



L'étude porte sur un palettiseur.

Le dossier technique est en ligne.

#### Problématique :

- **Déterminer** la charge maximale qu'est capable de soulever la pince du palettiseur.
- **Vérifier** le bon dimensionnement de la transmission « pignon / Crémaillère ».



Pour se faire, l'étude se décompose en 4 parties :

➤ **Partie A** : un peu d'analyse fonctionnelle (5 minutes maximum) pour situer les choses.

➤ **Partie B** : une analyse structurale pour identifier les composants et leur fonction.

➤ **Partie C** : une analyse cinématique de la chaîne de transmission de l'élévateur avec :

- ⇒ Une analyse détaillée de la transmission par engrenage de type « Pignon / crémaillère »,
- ⇒ Une analyse détaillée du réducteur à engrenage de type « Roue et vis sans fin ».

➤ **Partie D** : une analyse énergétique de la chaîne de transmission de l'élévateur avec pour objectifs :

- ⇒ La recherche de la masse maximale d'un carton pouvant être levé par l'élévateur,
- ⇒ La vérification du bon dimensionnement de la transmission par « Pignon / crémaillère ».

Les conclusions relatives à la problématique sont donc à la fin, dans la partie D.

# PARTIE A

## Analyse fonctionnelle

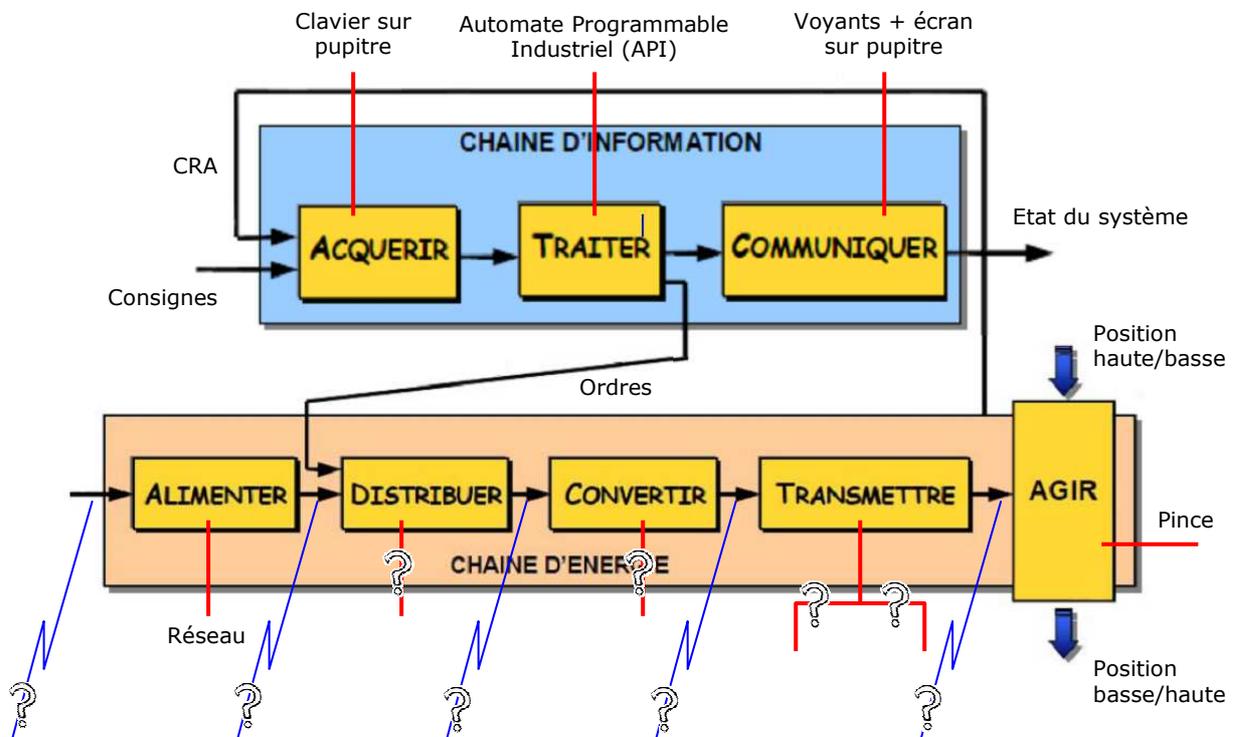
Cette partie prend appui sur le document « Modélisation SADT, FAST et SysML » ; il est adossé au dossier technique dans la base de connaissances.

**Q1 – Analyser** le « Diagramme des blocs de définition » et préciser la bonne hiérarchie des sous-ensembles qui composent le palettiseur :

- Paletticc >> Système de transfert vertical >> Système de préhension
- Paletticc >> Système de préhension >> Système de transfert vertical
- Système de transfert vertical >> Paletticc >> Système de transfert vertical

**Q2 – Dire** à quel diagramme « SysML » s'apparente le schéma fonctionnel ci-dessous ?

- Diagramme des cas d'utilisation (UC)
- Diagramme des blocs de définition (BDD)
- Diagramme des blocs internes (IBD)



**Q3 – Compléter** le schéma fonctionnel de la chaîne de transfert vertical en précisant les formes d'énergie et en positionnant les termes donnés.

Réducteur | Moteur | contacteur | pignon/crémaillère

# PARTIE B

## Analyse structurelle

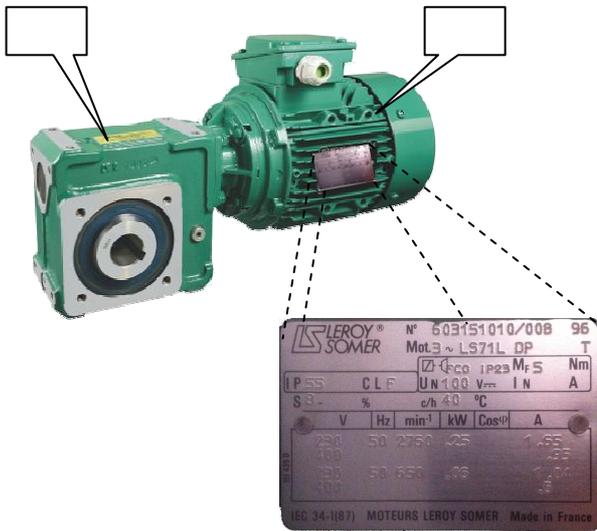
➤ Mettre en service l'unité de déplacement vertical (mode manuel, pas besoin de carton).

Q4 – **Mesurer** le temps d'une montée :  $t = \underline{\hspace{2cm}} s$

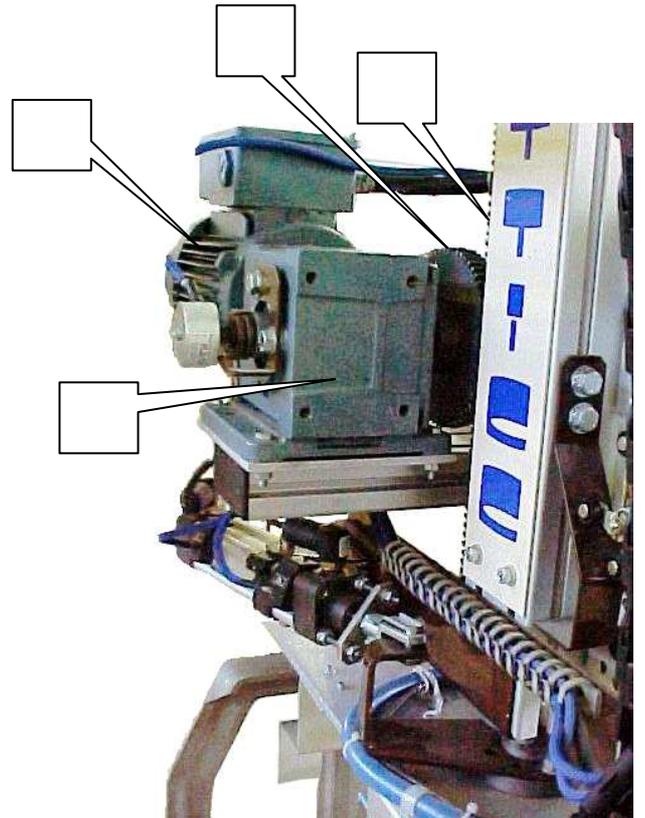
Q5 – **Mesurer** la distance parcourue par l'élévateur :  $X_{7/3} = \underline{\hspace{2cm}} mm$ .

Q6 – **Identifier** sur la figure ci-contre les composants de la chaîne de transmission : (reporter les lettres)

M : Moteur - R : Réducteur - P : Pignon - C : Crémaillère



Plaque signalétique du moteur



Q7 – Partant de la plaque signalétique du moteur (une photo est donnée dans la base de connaissances), **renseigner** les données manquantes :

- |  |  |   |
|--|--|---|
| ⇒ Vitesse de rotation* :                   | $N_{moteur} = 2750 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ | $N_{moteur} = 650 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| ⇒ Tension de fonctionnement :              | $U = \underline{\hspace{2cm}}$                       | $U = \underline{\hspace{2cm}}$                      |
| ⇒ Fréquence de la tension d'alimentation : | $f = \underline{\hspace{2cm}}$                       | $f = \underline{\hspace{2cm}}$                      |
| ⇒ Puissance mécanique disponible :         | $P_{méca} = \underline{\hspace{2cm}}$                | $P_{méca} = \underline{\hspace{2cm}}$               |
| ⇒ Puissance électrique consommée :         | $P_{élec} = \text{inconnue}$                         | $P_{élec} = \text{inconnue}$                        |
| ⇒ Rendement énergétique :                  | $\eta_{moteur} = \text{inconnu}$                     | $\eta_{moteur} = \text{inconnu}$                    |
| ⇒ Cosinus phi                              | $\cos \varphi = 0,6$                                 | $\cos \varphi = 0,6$                                |

\* **Dans notre cas** (fonctionnement en mode manuel), on a  $N_{moteur} = 650 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ .

# PARTIE C

## Analyse cinématique de la chaîne de transmission de l'élévateur

**Q8 – Entourer** sur le schéma cinématique (DR1) la chaîne de transmission de l'élévateur ; elle est composée des organes suivants : « moteur » + « réducteur à roue et vis sans fin » + « pignon/crémaillère ».

⇒ Inclure dans le cerclage les liaisons mécaniques assurant le guidage des composants.

**Q9 – Placer**  $N_{moteur}$  (avec sa valeur) sur le schéma-bloc détaillé sur le DR2.

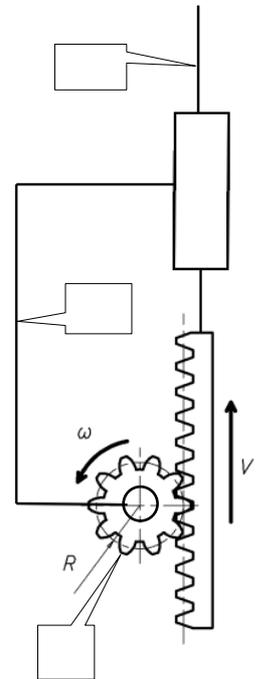
On ne s'intéresse maintenant qu'à la transmission par « pignon/crémaillère ».

**Q10 – Compléter** le schéma cinématique ci-contre en reportant : (voir DR1)

- Le numéro des ensembles (classes d'équivalence),
- Le centre des liaisons mécaniques,
- Le repère  $R_3(\vec{x}_3; \vec{y}_3; \vec{z}_3)$ .

**Q11 – Compléter** les phrases suivantes :

- Le pignon a le numéro (\_\_\_) et la crémaillère (\_\_\_).
- Par rapport à (3), le pignon (\_\_\_) a un mouvement de :  rotation  translation
  - ↳ Il est en liaison \_\_\_\_\_ avec l'ensemble (3).
  - ↳ Le mouvement a lieu [  le long  autour ] de l'axe :   $\vec{x}_3$    $\vec{y}_3$    $\vec{z}_3$
- Par rapport à (3), la crémaillère (\_\_\_) a un mouvement de :  rotation  translation
  - ↳ Elle est en liaison \_\_\_\_\_ avec l'ensemble (3).
  - ↳ Le mouvement a lieu [  le long  autour ] de l'axe :   $\vec{x}_3$    $\vec{y}_3$    $\vec{z}_3$
- Dans cette transmission,
  - ↳ Le pignon (\_\_\_) est :  moteur  récepteur
  - ↳ La crémaillère (\_\_\_) est :  motrice  réceptrice



On donne le nombre de dents du pignon (6) :  $Z_6 = 60$  et le module :  $m_6 = m_7 = 2$  ; il est commun à (6) et (7).

**Q12 – Partant** de la fiche de cours n°8 chap. 8 §3, **préciser** si le module est :

- normalisé (valeurs principales)       normalisé (valeurs secondaires)       non normalisé

**Q13** – Connaissant  $Z_6$  et  $m_6$ , **calculer** en  $mm$  le diamètre primitif du pignon (voir cours chap. 8 fiche n°8 §3).

\_\_\_\_\_  $d_6 =$  \_\_\_\_\_  $mm$

**Q14** – **Etablir** la loi d'E/S cinématique du pignon/crémaillère  $v_{7/3} = f(N_{6/3})$  avec en  $v_{7/3}$  en  $mm \cdot min^{-1}$  et  $N_{6/3}$  en  $tr \cdot min^{-1}$  (le résultat attendu ici est une formule, pas une valeur).

\_\_\_\_\_  $v_{7/3}(N_{6/3}) =$  \_\_\_\_\_

**Q15** – Connaissant le temps et la distance parcourue lors d'une montée (voir Q4 et Q5), **calculer** en  $mm \cdot min^{-1}$  la vitesse de translation de l'élévateur  $v_{7/3}$  : (la vitesse est supposée constante sur tout le déplacement)

\_\_\_\_\_  $v_{7/3} =$  \_\_\_\_\_  $mm \cdot min^{-1}$

**Q16** – Connaissant la loi E/S, **calculer** en  $tr \cdot min^{-1}$  la vitesse de rotation du pignon  $N_{6/3}$  pour avoir  $v_{7/3}$ .

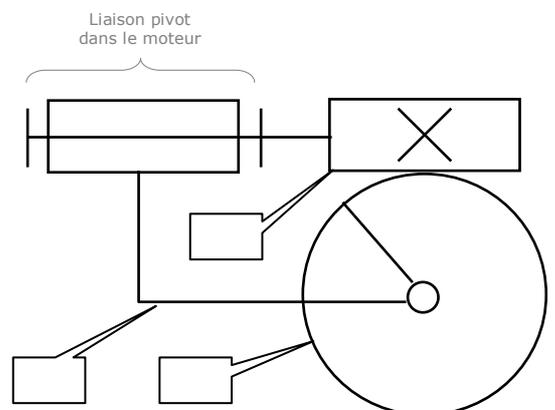
\_\_\_\_\_  $N_{6/3} =$  \_\_\_\_\_  $tr \cdot min^{-1}$

**Q17** – **Placer**  $v_{7/3}$ ,  $N_{6/3}$  et  $v_{7/3} = f(N_{6/3})$  sur le schéma-bloc détaillé (DR2).

*On ne s'intéresse maintenant qu'au réducteur à « **roue et vis sans fin** ».*

**Q18** – **Compléter** le schéma cinématique ci-contre avec :

- Les numéros donnés sur le schéma cinématique 3D,
- Les centres des liaisons mécaniques,
- Le repère  $R_3(\vec{x}_3; \vec{y}_3; \vec{z}_3)$ .



**Q19** – **Compléter** les phrases suivantes :

- ➔ La vis a le numéro (\_\_\_) et la roue (\_\_\_).
- ➔ Qui est solidaire du rotor du moteur ?  la vis (\_\_\_)  la roue (\_\_\_)
- ➔ Le rotor du moteur tourne autour de l'axe :   $\vec{x}_3$    $\vec{y}_3$    $\vec{z}_3$

⇒ La vis ( ) tourne donc autour de l'axe :   $\vec{x}_3$         $\vec{y}_3$         $\vec{z}_3$

⇒ La roue ( ) est montée sur le même arbre que le pignon ( ) du système « pignon/crémaillère ». On a donc :

$N_{5/3} > N_{6/3}$         $N_{5/3} < N_{6/3}$         $N_{5/3} = N_{6/3}$

⇒ Dans cette transmission « Roue et vis sans fin »,

↳ La vis ( ) est :       motrice       réceptrice

↳ La roue ( ) est :       motrice       réceptrice

**Q20** – Connaissant  $N_{\text{moteur}}$  et  $N_{6/3}$ , **calculer** le rapport de transmission  $r_{4/5}$  du réducteur à roue et vis sans fin.

\_\_\_\_\_  $r_{4/5} =$  \_\_\_\_\_

**Q21** – Placer  $r_{4/5}$  (avec sa valeur) sur le schéma-bloc détaillé sur le DR2.

## PARTIE D

### Analyse énergétique de la chaîne de transmission

On donne les rendements énergétiques :

→ Moteur :  $\eta_{\text{moteur}} = 0,72$

→ Réducteur à « roue et vis sans fin » :  $\eta_{\text{réd}} = 0,68$

→ Transmission « pignon / crémaillère » :  $\eta_{P/C} = 0,93$

On rappelle la vitesse de rotation du moteur :  $N_{\text{moteur}} = 650 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

**Q22** – Placer  $\eta_{\text{moteur}}$ ,  $\eta_{\text{réd}}$  et  $\eta_{P/C}$  (avec leur valeur) sur le schéma-bloc détaillé (DR2).

**Q23** – Connaissant la puissance mécanique  $P_{\text{méca}}$  développée par le moteur (voir Q6), **calculer** en  $W$  la puissance mécanique  $P_{\text{méca}2}$  disponible en sortie de réducteur.

\_\_\_\_\_  $P_{\text{méca}2} =$  \_\_\_\_\_  $W$

**Q24** – Connaissant  $P_{\text{méca}2}$ , **calculer** en  $W$  la puissance mécanique  $P_{\text{méca}3}$  disponible sur la crémaillère.

\_\_\_\_\_  $P_{\text{méca}3} =$  \_\_\_\_\_  $W$

**Q25 – Placer**  $P_{méca1}$ ,  $P_{méca2}$  et  $P_{méca3}$  (avec leur valeur) sur le schéma-bloc détaillé (DR2).

*Nous avons maintenant tout ce qu'il faut pour déterminer la masse maximale que peut soulever l'élévateur.*

**Q26 –** Connaissant la puissance disponible sur la crémaillère ( $P_{méca3}$ ) et sa vitesse de déplacement ( $v_{7/3}$ ), **calculer** en  $N$  la force de levée maximale  $T$  que peut développer la crémaillère dans son mouvement.

⇒ *On considèrera que cette force est le poids maximal que peut soulever l'élévateur, y compris son poids propre.*

\_\_\_\_\_  $T =$  \_\_\_\_\_  $N$

*La partie mobile de l'élévateur a une masse  $m_e = 38 \text{ kg}$ .*

**Q27 – Calculer** en  $kg$  la masse maximale  $M_C$  du carton que peut lever l'élévateur.

\_\_\_\_\_  $M_C =$  \_\_\_\_\_  $kg$

**➡ Conclure sur la capacité de charge de l'élévateur.**

La capacité de charge de l'élévateur du palettiseur est  $M_C =$  \_\_\_\_\_  $kg$ . Il s'agit de la masse maximale que peut avoir un carton.

*On se propose pour terminer de vérifier le dimensionnement de la transmission « Pignon / crémaillère ». En d'autres termes, la denture du pignon et de la crémaillère résiste-t-elle au chargement maximum ?*

*Le matériau utilisé pour le pignon et la crémaillère est connu.*

*Il s'agit d'un acier dont la Résistance Pratique à l'extension vaut  $R_{pe} = 650 \text{ MPa}$ .*

☞  *$R_{pe}$  est la contrainte maximale que peut supporter le matériau ; il ne faut pas la dépasser sinon la pièce casse.*

**Q28** – Connaissant  $R_{pe}$  et le module  $m_6$  de la denture du pignon, calculer en  $N$  la charge maximum  $T_{max}$ .

☞ Utiliser la formule donnée dans le cours Chap. 8, fiche n°8, §3 ; prendre  $k = 8$  dans la formule.

---



---



---

$T_{max} = \underline{\hspace{2cm}} N$

**Q29** – Comparer les charges  $T$  et  $T_{max}$  :

$T < T_{max}$         $T = T_{max}$         $T > T_{max}$

**Q30** – Calculer en % le « taux de chargement »  $\tau$  qui rapporte la charge  $T$  à  $T_{max}$  :

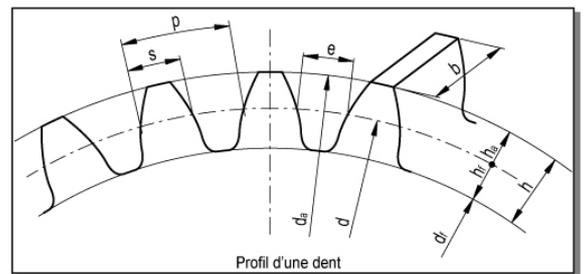
---



---

$\tau = \underline{\hspace{2cm}}$

Le bon dimensionnement d'un pignon implique aussi que la largeur de denture  $b$  soit suffisante (voir figure ci-contre).



**Q31** – Calculer en  $mm$  la largeur de denture  $b$  que devrait avoir la denture pour qu'elle résiste à l'effort  $T_{max}$ .

☞ Utiliser la formule donnée dans le cours Chap. 8, fiche n°8, §3.

---



---

$b = \underline{\hspace{2cm}} mm$

**Q32** – **Mesurer** en  $mm$  la largeur de denture  $b'$  que le pignon a réellement :  $b' = \underline{\hspace{2cm}} mm$

**Q33** – Comparer les largeurs de denture  $b$  et  $b'$  :

$b < b'$         $b = b'$         $b > b'$

➡ Conclure sur le bon dimensionnement de la transmission « Pignon / Crémaillère ».

---

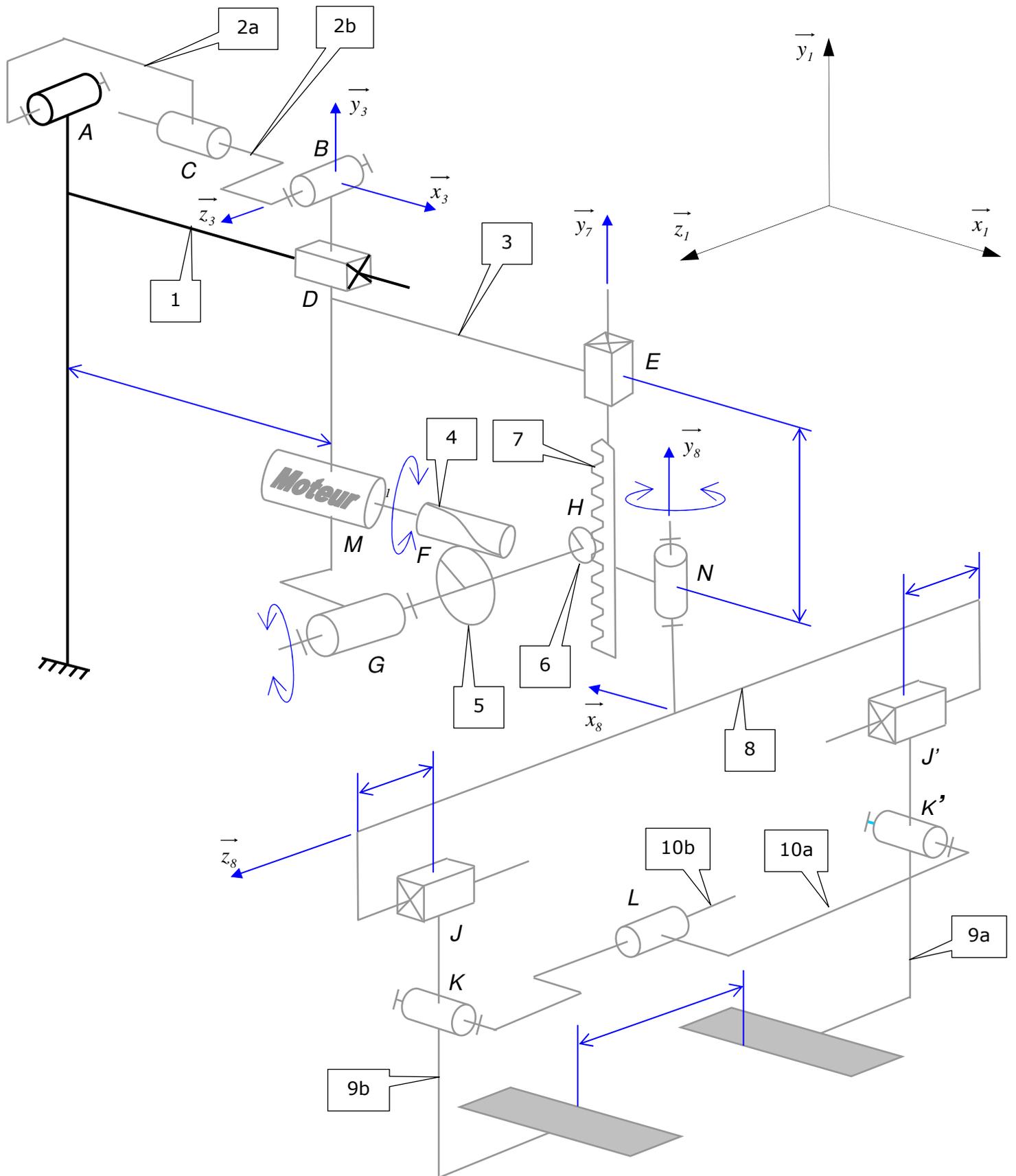


---



---

**DOCUMENT REPONSE 1**  
*Schéma cinématique 3D du palettiseur*



**DOCUMENT REPONSE 2**  
*Schéma-bloc de la chaîne de transmission de l'élévateur*

Sur le schéma-bloc détaillé, représenter les grandeurs cinématiques en bleu et énergétiques en rouge.

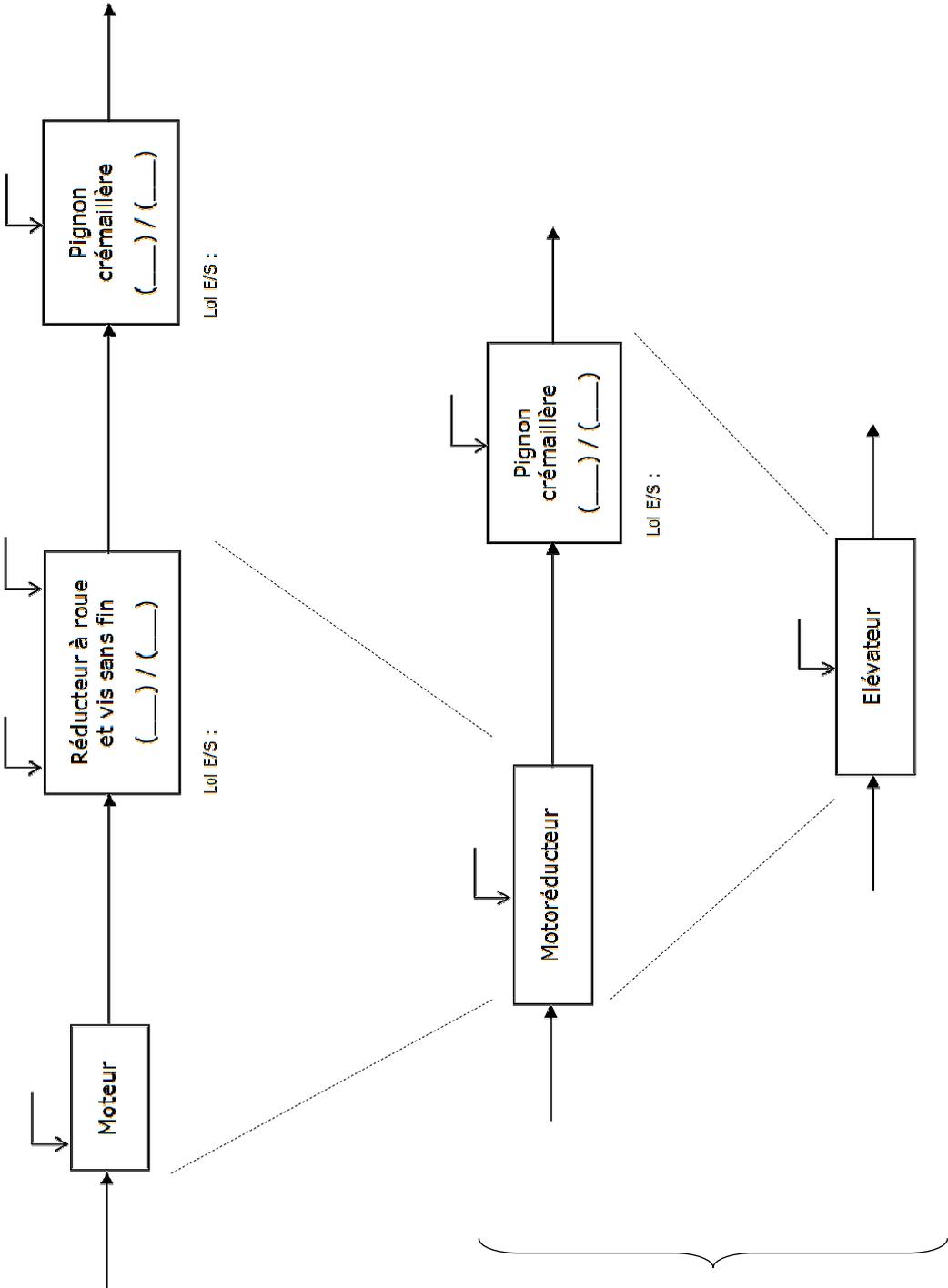


Schéma-bloc détaillé