

<b>TSI2</b>	<b>Validation de solutions techniques pour un entraînement mécanique</b>	
<b>DC20 DC21 DC22 DC23</b>	<b>Chaîne d'énergie de l'entraînement du plateau de la capsuleuse INDEXA</b>	<b>Série 1</b>

### Problématique

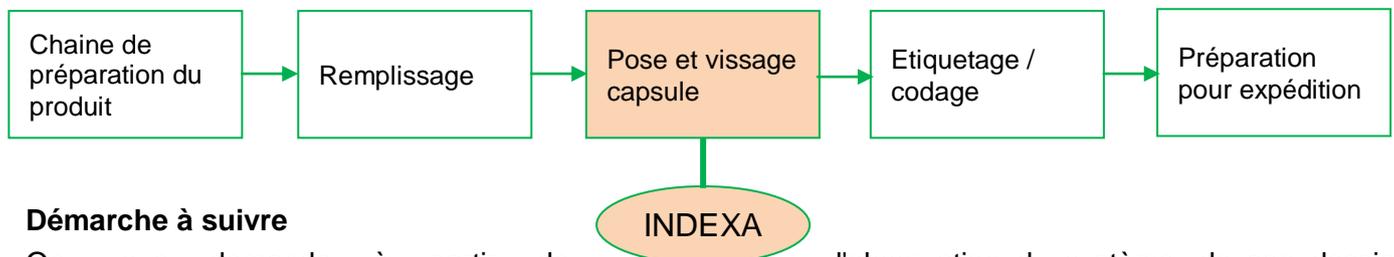
La conception d'un système s'appuie en partie sur des modélisations. Vous êtes chargés de vérifier et de valider pour un entraînement mécanique, les modélisations et les solutions techniques, du point de vue cinématique et motorisation électrique.

### Présentation du système

Le système INDEXA est une des dernières parties opératives d'une chaîne alimentaire, il permet de visser des capsules sur les bocaux d'aliments pour bébés.

Le système INDEXA se compose :

- d'un tapis d'alimentation des bocaux,
- d'un système électromécanique d'indexage des bocaux à croix de Malte,
- d'une partie opérative pneumatique de pose et vissage des capsules,
- d'une partie commande par automate programmable TSX17 ou TSX 37,
- d'un pupitre de commande



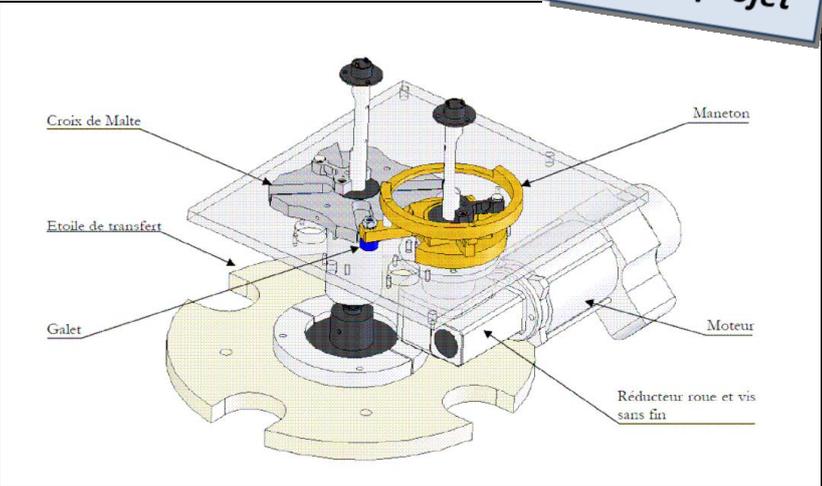
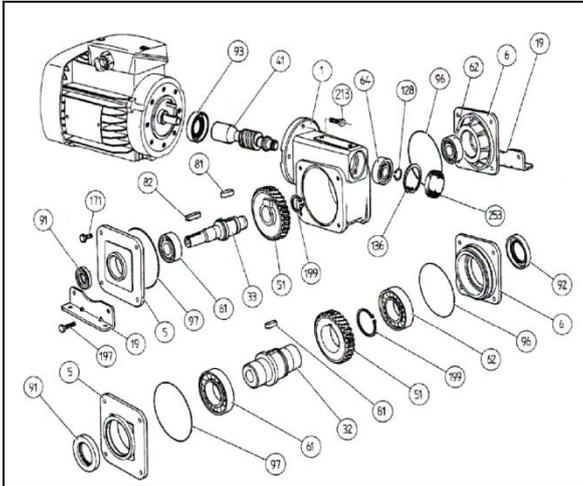
### Démarche à suivre

On vous demande à partir de l'observation du système, de son dossier technique, de mesures et d'une simulation numérique de son comportement, de vérifier et valider les solutions techniques adoptées pour obtenir le mouvement nécessaire au positionnement des bocaux et à leur évacuation.

**La résolution de la problématique proposée se fera sous forme collaborative (activité commune).**

### Répartition des activités :

<p><b>Activité 1 (2h15) / DC20 Cinématique des systèmes (Modéliser, résoudre, expérimenter)</b></p> <p>Donner une description et un modèle de connaissance de la cinématique du mouvement afin d'établir sa loi entrée sortie et de déterminer son domaine d'emploi et sa réversibilité mécanique.</p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px; transform: rotate(-2deg); display: inline-block;"> <b>Chef de projet</b> </div>
<p><b>Activité 2 (2h15) / DC21 Sources alternatives DC22 Machines alternatives (Analyser, résoudre)</b></p> <p>Relever les caractéristiques électriques de la chaîne d'énergie de la source jusqu'au moteur afin de déterminer la plage de fonctionnement possible d'un point de vue électrique et mécanique.</p>
<p><b>Activité 3 (2h15) / DC23 Dynamique et énergétique des systèmes (Modéliser)</b></p> <p>Exploiter un modèle numérique (logiciel PSIM) pour déterminer qualitativement l'influence de la charge (masses /inertie et effort/couple) sur le comportement mécanique et électrique du système.</p>
<p><b>Activité commune de synthèse et restitution orale (30' + 5') / (Communiquer)</b></p> <p>A l'issue des temps d'activités, le chef de projet gère la mise en commun des travaux effectués. Il synthétise les études et résultats obtenus avec pour objectifs de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- comprendre et expliquer le lien entre les 3 activités et la problématique posée,</li> <li>- compléter la « fiche bilan » distribuée,</li> <li>- qualifier et quantifier (dans la mesure du possible) les écarts constatés entre mesures, simulations et données du cahier des charges,</li> <li>- présenter oralement au professeur cette synthèse ainsi que les principaux résultats obtenus en respectant les critères d'évaluation donnés.</li> </ul>

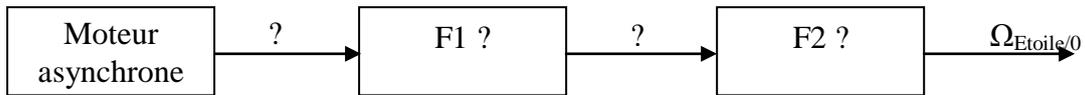


**Vue éclatée du moto réducteur roue et vis sans fin**

**Cinématique de l'entraînement de l'étoile de transfert des boccas avec croix de Malte et maneton.**

**Travail demandé**

1. A partir de l'observation du système et des différents documents mis à votre disposition, compléter sur votre compte-rendu le diagramme fonctionnel suivant permettant la rotation de l'étoile de transfert à partir du moteur asynchrone.



2. Etablir le graphe de liaisons entre les principaux composants de cette chaîne fonctionnelle.
3. Etablir le schéma cinématique correspondant. *Mettre en place les repères, utiliser les symboles normalisés pour chaque liaison et pour plus de clarté faire une vue en perspective (ou 2 vues perpendiculaires).*
4. Etablir la loi entrée/sortie entre la vitesse de rotation du moteur  $\Omega_{rotor/0}$  et la vitesse de rotation du maneton  $\Omega_{man/0}$ .
5. Pour la vitesse nominale du moteur, calculer la vitesse du maneton  $\Omega_{man/0}$ .
6. Indiquer en justifiant d'un point de vue technologique la réversibilité ou non de l'entraînement mécanique.
7. Déduire, en justifiant qualitativement, les quadrants de fonctionnement du moteur dans le plan couple/vitesse lors du fonctionnement de la capsuleuse, en régime établi puis en régime transitoire.

**Pour déduire la loi de vitesse de l'étoile de transfert par rapport au maneton, il faut étudier la transformation de mouvement entre le maneton et la croix de malte.**

Le mécanisme de transformation de mouvement par croix de Malte est schématisé, sur la figure ci-dessous. Le maneton 1 tourne dans le sens trigonométrique autour de l'axe (A,  $\vec{z}$ ).

L'engagement du maneton 1 dans la roue 3 ainsi que son dégageant se font normalement à la rainure. La roue 3 possède 4 rainures.

- L'entraxe roue 3 - maneton 1 est noté E (OA = E).
- L'excentricité entre l'axe du galet et l'axe du maneton est notée  $R_1 = AB$ .

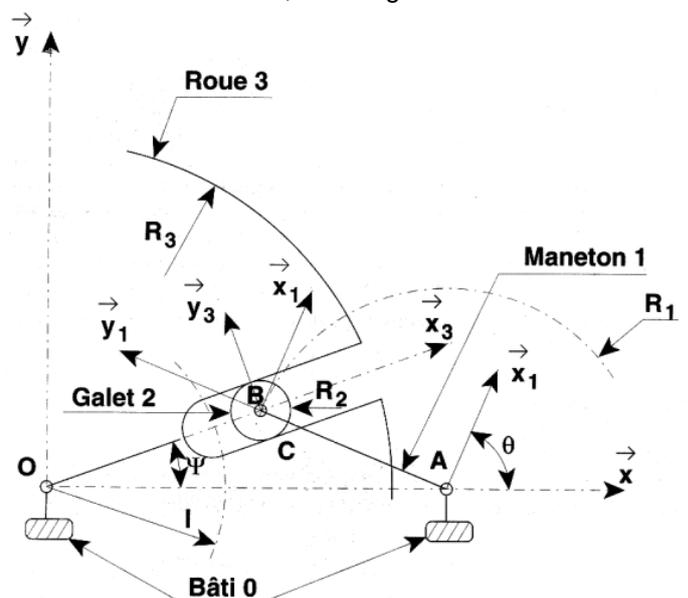
8. Ecrire la fermeture géométrique de la chaîne {OAB} et faire une projection sur  $\vec{x}$  et une projection sur  $\vec{y}$ , puis déduire  $\tan \psi$  et  $\psi$ .

On doit trouver, si on pose  $\lambda = R_1/E$  :

$$\psi = \arctan\left(\frac{\lambda \cos \theta}{1 - \lambda \sin \theta}\right)$$

La vitesse de la roue 3 est alors :

$$\dot{\psi} = \frac{\lambda \dot{\theta} (\lambda - \sin \theta)}{\lambda^2 - 2\lambda \sin \theta + 1}$$



9. Mesurer les valeurs de  $R_1$  et E directement sur le système.

10. Exploiter ces mesures et la relation de position et vitesse entre  $\psi$  et  $\theta$  dans un tableur Excel pour tracer les courbes d'entrée sortie en position et en vitesse.

**Activité 2 / DC21 Sources alternatives et DC22 Machines asynchrones**

**A) Exploitation du dossier électrique**

Le schéma d'alimentation du moteur étant fourni (*document Schéma élec INDEXA.pdf*)

1. Indiquer le type d'alimentation principale de la capsuleuse à partir du réseau de distribution et ses caractéristiques.
2. Donner le nom et rôle des appareils électriques Q1 et D5 du folio 003.
3. Indiquer le composant qui réalise la fonction « moduler » sur le folio 005 et le type de son alimentation (donner ses caractéristiques). Indiquer le rôle de cette fonction « moduler » pour le moteur asynchrone triphasé.
4. Donner le nom et rôle des appareils électriques KG1 et KG2 du folio 005.
5. Indiquer le type du couplage du moteur et représenter sa plaque à bornes couplée.

**B) Exploitation de la notice du moteur**

Un extrait de la notice du constructeur du moteur est fourni ci-dessous.

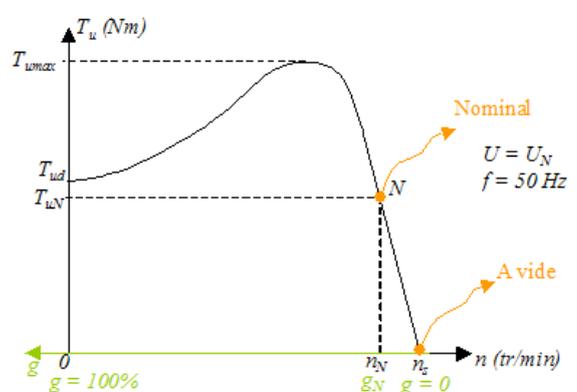
- Vitesse fixe et frein LS FMC		- Fixed speed with brake LS FMC		- Feste Drehzahl mit Bremse LS FMC		- Velocidad fija con freno LS FMC						
Triphasés/three phase/dreiphasig/trifásicos - IP 55 - 50 Hz- Cl.F - 230 V Δ / 400 V Y U.G.												
												
LS	FMC	$P_N$ kW	$N_N$ min <sup>-1</sup>	$I_N(400V)$ A	$\cos \varphi$ 100 %	$\eta$ 100 %	$I_D / I_N$	$M_D / M_N$	$M_N$ N.m	$J$ kg.m <sup>2</sup>	$M_f \pm 20 %$ N.m	 kg
LS 56	FMC 15	0,06	1380	0,3	0,75	42	2,8	2,2	0,43	0,2	1,5	4,7
LS 56	FMC 15	0,09	1400	0,4	0,6	55	3,2	2,8	0,64	0,2	1,5	4,9
LS 63	FMC 15	0,12	1410	0,4	0,65	63	3,2	2,6	0,85	0,37	1,5	5,7
LS 63	FMC 25	0,18	1390	0,65	0,65	63	3,7	2,7	1,25	0,5	2,5	5,9
LS 71	FMC 25	0,25	1425	0,8	0,65	70	4,6	2,7	1,7	0,71	2,5	7,3
LS 71	FMC 25	0,37	1420	1,12	0,7	72	4,9	2,7	2,55	0,88	2,5	8,2

6. Retrouver la ligne correspondant au moteur de l'entraînement du plateau, et relever :
  - sa puissance utile nominale, son rendement nominal et son facteur de puissance nominal,
  - sa vitesse nominale, son couple nominal et le rapport couple de démarrage ( $M_s$ ) / couple nominal,
  - son courant nominal sous 400V et son rapport courant de démarrage ( $I_s$ ) / courant nominal.
7. Par le calcul et pour une alimentation de 230V entre phases :
  - déterminer la puissance électrique absorbée, et déduire le courant  $I_n$ ,
  - vérifier le couple nominal,
  - déterminer le couple de démarrage et le courant de démarrage.
8. Déterminer le nombre de paires de pôles  $p$  de ce moteur et son glissement nominal  $g_n$ .

**C) Variation de vitesse du moteur et contrôle du couple**

La vitesse du rotor  $N_R$  d'un moteur asynchrone est proportionnelle à la fréquence  $f$  de son alimentation, et si on tient compte du glissement on obtient  $N_R = \frac{f(1-g)}{p}$  pour une vitesse en tr/s. Son couple en première approximation est de la forme  $C = K \cdot \frac{U^2}{f^2}$ .

9. Pour une fréquence de 10Hz puis 25Hz déterminer la vitesse du moteur en admettant le glissement constant et égal à  $g_n$ .
10. A partir du point de fonctionnement nominal du moteur sous 230V et 50Hz, déduire la valeur de la constante  $K$  de l'expression du couple.
11. Pour les 2 fréquences de 10Hz et 25Hz, déduire par le calcul les valeurs de tensions à appliquer pour conserver le couple constant.



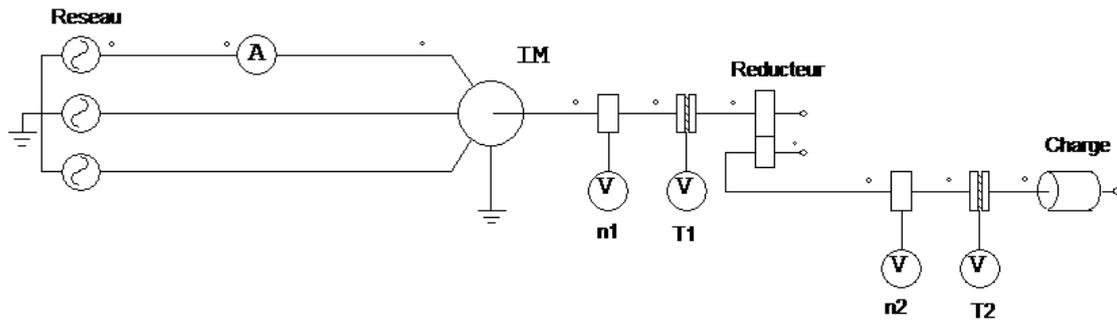
**D) Bilan de l'activité**

12. Préparer dans le document de synthèse et pour une intervention orale, le bilan de votre activité. Faire en particulier le bilan relatif :
  - aux caractéristiques de l'énergie utilisée sur le système étudiée,
  - aux propriétés du moteur et de l'entraînement en place,
  - aux moyens à mettre en œuvre pour piloter le moteur selon l'exigence de l'application (sens de rotation, vitesse, précision de positionnement...).

### Activité 3 / DC23 Dynamique et énergétique des systèmes

#### A) Validation du modèle numérique de l'entraînement (logiciel PSIM Demo)

Le schéma ci-dessous décrit la partie électromécanique d'un entraînement par motoréducteur de type asynchrone triphasé (fichier « **MAS 0.25kw 4 poles élève.psimsch** »).



Utiliser la feuille en annexe 1 pour la description des éléments de simulation.

1. Ouvrir le fichier en double cliquant, puis identifier les différents éléments.
2. Compléter le modèle du moteur asynchrone (référence LS71M ; 0,25kW) par son nombre de pôles et par son moment d'inertie que l'on notera  $J_r$ .
3. Relever les valeurs de ses caractéristiques : courant  $I_n$  ; vitesse  $N_n$  ; couple  $M_n$  ; rapports  $I_d/I_n$  et  $M_m/M_n$ .
4. Identifier le rôle des éléments  $n_1$ ,  $T_1$ ,  $n_2$ ,  $T_2$  et préciser les unités de mesure.
5. Double cliquer sur le réducteur et vérifier que « gear ratio » est à 1, ce qui revient à négliger le réducteur.
6. Double cliquer sur la charge et exploiter l'aide Annexe 1 pour identifier la description de la charge mécanique.  
**Représenter sur papier** l'allure de la fonction  $T_{load}$  en fonction la vitesse si  $T_c = 1Nm$ ,  $K_1 = 0,1$  et  $K_2 = 0,01$  pour le domaine de vitesse  $\Omega = +/- 100rd/s$ .
7. Paramétrer dans le logiciel un modèle de charge de type couple résistant constant de valeur égale au couple nominal du moteur et de moment d'inertie de  $J_c = 0,001 kg.m^2$ , puis lancer la simulation (icône ).
8. Afficher dans 3 fenêtres différentes (icône ), le courant d'une phase  $I_1$ , la vitesse du rotor  $n_1$  et le couple électromagnétique  $T_{em}$  groupé avec le couple sur l'arbre d'entrée noté  $T_1$ .
9. Par la fonction mesure (Measure) du logiciel, vérifier et comparer aux valeurs constructeur :
  - les valeurs du courant nominal efficace et du courant de démarrage,
  - de la vitesse établie en tr/min,
  - du couple maximum  $M_m$ , puis le couple  $M$  en régime établi,
  - Evaluer le temps de démarrage en seconde (temps mis pour atteindre 90% de la vitesse établie),
  - Calculer la puissance utile du moteur en régime établi à partir de  $T_1$  et  $n_1$  (attention aux unités).
10. Valider ou non le modèle du moteur que vous venez d'exploiter en justifiant.

**La situation précédente et ses résultats sont considérés comme référence pour la suite de l'étude.**

#### B) Influence du rapport de réduction et de la charge mécanique (Simulation)

L'objectif est d'observer l'influence du rapport de réduction du réducteur et de la charge mécanique sur le comportement du système en régime établi, ainsi que sur sa réponse dynamique.

**Sur votre compte-rendu, préparer et compléter un tableau avec les différents paramètres relevés**

11. Dans un premier temps, augmenter le moment d'inertie côté charge à  $J_c = 0,01kg.m^2$ . Simuler et relever seulement le nouveau temps de démarrage.
12. Modifier le rapport de réduction à « gear ratio = 0,25 », sans modifier la charge. Simuler et relever seulement le nouveau temps de démarrage.
13. En conservant le rapport de réduction de 0,25, multiplier par 2 le couple de la charge  $T_c$ , relancer la simulation et relever en régime établi :
  - le courant efficace  $I_1$ , la vitesse  $n_1$  et le couple  $T_1$ , calculer la puissance mécanique transmise (régime établi),
  - Evaluer le temps de démarrage en seconde,
  - Reporter les résultats dans le tableau.
14. En exploitant vos relevés, conclure quant à l'influence :
  - Du moment d'inertie de la charge sur la vitesse obtenue, le courant appelé et le temps de démarrage,
  - Du réducteur sur la vitesse obtenue, le courant appelé et le temps de démarrage.

#### C) Bilan de l'activité

15. Préparer dans le document de synthèse et pour une intervention orale, le bilan de votre activité en la mettant en relation avec le système réel attribué à votre groupe de travail. Faire en particulier le bilan sur cette application :
  - présence ou non d'un réducteur, origine du couple résistant et du moment d'inertie de la charge,
  - type de courbe de couple en fonction de la vitesse et du sens de rotation,
  - quadrants de fonctionnement du moteur.