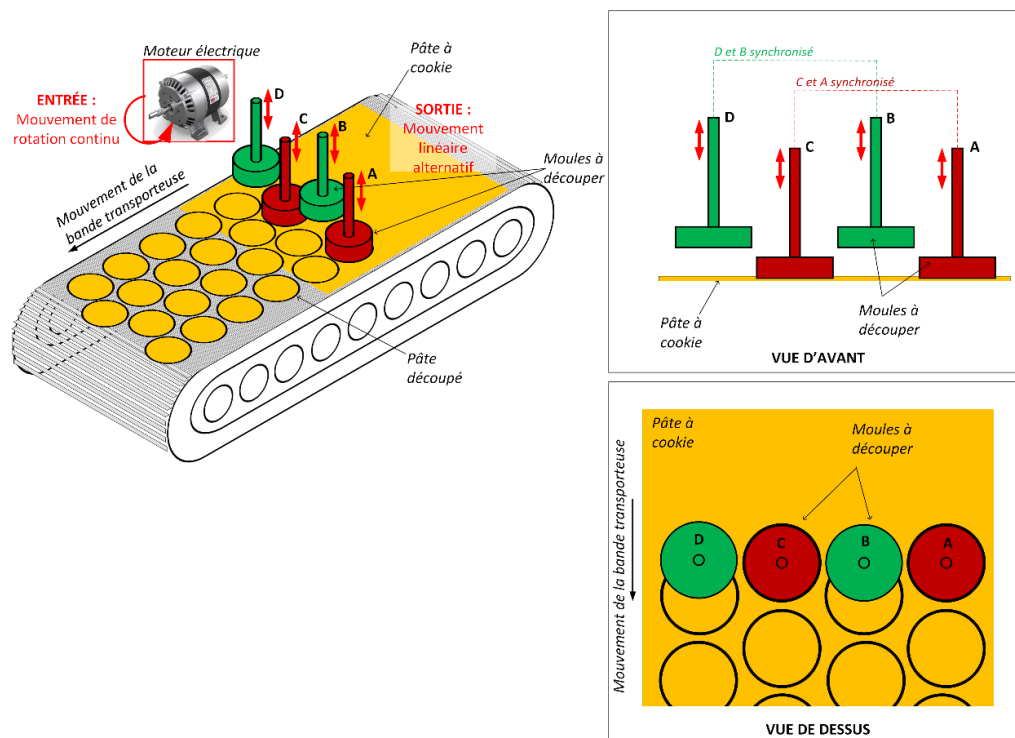


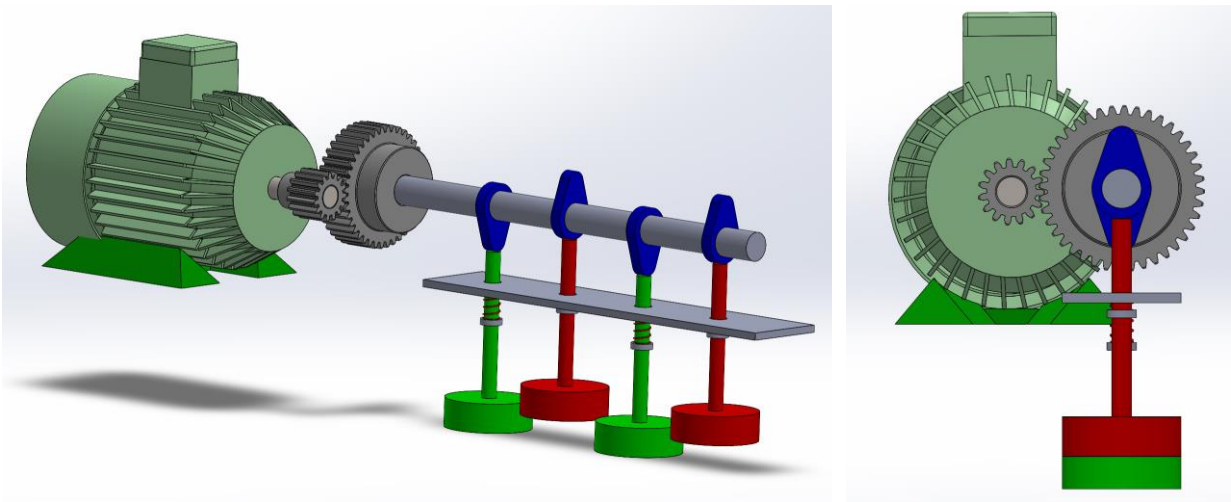
Figure 2 : Nouvelle méthode automatique de découpe de la pâte pour la production de biscuits.

Proposez **un mécanisme ou une combinaison de mécanismes** pour effectuer la découpe de la pâte à biscuits dans cette chaîne de production continue en utilisant les 4 moules de découpe et le moteur électrique disponibles.

- a) **Proposez un concept** (une solution totale) pour convertir le mouvement rotatif d'entrée en mouvement linéaire alternatif synchronisé de sortie nécessaire ici dans le processus de découpe. Ajoutez une **justification écrite pour chaque composant mécanique que vous avez choisi** pour votre conception. Vous devez faire un dessin simplifié (pas forcément de dessin technique) pour mieux expliquer votre réponse.

Réponse Question 1 :

[5 points] Il y a différents types de solutions qui prouvent éventuellement être considérés pour ce problème. Le problème consiste à faire la conversion d'un mouvement de rotation continue en mouvement linéaire alternatif. Les deux mécanismes que nous avons étudié pour ce fait sont : **came-suiveur** et **piston-bielle**. Le système piston-bielle est moins adapté dans ce cas car les moules à découper sont rigides et ne permettent pas une rotation de bielle associée à ce mécanisme. Des autres types de mécanismes moins évidents pour ce problème aussi nous permet de faire une conversion de mouvement rotatif en mouvement linéaire alternatif est « Scotch-yoke », le système rotatif à linéaire, ou le mécanisme à retour rapide. Une des solutions la plus simple qui minimise la quantité de composants mécaniques est présentée sur l'image ci-dessous. Les éléments clés sont :

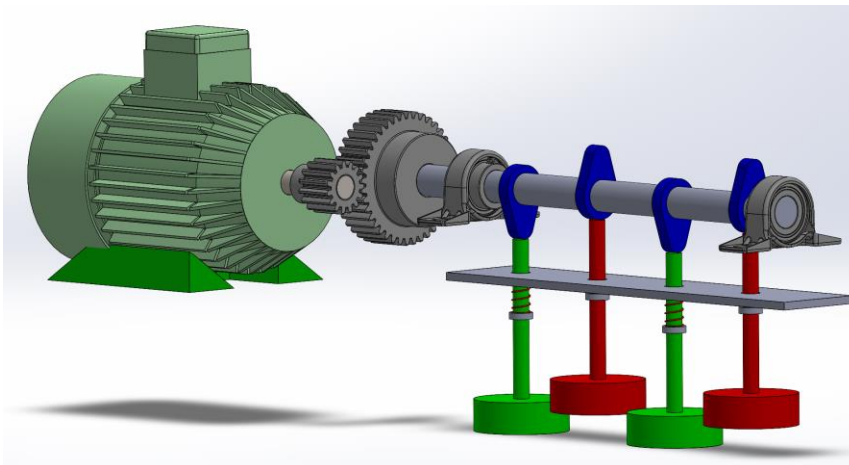


Note : Si vous avez proposé un autre système mécanique qui marche correctement (par exemple avec des cames linéaires ou d'autre type de mécanismes), vous allez avoir des points en fonction de : design qui marche correctement, design économique, quantité minimale des composants.

1. **[1 point] Un réducteur de vitesse :** Les moteurs électriques tournent normalement trop vite pour être directement connectés à l'arbre de transmission principale (e.g. avec des couplages) et donc au moins un étage de réduction de vitesse est nécessaire. Au moins il fallait réfléchir à la synchronisation avec le mouvement de la bande transporteuse (des hypothèses bien justifiées sont acceptées). Dans ce cas, nous avons privilégié deux engrenages conjugués car on minimise la quantité de composants et on a un design compact ce qui sont des considérations super importantes par rapport au choix de courroies et chaînes. Comme l'arbre de sortie du moteur contient déjà une cannelure pour une clavette parallèle, le montage de l'engrenage est normalement facile. Des alternatives tels que les systèmes de courroies ou chaînes sont aussi considérés comme des réponses possibles mais moins adaptés au problème.
2. **[1 point] Un arbre à cames (camshaft) :** Ce type d'arbre nous permet de transmettre le mouvement de rotation de l'engrenage vers les 4 cames radiales installées comme montré ci-dessous. Il est important de considérer les cames des moules A et C et moules B et D

exactement alignée pour avoir un mouvement synchronisé comme il est nécessaire dans ce cas. Mais à la fois, il faut considérer un certain décalage angulaire entre les deux pour ainsi avoir leur actionnement alternatif.

3. **[1 point] Système came-suiveur :** Pour les mécanismes came-suiveur, il est important de garder le contact entre le suiveur (l'extrémité de chaque moule) et la surface de la came. Nous avons choisi de cames radiales qui sont faciles à monter sur l'arbre de transmission et nous permettent d'avoir un mouvement linéaire alternatif en sortie. Dans ce cas, nous avons tout simplement utilisé la surface plate de ce composant comme un suiveur (linéaire plat aligné) mais des suiveurs particuliers sont normalement à considérer tels que le suiveur roulant selon les vitesses et couples. La géométrie de cames doit être calculée pour avoir une synchronisation correcte pour couper la pâte aux instants précis pour minimiser le gaspillage de pâte et ne pas abîmer la forme de biscuit coupés. La différence radiale de la came dans son point max et min doit être plus grande que l'épaisseur de la pâte à couper.
4. **[1 point] Ressort :** Nous avons aussi ajouté un ressort pour chaque système came-suiveur utilisé ici avec l'objectif de maintenir la came toujours en contact avec le suiveur mais aussi pour éviter d'endommager la pâte à biscuit (restriction mentionnée par le client). Nous avons donné une solution simplifiée pour le montage de ressorts avec une paroi horizontale avec des trous pour permettre le mouvement des moules. Les ressorts sont installés en configuration de compression pour obliger aux moules de monter à chaque fois que la découpe est finie et maintenir le suiveur en contact avec la came.
5. **[0.5 point] Roulements :** On ne peut pas installer un arbre sans mentionner comme il sera monté en permettant sa rotation. Comme montré sur l'image ci-dessous, notre choix des roulements est tout simplement de roulements à billes pour supporter les charges radiales liées aux engrenages et aux cames. Nous avons fait l'hypothèse d'une surface horizontale disponible pour le montage des roulements avec des mécanismes « *pillow block* ».
6. **[0.5 point] Autres mécanismes :** Des points supplémentaires sont donnés aux étudiants qui spécifient les mécanismes utilisés pour le montage de composants sur l'arbre de transmission (montage des engrenages, roulements, et cames). Les cames ne sont pas forcément montées sur l'arbre mais elles peuvent être machinées pendant la manufacture de l'arbre de transmission.



[5/40] Question 2: Conception des cames

Dans le cadre d'un projet de conception, vous et votre équipe de travail devez concevoir un mécanisme de came-suiveur. Pour ce faire, vous avez décidé d'utiliser la méthode mathématique. Dérivez des équations pour décrire les segments d'un diagramme de déplacement (courbe d'opération) d'une came radiale qui monte avec un profil sinusoïdal ($y(\theta) = A \sin[B\theta + C] + D$, où θ est l'angle de rotation de la came. A, B, C, et D sont des constantes à trouver) d'un maintien à un autre maintien de telle sorte que la levée totale soit de $2L$ et que l'angle total de la came soit de 2β .

- a) **[2 points]** Les segments décrivant le mouvement de la came peuvent-ils avoir un profil linéaire ? Justifiez votre réponse.

Réponse : Non !! les profils linéaires produisent des pentes mathématiquement indéfinies aux points d'intersection des segments linéaires. Ceci perturbe complètement le fonctionnement du système came-suiveur et ne permet pas de garder le suiveur en contact avec la came.

- b) **[3 points]** Trouvez les équations de mouvement décrivant les coefficients cinématiques de premier, deuxième et troisième ordre.

Réponse :

[1 point] Avec simplement les 4 conditions suivantes :

$$y(0) = 0; \left. \frac{\partial y}{\partial \theta} \right|_{\theta=0} = 0; y(2\beta) = 2L; \text{ et } \left. \frac{\partial y}{\partial \theta} \right|_{\theta=2\beta} = 0,$$

[1.5 point] on a les constants A, B, C, et D,

$$\left. \frac{\partial y}{\partial \theta} \right|_{\theta=0} = A \cos[C] B = 0 \rightarrow C = \frac{\pi}{2}$$

Note : des autres valeurs pour la constante C peuvent aussi être choisies : $-\frac{3\pi}{2}, -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \dots$

$$\left. \frac{\partial y}{\partial \theta} \right|_{\theta=2\beta} = A \cos\left[B2\beta + \frac{\pi}{2}\right] B = 0 \rightarrow B2\beta + \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{2} \rightarrow B = -\frac{\pi}{2\beta}$$

$$y(\theta = 0) = A \sin\left[\frac{\pi}{2}\right] + D = 0 \rightarrow A = -D$$

$$y(\theta = 2\beta) = A \sin\left[-\left(\frac{\pi}{2\beta}\right)2\beta + \frac{\pi}{2}\right] + D = 2L \rightarrow -A + D = 2L \rightarrow A = L$$

[0.5 points] Donc, les coefficients cinématiques sont :

$$y(\theta) = L \left(1 - \sin\left[-\frac{\pi\theta}{2\beta} + \frac{\pi}{2}\right] \right)$$

$$y'(\theta) = -L \frac{\pi}{2\beta} \cos\left[-\frac{\pi}{2\beta}\theta + \frac{\pi}{2}\right]$$

$$y''(\theta) = -L \left(\frac{\pi}{2\beta}\right)^2 \sin\left[-\frac{\pi}{2\beta}\theta + \frac{\pi}{2}\right]$$

$$y'''(\theta) = L \left(\frac{\pi}{2\beta}\right)^3 \cos\left[-\frac{\pi}{2\beta}\theta + \frac{\pi}{2}\right]$$

[10/40] Question 3: Conception d'un train d'engrenages

Proposez un design fonctionnel pour un réducteur de vitesse à engrenages, avec rapport de vitesse constant, pour lequel les arbres d'entrée et de sortie sont perpendiculaires.

- Le rapport de vitesse est 25;
- La puissance fournie est de 27.96 kW. Ce mouvement rotatif doit être transféré vers l'arbre de sortie;
- La vitesse de rotation d'entrée est de 1750 rpm;
- Un design économique est compact est préféré;
- Une haute efficacité énergétique (> 95 %) est requise.

Note: posez toute hypothèse que vous jugez nécessaire concernant les charges, conditions d'opération et tout autre aspect du réducteur, et expliquez clairement ces hypothèses. Vos hypothèses, si vous en posez, ne doivent pas contredire les informations fournies ici. Un tableau des nombres minimaux et maximaux de dents sur les pignons et roues apparait à la page suivante.

- a) **[5 points]** Quel est votre choix pour la configuration et le(s) type(s) des engrenages? Justifiez en discutant leurs avantages. Spécifiez les vitesses de rotations et le nombre de dents de chaque engrenage choisi.

Réponse :

[3 points] Le rapport de vitesse est normalement trop élevé pour un système d'engrenages d'un étage au moins qu'on utilise une vis sans fin ce qui semblerai une bonne solution pour des arbres en configuration perpendiculaire. Mais, le besoin de haute efficacité énergétique (>95 %) nous empêche de choisir cet engrenage. Donc, à partir du besoin d'une configuration économique et compact, on peut choisir des engrenages coniques pour le premier étage afin de permettre une configuration en 90 degrés. On peut choisir un rapport de vitesse de 5 pour le premier étage. Pour le deuxième étage on peut choisir aussi un rapport 5 avec des engrenages a dents droites. Donc la réduction totale est de $5 \times 5 = 25$. Bien évidemment, on pourrait ajouter plus d'étages mais il faut proposer un design compact et donc on garde le nombre d'étages au minimum. Comme il n'y a pas des critères liés au bruit du système mécanique et afin d'avoir un dessin économique, nous allons choisir des engrenages avec des dents droites. Ci-dessous nous spécifions les propriétés des engrenages du réducteur de vitesse :

[1 point] Étage 1 :

$$w_{p,1} = 1750 \text{ rpm}$$

$$n_1 = 5 = \frac{w_{p,1}}{w_{e,1}} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$w_{e,1} = 350 \text{ rpm}$$

On peut choisir $N_1 = 17$ ce qui nous permet d'avoir une grande plage de valeurs N_2 possibles, et donc,

Number of Pinion Teeth, N_p	Number of Gear Teeth, N_g						
	Helix angle, ψ , deg						
	0	5	10	15	20	25	30 35
8							12
9							34
10						12	26
11					13	23	93
12			12	16	24	57	∞
13	16	17	20	27	50	1385	
14		26	34	53	207		
15		45	49	69	181	∞	
16		101	121	287	∞		
17		1309	∞	∞			

Min # of gear teeth gear is N_p .

$$N_2 = 17 * 5 = 85$$

Donc, pour l'étage 1 on peut vérifier qu'il n'y a pas de facteurs communs entre N_1 et N_2 .

[1 point] Étage 2 :

Dans le même arbre de l'engrenage de l'étage 1 on doit connecter le pignon de l'étage 2.

$$w_{p,2} = 350 \text{ rpm}$$

$$n_1 = 5 = \frac{w_{p,1}}{w_{e,1}} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$w_{e,1} = 70 \text{ rpm}$$

On peut choisir $N_1 = 16$ ce qui nous permet d'avoir une grande plage de valeurs N_2 possibles, et donc,

$$N_2 = 16 * 5 = 80$$

Donc, pour l'étage 2 on peut vérifier qu'il a de facteurs communs entre N_1 et N_2 . Donc, on peut choisir $N_2 = 81$.

- b) **[5 points]** Comment attachez-vous les engrenages aux arbres? Identifiez les méthodes clairement pour chaque engrenage, et justifiez votre sélection.

Réponse :

[5 points] La puissance et vitesses du problème nous donne la liberté de choisir le type de méthode d'attache des engrenages aux arbres conçus pour couples moyens et élevés. Donc, les différents types de clavettes (parallèles, Woodruff), les broches ou les cannelures d'engagements sont des options à considérer. Dans ce cas, l'option la plus économique sera la clavette parallèle car plusieurs engrenages sont conçus avec ce type de solution de montage et donc sera plus économique à implémenter.

[15/40] SECTION B: Aspects fondamentaux
! RÉPONDEZ DANS LE CAHIER D'EXAMEN ET JUSTIFIEZ VOS REPONSES!
(RÉPONSES NON-JUSTIFIES SERONT PÉNALISÉS DE 50 %)
! ASSUREZ-VOUS D'IDENTIFIER LE CAHIER!

Note : Des points partiels sont donnés selon la formule suivante :

$$\text{Grade} = \frac{(\# \text{ Correct answers})}{(\# \text{ Selected} + \# \text{ Correct non selected})}$$

[15/40] Questions à choix multiples (totale = 15)

Il y a au total 15 questions. Chacune d'entre elles vaut 1 point. Lisez attentivement, justifiez toutes vos réponses. Réponses non justifiées seront pénalisées de 50%.

1. Les critères suivants sont essentiels pour l'incorporation des vis de transmission de puissances dans un design (sélectionnez toutes les réponses qui s'appliquent) :
 - a) Des charges élevées peuvent être manipulées
[v] Justification : Les vis de transmission de puissance sont conçues pour supporter des charges élevées en fonction du matériau, du pas de la vis et du type d'écrou utilisé. Elles sont souvent utilisées pour soulever des charges importantes comme le mécanisme *jack screw* ou différents outils tels que ceux pour couper des tubes/tuyaux métalliques ou pour compresser des ressorts.
 - b) Un mouvement linéaire précis est nécessaire
[v] Justification : Les vis de transmission, en particulier les vis à billes, sont utilisées lorsque la précision du mouvement linéaire est essentielle, comme dans les machines-outils, l'automatisation industrielle et la robotique. Elles offrent un faible jeu et un mouvement fluide grâce à la réduction des frottements.
 - c) Des forces importantes dans la direction axiale et radiale existent
[x] Justification : Les vis de transmission sont principalement conçues pour supporter des forces axiales (dans l'axe de la vis). Les charges radiales sont à éviter complètement, les charges axiales colinéaires sont acceptables, et les charges axiales excentriques sont à éviter.
 - d) Le besoin de percer
[x] Justification : Le perçage n'est pas un critère directement lié à l'utilisation des vis de transmission de puissance. Ce critère peut être important pour le choix de vis d'assemblage qui sont des composants mécaniques différents.
 - e) Des vitesses élevées sont impliquées
[x] Justification : Ces mécanismes ne sont pas conçus pour des applications avec des vitesses élevées car un frottement important est associé avec des pertes d'énergie trop élevées.

2. À l'étape 3 du DpMA (design pour la manufacture et l'assemblage), l'analyse de la manipulation prend en compte les analyses suivantes (sélectionnez toutes les réponses qui s'appliquent) :
- a) Taille et poids
[v] Justification : Il s'agit d'une analyse qui cherche à minimiser ou éviter les composantes trop petit ou trop lourd qui posent de difficultés de manipulation.
 - b) Difficultés de manipulation
[v] Justification : Il s'agit d'une analyse qui cherche à minimiser ou éviter les composantes avec différents types de difficultés de manipulation tels que : fragile, flexible, collant, abrasif, etc.
 - c) Déplacement linéaire
[x] Justification : Le déplacement linéaire ne fait pas parti des analyses à faire qui sont lié à la manipulation de composants.
 - d) Orientation bout à bout
[v] Justification : Aussi appelé orientation d'extrémité a extrémité. Cherche à privilégier les composants avec assemblage symétrique ou qui sont facile à voir et donc à manipuler.
 - e) Orientation rotationnelle
[v] Justification : Cherche à privilégier les composants avec assemblage symétrique ou qui sont facile à voir et donc à manipuler.
3. Convertir un mouvement de rotation continue en rotation intermittente n'est pas simple. Dans ce cours, nous n'avons étudié que quelques mécanismes capables de réaliser cette tâche. Il s'agit de (Sélectionnez toutes les réponses qui s'appliquent) :
- a) Scotch yoke
[x] Justification : Ce mécanisme fait la conversion du mouvement de rotation en un mouvement linéaire et vice-versa.
 - b) Roue de Genève
[v] Justification : Ce mécanisme convertit une rotation continue dans une direction en une rotation intermittente dans le sens opposé.
 - c) Cliquet
[x] Justification : Ce mécanisme comportant 2 pièces rotatives colinéaires, où l'une entrainera l'autre en tournant dans une direction mais tournera librement dans l'autre direction.
 - d) Engrenage partiel
[v] Justification : Ce type de mécanisme comporte un engrenage qui tourne de façon continue mais conjugue avec un autre engrenage qui tourne de façon intermittente.
 - e) Palier à bride
[x] Justification : Rien à voir. Même pas nécessaire de justifier.
4. L'énergie pourrait, en principe, être transférée entre deux arbres parallèles séparés par une distance significative en utilisant les mécanismes suivants (Sélectionnez tous ceux qui s'appliquent) :

- a) Tringleries
[x] Justification : Pas directement. Les tringleries ne sont pas conçus pour le transfert d'énergie entre des arbres parallèles.
 - b) Engrenages surnuméraires
[v] Justification : Un les applications des engrenages surnuméraires, i.e., des engrenages « intermédiaires » est justement le transfert de couple entre des arbres éloignés.
 - c) Courroies
[v] Justification : A l'aide des poulies, les courroies sont tout à fait un mécanisme adapté pour ce besoin.
 - d) Chaînes
[v] Justification : A l'aide des pignons ou roues dentelées, les chaînes sont tout à fait un mécanisme adapté pour ce besoin.
 - e) Embrayages
[x] Justification : Ne sont pas de mécanismes conçus pour ce besoin.
5. L'aspect le plus critique pour la conception des freins et embrayages qui peut conduire à une défaillance est (n'en choisir qu'un) :
- a) La taille des disques
[x] Justification : C'est certainement un paramètre à considérer mais ce n'est pas le plus critique.
 - b) La gestion de la température
[v] Justification : Le transfert de chaleur et notamment l'augmentation de température est un aspect critique pour la conception de freins et embrayages car dans les deux cas on a de surfaces en frottement soit pour réduire la vitesse (frein) ou pour tourner à la même vitesse (embrayage).
 - c) La résistance à l'usure
 - d) **[x] Justification :** C'est certainement un paramètre à considérer mais ce n'est pas le plus critique.
 - e) Réponse rapide
[x] Justification : C'est certainement un paramètre à considérer mais ce n'est pas le plus critique.
 - f) Tolérances et jeux
[x] Justification : C'est certainement un paramètre à considérer mais ce n'est pas le plus critique.
6. La sélection des mécanismes de couplage des arbres est essentiellement basée sur (Sélectionnez toutes les réponses qui s'appliquent) :
- a) Température, pression et humidité relative
 - b) Alignement des arbres
[v] Justification : Selon le besoin d'alignement des arbres, on trouve différentes solutions de systèmes de couplages tels que les couplages rigides ou flexibles.
 - c) Couples

[v] Justification : Différents types de couplages sont adaptés a de différents niveaux de couples.

d) Vitesse de rotation

[v] Justification : Différents types de couples sont adaptés a de différents niveaux de vitesse de rotation. Par exemple le couplage a chaine n'est pas adapte a de vitesses enlevées.

e) Le coefficient de frottement de la surface de frottement

7. Les considérations essentielles pour la conception des roulements sont les suivantes (Sélectionnez toutes les réponses qui s'appliquent) :

a) Les roulements doivent rouler et ne pas glisser dans leurs boîtiers/sur leurs arbres

[v] Justification : Le glissement peut produire de l'usure rapide et défaillance des roulements.

b) Les bagues intérieures et extérieures doivent être préchargées simultanément

[x] Justification : Non, juste un de deux bagues doit être préchargé pour un roulement marcher correctement.

c) Les roulements ne peuvent être montés qu'en bout de l'arbre

[x] Justification : Non, on peut normalement monter les roulements dans toutes les positions des arbres et pas uniquement en bout.

d) Des charges plus élevées peuvent être supportées en augmentant le nombre de billes ou la surface de contact entre les éléments roulants et les bagues

[v] Justification : Exactement ! C'est un le principe le plus fondamentaux de conception des roulements.

e) Le soudage est une option économique pour fixer les roulements à une paroi, boîtier, ou carter

[x] Justification : Non, le soudage des roulements est une grosse erreur qu'il faut absolument éviter. Il y a des composants mécaniques spécifiques conçus pour le montage des roulements a une paroi, boitier ou carter.

8. Les aspects suivants sont essentiels à une conception incluant des mécanismes à ressort (Sélectionnez toutes les réponses qui s'appliquent) :

a) Compression et dilatation maximales du ressort

[v] Justification : On doit s'assurer d'utiliser le ressort dans ces limites de fonctionnement et par exemple éviter d'aller vers leur limite de déformation élastique.

b) La rigidité du ressort

[v] Justification : Ceci détermine la constant k de rappel du ressort et donc c'est une variable qu'a un impact direct sur la performance du ressort car les déformations et forces sont directement lié avec cette constant (loi de Hooke).

c) Le type et la direction des charges

[v] Justification : Bien sûr, le type et direction des charges vont déterminer directement le choix de ressort a utiliser. Ils vont aussi déterminer le besoin d'un ressort a compression ou à traction.

- d) Les tolérances et jeux
[v] Justification : Vont surement avoir un impact sur le choix des ressorts, leur installation, et leur dimensionnement.
- e) Montage normalement comprimé ou normalement étiré
[v] Justification : Détermine le besoin d'un ressort a compression ou à traction.
9. Sélectionnez uniquement les options qui sont **VRAIES** en ce qui concerne la conception des systèmes mécaniques (Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent) :
- a) Des restrictions supplémentaires pourraient être ajoutées à la définition du mandat même si ne sont pas mentionnées par le client
[x] Justification : False, on ne doit jamais ajouter des restrictions qui ne sont pas mentionnés par le client.
- b) Au même temps que les critères doivent impérativement être respectés, les restrictions doivent être optimisées
[x] Justification : False, c'est l'opposé qu'on doit faire normalement. Les critères sont optimisés et les restrictions sont respectées.
- c) L'analyse décisionnelle est utilisée, essentiellement, pour écarter les solutions qui ne sont pas réalisables
[x] Justification : False, il est essentiellement utilisé pour choisir une solution à partir d'un nombre de solution possibles. Écarter les solutions que ne respectent pas les restrictions fait partie de l'analyse décisionnelle mais ce n'est pas les but principal ou essentiel.
- d) Le but de l'analyse fonctionnelle est de décomposer un problème complexe en problèmes plus petits et plus faciles à résoudre associés aux fonctions du produit
[v] Justification : Précisément, d'où le nom de la méthode.
- e) Lors de l'analyse décisionnelle, seules les restrictions sont prises en compte
[x] Justification : False, les critères sont une partie essentielle de l'analyse décisionnelle.
10. Sélectionnez uniquement les options qui sont **VRAIES** en ce qui concerne les tringleries (Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent) :
- a) Les tringleries ne peuvent être utilisées que pour convertir un mouvement linéaire en un mouvement rotatif
[x] Justification : False, les tringleries ne sont pas limite à la conversion de mouvement linéaire en mouvement rotatif. On peut les utiliser pour la conversion de mouvement rotative continu en outre mouvement rotative continu (e.g., suiveur), mouvement rotatif en mouvement de ration intermittent (e.g., bascule et manivelle), mouvement linéaire en mouvement linéaire (e.g., Scott Russel), etc.
- b) Le mécanisme de piston-bielle est un type de tringlerie
[v] Justification : Précisément, on les a étudiés pendant le cours sur les mécanismes rotatifs mais ils sont bien sur des tringleries.
- c) Dans une tringlerie à 4 pivots et 4 segments, le segment de base est toujours considéré comme tel, même s'il ne s'agit pas nécessairement d'un levier

[v] Justification : Précisément, car le segment de base doit normalement être une structure solide pour bien connecter les autres leviers de la tringlerie.

- d) Les tringleries autobloquantes sont des exemples de configurations à 3 pivots et 3 segments

[v] Justification : Précisément, on a même mentionné des exemples de bouchon « flip-flop » pour les bouteilles qui correspondent à ce type de tringlerie.

- e) Les tringleries sont des assemblages de leviers

[v] Justification : Précisément, c'est la définition d'une tringlerie ce qui explique son fonctionnement et le besoin d'avoir de pivots pour leur assemblage.

11. Sélectionnez uniquement les options qui sont **VRAIES** en ce qui concerne les courroies et les chaînes (Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent) :

- a) Les courroies peuvent être utilisées dans les réducteurs de vitesse, mais uniquement pour des rapports de vitesse faibles

[v] Justification : Précisément, on les utilise que pour de rapport de vitesse inférieur à 10 (en gros) et de vitesses faibles ~ 5 à 33 m/s.

- b) Les courroies plates nécessitent une tension importante pour éviter le glissement

[v] Justification : Précisément, du à sa géométrie et la surface lisse de poulie avec lesquelles ils sont normalement connectés, on doit s'assurer de les maintenir avec une tension importante. On a discuté différents types de tensionneurs que nous permettent de maintenir les courrois bien connectés.

- c) Les courroies ont besoin d'un alignement précis entre les poulies

[x] Justification : Non, justement, les courrois ont plus de liberté d'installation de ce point de vue car n'ont pas besoin de cette alignement précise et on peut même torsader la courroie à l'aide de tensionneurs.

- d) Les courroies encochées nécessitent la tension la plus faible de toutes les courroies et sont parmi les plus efficaces énergétiquement

[v] Justification : Précisément, leur tension est généralement plus faible que des autres types de courroies du à sa géométrie encochée. Leur rendement mécanique peut être > 98 %.

- e) La transmission à variation continue (CVT) ne permet qu'un nombre discret de rapports de vitesse entre deux arbres en rotation continue

[x] Justification : Non, justement, comme indiqué dans son nom : « à variation continue » il s'agit d'un mécanisme que nous permet d'avoir un nombre infini de rapport de vitesses.

12. Quelle est la meilleure solution pour fixer des composants à des arbres, tels que des engrenages, pour des applications à couple élevé et à grande vitesse ? (n'en choisir qu'une)

- a) Clavettes parallèles

- b) Cannelures d'engagement

[v] Justification : Les cannelures permettent l'engagement pour le montage des éléments sur l'arbre tels que les engrenages ou les embrayages axiaux. Cannelures

d'engagement adéquates pour couples et vitesses élevé(e)s / très élevés – et toute autre situation. Mais coût plus élevé.

- c) Montage par force et retrait
- d) Circlips
- e) Connexion par expansion thermique

13. Sélectionnez uniquement les options qui sont **VRAIES** en ce qui concerne les roulements (Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent) :

- a) Les roulements à billes sont généralement utilisés pour les applications avec des charges élevées

[x] Justification : Non, ce type de roulement sont conçus pour de charges faibles. On peut modifier son design pour augmenter sa capacité de charge notamment en augmentant la quantité de billes ce qui donne plus de liberté d'avoir des charges plus élevées.

- b) Les roulements à rouleaux cylindriques ne sont pas conçus pour supporter des charges axiales

[v] Justification : Ce type de roulement sont surtout conçu pour supporter de charges importants dans la direction axial.

- c) Les roulements à rouleaux coniques ne sont pas conçus pour supporter des charges axiales

[x] Justification : Non, il y a des ce type de roulements justement conçu pour supporter des charges axiales et radiales (d'où l'idée d'utiliser une géométrie conique pour la conception de l'élément roulant).

- d) La lubrification des roulements n'est pas critique car ils sont conçus avec des matériaux minimisant le frottement

[x] Justification : Non ! La lubrification de roulement est toujours importante même s'ils sont conçus avec de matériaux ou avec de processus de machinerie que minimisent le frottement.

- e) L'alignement des axes de rotation des bagues intérieure et extérieure est essentiel pour la performance des roulements à billes

[v] Justification : S'ils ne sont pas bien alignée on risque d'avoir de forces axiales pas nécessaires sur les billes ou même interférence.

14. Sélectionnez uniquement les options qui sont **VRAIES** en ce qui concerne les systèmes hydrauliques et pneumatiques (Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent) :

- a) Les vérins pneumatiques ne doivent pas être chargés en flexion

[v] Justification : Ils sont conçus pour supporter des charges dans la direction axiale.

- b) Pour les pressions de fonctionnement élevées, nous préférons normalement les systèmes pneumatiques aux systèmes hydrauliques

[x] Justification : Non, les systèmes hydrauliques sont conçus pour les applications avec de pressions élevées.

- c) Les systèmes pneumatiques sont normalement plus rapides que les systèmes hydrauliques

[v] Justification : Effectivement, la viscosité plus faible de gaz nous permet de concevoir de systèmes mécaniques avec une expansion du fluide plus vite que s'on utilise de liquides.

- d) Des engrenages sans dents a involute peuvent être utilisés dans la conception de certains types de pompes

[v] Justification : Effectivement, même que ce soit surprenant !, il existe différents types de dents utilisés pour la conception de pompes a engrenages tels que les pompes a engrenages externes a lobes ou a croissant.

- e) Le système mécanique de piston-bielle peut être utilisés pour la conception de pompes et de compresseurs

[v] Justification : Effectivement, on a étudié la pompe à piston avec mouvement alternatif et le compresseur à mouvement alternatif (piston).

15. Ne sélectionnez que les options qui sont **VRAIES** en ce qui concerne les engrenages (Sélectionnez toutes les options qui s'appliquent) :

- a) Les engrenages peuvent transférer un mouvement de rotation entre des arbres placés dans n'importe quel angle, du parallèle au perpendiculaire

[v] Justification : Même si les configuration parallèle et perpendiculaires sont les plus commun. En principe, on peut concevoir les engrenages coniques avec différent angles du cône ce qui nous permet d'avoir une gamme très large d'angles possible entre les arbres.

- b) L'involute est la seule forme de profil de denture qui assure une accélération constante (non-nulle) entre les dents en contact des engrenages conjugués

[x] Justification : Non, le principe fondamental des engrenages c'est une vitesse constante lors de la conjugaison de dents. Par conséquent, l'accélération sera constante mais nulle.

- c) Deux engrenages conjugués auront toujours le même pas circulaire mais pas nécessairement le même module

[x] Justification : Non, même pas circulaire et par conséquent même module toujours !

- d) Le nombre de dents de deux engrenages conjugués ne doit jamais avoir de facteurs communs

[v] Justification : Exactement, sinon, de l'usure prémature existe entre certaines dents des deux engrenages qui vont se toucher à chaque tournée.

- e) Les engrenages à chevrons ont été inventés pour résoudre le problème des forces radiales qui apparaissent lors de la conjugaison d'engrenages à dents droites

[x] Justification : Non, ils ont été inventés pour résoudre le problème de forces axiales trouvé avec les engrenages hélicoïdaux.