

<b>TSI2</b>	<b>Validation de solutions techniques pour un entraînement mécanique</b>	
<b>DC20 DC21</b> <b>DC22 DC23</b>	<b>Chaîne d'énergie de la mise en rotation (axe vertical) du plateau de la banderoleuse</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**

La ligne de conditionnement ERMAFLEX (figure 1) est utilisée pour fabriquer, conditionner, emballer et palettiser plusieurs contenants.

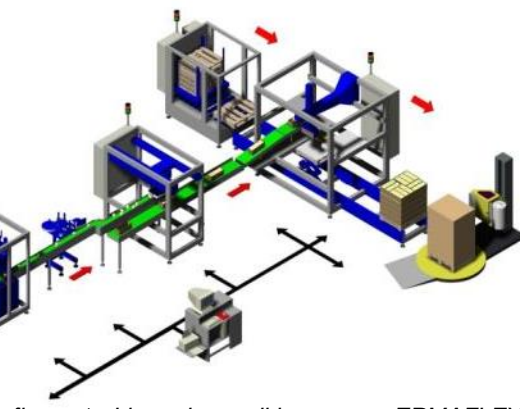
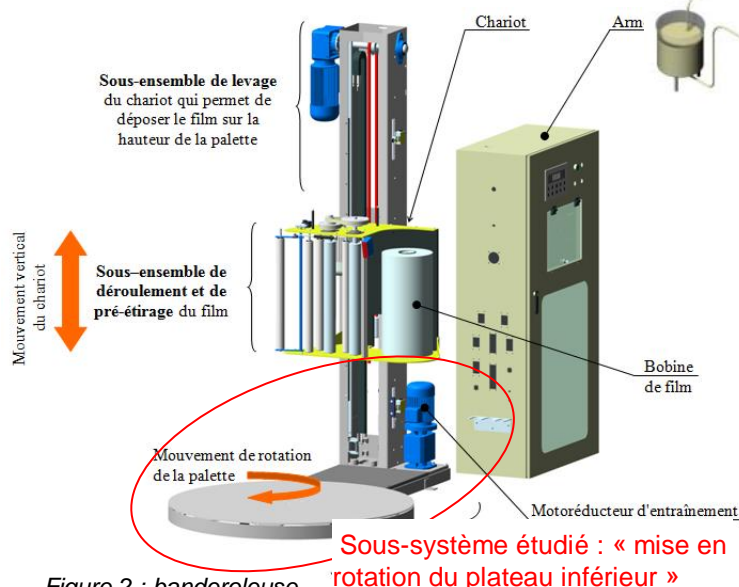


figure 1 : Ligne de conditionnement ERMAFLEX

La banderoleuse (figure 2) se trouve en fin de ligne de conditionnement, et est destinée à enrouler un film plastique transparent pré-étiré autour des palettes de produits qui sortent du poste de palettisation.

**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 du plateau inférieur supportant la palette.

Figure 2 : banderoleuse

**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>	
<p><b>Activité 2 (2h15) / DCI21 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>	

Activité 1 / DC20 Cinématique des systèmes

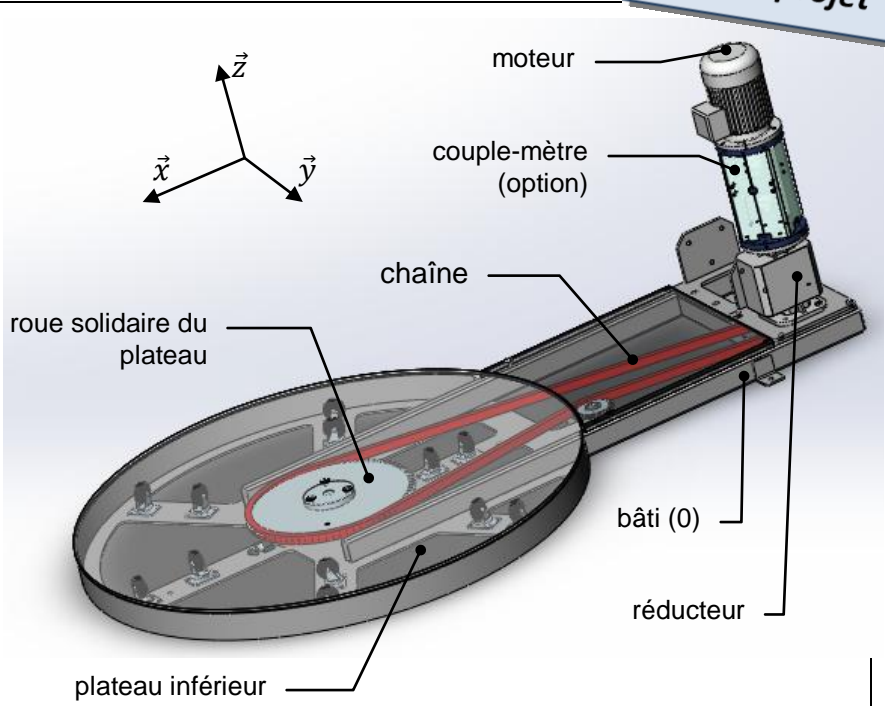
**Chef de projet**

La mise en rotation de la palette posée sur le plateau inférieur permet l'enroulement du film plastique pré-étiré (banderolage).

Cette mise en rotation est principalement réalisée grâce à :

- un moto réducteur asynchrone triphasé (1,32 A, 0,25 KW, 1375 tr/mn sur l'arbre, 46 tr/mn en sortie du réducteur, rapport =29,89), associé à 1 pignon et 1 roue (denture à déterminer), une chaîne (au pas de 15,87 mm)
- un plateau inférieur de banderolage (1200 mm de diamètre, 8 mm d'épaisseur, 74 Kg)
- un détecteur inductif qui permet le comptage des tours

Remarque : le motoréducteur est piloté par un variateur de vitesse.

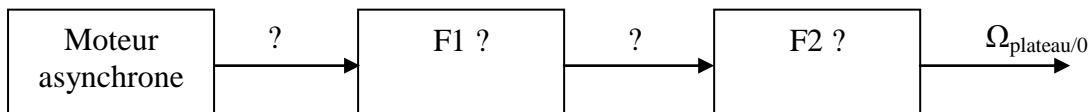


Un fichier numérique Soliworks du mécanisme est disponible.

Extrait du cahier des charges	FC2	NE PAS DEPLACER les produits de la palette.	Tension du film maximale	14 N	F0
			Fréquence maximale de rotation du plateau	$N_{\text{Plateau}} = 11 \text{ tr/min (palette) ou } 15 \text{ tr/min (1/2 palette)}$	F0

**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 :



2. Etablir le graphe des liaisons entre l'axe de sortie du motoréducteur et le plateau inférieur. *Bien déterminer auparavant les classes d'équivalence cinématiques.*
3. Etablir le schéma cinématique du sous-système étudié. *Mettre en place le repère, utiliser les symboles normalisés pour chaque liaison et réaliser une schématisation 2D puis 3D.*
4. Etablir la loi entrée /sortie entre la vitesse de rotation du rotor moteur notée  $\Omega_{\text{rotor}/0}$  et la vitesse de rotation  $\Omega_{\text{plateau}/0}$ .
5. Choisissez dans le catalogue (<http://www.tridistribution.fr/fr/sprockets-1/pignons-a-chaîne-prealese/sprockets-for-simplex-chain/pignon-simple-pas-15-8mm-10b1.html>) les 2 pignons qui permettront de respecter la fréquence maximale de rotation du plateau.
6. Pourquoi avoir choisi de réaliser une transmission par un système pignons/chaîne ? citer 2 avantages et 2 inconvénients par rapport à un système de transmission par poulies/courroie.
7. Les palettes à conditionner peuvent être assimilées à un cube de côté 800 mm. Quelle influence cela a-t-il sur le déroulement du film plastique pré-étiré.
8. Quel est le sous-ensemble qui gère ce phénomène ?
9. Indiquer en justifiant d'un point de vue technologique la réversibilité ou non de l'entraînement mécanique.
10. Déduire, en justifiant qualitativement, les quadrants de fonctionnement du moteur dans le plan couple/vitesse lors du fonctionnement du plateau, en régime établi puis en régime transitoire.

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


**A) Exploitation du dossier électrique**

Des extraits du schéma d'alimentation de la banderoleuse étant fournis (*documents : Schéma puissance banderoleuse.pdf et Schéma variateur plateau chariot.pdf*)

1. Indiquer le type d'alimentation principale de la banderoleuse à partir du réseau de distribution et ses caractéristiques.
2. Donner le nom et rôle des appareils électriques Q0 et KMP0 du folio 1 et F4 du folio 2.
3. Indiquer le composant qui réalise la fonction « moduler » sur le folio 2 et le type de son alimentation (donner ses caractéristiques). Indiquer le rôle de cette fonction « moduler » pour le moteur asynchrone triphasé.
4. Indiquer le type de couplage du moteur et représenter sa plaque à bornes couplée.

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

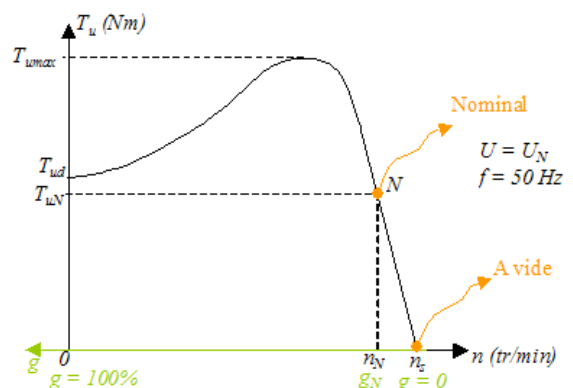
Un extrait de la notice du constructeur du moteur est fourni ci-dessous.

Pn kW		n min <sup>-1</sup>	Mn Nm	η %	cosφ	In A (400V)	Is/In	Ms/Mn	Ma/Mn	Jm x10 <sup>-4</sup> kgm <sup>2</sup>	IMB5 Kg	
0.12	BN63A	4	1310	0.88	51	0.68	0.5	2.6	1.9	1.8	2	3.5
0.18	BN63B	4	1320	1.3	53	0.68	0.72	2.6	2.2	2	2.3	3.9
0.25	BN63C	4	1320	1.81	60	0.69	0.87	2.7	2.1	1.9	3.3	5.1
0.25	BN71A	4	1375	1.74	62	0.77	0.76	3.3	1.9	1.7	5.8	5.1
0.37	BN71B	4	1370	2.6	65	0.77	1.07	3.7	2	1.9	6.9	5.9
0.55	BN71C	4	1380	3.8	69	0.74	1.55	4.1	2.3	2.3	9.1	7.3
0.55	BN80A	4	1390	3.8	72	0.77	1.43	4.1	2.3	2	15	8.2

5. Retrouver la ligne correspondant au moteur d'entraînement du plateau inférieur de la banderoleuse 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 (Ms) / couple nominal,
  - son courant nominal sous 400V et son rapport courant de démarrage (Is) / courant nominal.
6. Par le calcul et pour une alimentation de 230V entre phases :
  - déterminer la puissance électrique absorbée, et déduire le courant In,
  - vérifier le couple nominal,
  - déterminer le couple de démarrage et le courant de démarrage.
7. Déterminer le nombre de paires de pôles p de ce moteur et son glissement nominal gn.

**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  $C = K \cdot \frac{U^2}{f^2}$ .



8. Pour une fréquence de 10Hz puis 25Hz déterminer la vitesse du moteur en admettant le glissement constant et égal à  $g_n$ .
9. 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.
10. Pour les 2 fréquences de 10Hz et 25Hz, déduire par le calcul les valeurs de tensions à appliquer pour conserver le couple constant.

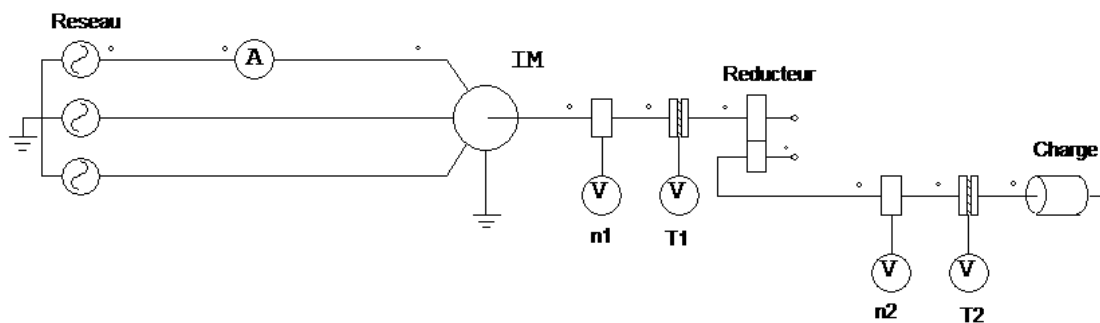
**D) Bilan de l'activité**

11. 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 de 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  $T_c = 1\text{Nm}$ ,  $K_1 = 0,1$  et  $K_2 = 0,01$  pour le domaine de vitesse  $\Omega = \pm 100\text{rd/s}$ .
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  $J_c = 0,001\text{ kg.m}^2$ , 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  $M_M$  et 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 réducteur et de son rapport de réduction et de la charge mécanique sur le comportement du système en régime établi et 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 coté charge à  $J_c = 0,01\text{kg.m}^2$ . 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.