

# الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2013 الموضوع



NS44

ⵜⴰⴷⵓⴷⴰ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ  
ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵏⴳⴷⴰⵢⵜ  
ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ



المملكة المغربية  
وزارة التربية الوطنية

المركز الوطني للتقويم والامتحانات

3	مدة الإختبار	علوم المهندس	المادة
3	المعامل	العلوم الرياضية (ب)	الشعبة، أو المسلك

## Constitution de l'épreuve :

Volet 1 :	Présentation de l'épreuve	page : (1)
Volet 2 :	Présentation du support	pages : (2)
Volet 3 :	Substrat du sujet	pages : (3, 4, 5)
	Documents réponses D. Rep	pages : (6, 7, 8, 9, 10)
Volet 4 :	Documents Ressources D. Res	pages : (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17)
Volet 5 :	Grille d'évaluation	page : (18)



## Volet 1 : Présentation de l'épreuve

- Système à étudier : Transpalette électrique ;
- Durée de l'épreuve : 3h;
- Coefficient : 3;
- Moyens de calcul autorisés : Seules les calculatrices scientifiques non programmables sont autorisées;
- Documents autorisés : Aucun;
- Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur les documents réponse **D.Rep** prévus à cet effet.
- **Tous les documents réponse D.Rep sont à rendre obligatoirement.**

**Volet 2 : Présentation du support : (voir D.Res 1)**

Moins couteux que le chariot élévateur, le transpalette électrique a vu croître son utilisation depuis l'essor des entrepôts de grandes surfaces.

Il est destiné principalement à transporter des charges. Par exemple, charger ou décharger des palettes à partir de l'arrière des camions adossés à un quai.



Le cycle standard pour le chargement ou le déchargement des palettes est composé de trois étapes :

**Etape 1 : Soulever la palette**

Le conducteur (cariste) avance le transpalette pour que les fourches passent sous la palette au format normalisé. Il actionne ensuite le système de levée des fourches pour soulever la charge.

**Etape 2 : Déplacer la palette**

Le cariste avance le transpalette chargé jusqu'au quai ou dépôt.

**Etape 3 : Déposer la palette**

Le cariste agit sur le système de descente des fourches pour déposer la palette dans la remorque ou au dépôt. Il retourne ensuite vers le point de départ pour transporter une autre palette.

Le transpalette électrique est constitué principalement :

- ✓ **D'une nacelle : Support de batteries et fourches ;**
- ✓ **D'un timon de commande ;**
- ✓ **De deux roues avant ;**
- ✓ **De deux roues arrière ;**
- ✓ **D'une roue motrice.**

### Volet 3 : Substrat du sujet

Les responsables d'une société possédant un parc de plusieurs transpalettes électriques dont les caractéristiques sont données sur **D.Res 2** se trouvent confrontés au problème de transporter des charges de **2500 Kg** (au lieu de **2200 Kg**) imposées par leur fournisseur de marchandises, tout en gardant les mêmes performances (vitesse de déplacement et autonomie).

Ils ont contacté le fabricant des dits transpalettes qui a décidé de refaire l'étude pour voir si ces transpalettes peuvent - avec quelques modifications près - répondre aux exigences de la société.

Après cette étude le concepteur est sorti avec les conclusions suivantes :

- La structure mécanique restera inchangée ;
- Seuls les vérins de levage, le moteur de traction et la batterie électrique nécessitent un redimensionnement.

### Situation d'évaluation 1

Vous êtes membre de l'équipe qui mène cette étude, donc vous êtes censés connaître le système et son environnement ; pour cela on vous demande de réaliser les tâches N° 1 et N°2 en utilisant les **D.Res 1, 2, 3, 4, 5 et 6**.

#### Tâche N°1

Sur le document **D.Rep 1** :

- 1-1-1) Compléter le diagramme des interacteurs (Pieuvre).
- 1-1-2) Compléter le tableau des fonctions de service.

#### Tâche N°2 :

- 1-2) Sur le document **D.Rep 2**, compléter le diagramme des chaînes fonctionnelles.

### Situation d'évaluation 2

Pour résoudre la problématique suscitée, on s'intéresse premièrement à l'étude du mécanisme de levage afin de redimensionner les vérins.

Le transpalette est constitué principalement de trois sous ensembles : un châssis, un tablier porte-fourches et une chaîne cinématique entre ces deux éléments qui assure les fonctions techniques **FT121 et FT122** définies par le **FAST D. Res 3**.

Les solutions techniques pour satisfaire la fonction **FT1** sont représentées sous la forme d'un schéma cinématique sur **D.Res 4**.

Le système est symétrique par rapport au plan du schéma cinématique. Tous les centres d'articulation (**A, B, C, D, ...**) sont doubles ; en fait, chacune des articulations est la projection de deux articulations symétriques sur ce plan.

Les tiges des deux vérins en liaison pivot aux points **M** actionnent deux dispositifs à parallélogrammes déformables **ABJK** identiques. Ce système nommé « cinématique haute » permet d'imposer au tablier porte fourche **5** une translation circulaire par rapport au sol (respect de la fonction **FT12**).

La translation du point **B** fixé au tablier permet le basculement du levier de renvoi **4** qui actionne une deuxième chaîne cinématique nommée « cinématique basse » qui aide à la levée ou à la descente des fourches (respect de la fonction **FT12**).

### Tâche N°1 :

On donne le schéma cinématique minimal du système de levage en position haute sur **D. Res 4** et le schéma cinématique minimal de levage en position basse sur **D.Rep 3**.

2-1-1) Sur **D.Rep 3**, représenter le vérin dans cette position.

2-1-2) Pour soulever la charge, le déplacement du tablier porte fourche entre la position basse et la position haute est caractérisé par deux mouvements l'un horizontal et l'autre vertical. Sur **D.Rep 3**, donner les valeurs des deux composantes du déplacement (prendre les mesures sur les deux schémas)

### Remarques :

- le levier **4 (ABC)** tourne autour du point **B**.
- La chape **7 (EFD)** tourne autour du point **F**.
- La barre de poussée est articulée en **C** au levier **4** et en **E** à la chape **7**.
- Les deux schémas sont représentés à la même échelle. **Echelle : 1/16**

### Tâche N°2 :

Sur le **D.Res 5**, on représente le schéma du circuit hydraulique des deux vérins simple effet, montés en parallèle.

Sur le timon de commande on trouve deux boutons poussoirs **m** (pour commander la montée) et **d** (pour commander la descente). Répondre sur **D.Rep 4 :**

2-2-1) Préciser l'électrovanne qu'il faut alimenter pour faire :

- monter les vérins,
- descendre les vérins.

2-2-2) Quelle est la fonction du variateur de débit dans le système?

2-2-3) Que se passera-t-il si l'on alimente simultanément **EV<sub>1</sub>** et **EV<sub>2</sub>** quand le variateur de débit se trouve dans un état intermédiaire entre fermé et ouvert ?

2-2-4) Compléter la table de vérité en évitant l'alimentation des électrovannes simultanément.

2-2-5) Donner les équations logiques de commande de **EV<sub>1</sub>** et de **EV<sub>2</sub>**.

2-2-6) Compléter alors le schéma électrique de commande des électrovannes **EV<sub>1</sub>** et **EV<sub>2</sub>**.

### Tâche N°3

Les deux vérins équipant le transpalette sont identiques voir **D.Res 5**.

Pour soulever la charge de **2500 Kg**, on suppose que l'effort développé par les deux vérins est de **30 KN (15 KN chacun)**. Répondre sur **D.Rep 4 :**

2-3-1) Calculer le diamètre théorique **D** en **mm** du piston du vérin, sachant que la pression d'alimentation est réglée à **200 bars**.

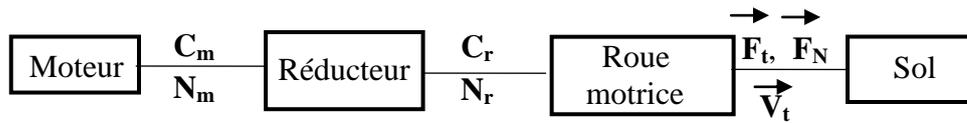
2-3-2) Faut-il changer les vérins ? Justifier votre réponse.

### Situation d'évaluation 3

Pour résoudre la problématique suscitée, on va étudier la chaîne de transmission de puissance afin de redimensionner le moteur de traction du transpalette et la batterie.

**Tâche N°1 :**

La chaîne de transmission de puissance est représentée par le schéma bloc suivant :



La modélisation de la roue motrice et les efforts auxquels elle est soumise est représentée sur le document **D.Res 7**

- L'intensité de l'effort normal du sol sur la roue motrice est  $F_N = 942,5 \text{ N}$
- Le coefficient d'adhérence  $\text{tg}\varphi = 0,8$

Le transpalette étant chargé. Sur le document **D.Rep 5**,

3-1-1) Calculer l'intensité  $F_t$  de l'effort tangentiel  $\vec{F}_t$ .

3-1-2) Calculer la vitesse  $N_r$  (en **tr/min**) à la sortie du réducteur et le couple  $C_r$  (en **Nm**) nécessaire pour vaincre l'effort tangentiel  $\vec{F}_t$ , sachant que le mouvement du transpalette est rectiligne et sa vitesse de déplacement est  $V_t = 10 \text{ km/h}$ .

3-1-3) En vous aidant du schéma cinématique minimal du réducteur et des caractéristiques des roues dentées (**D.Res 6**), déterminer le rapport de réduction  $k = N_r/N_m$  et en déduire la vitesse  $N_m$  en (**tr/min**) du moteur de traction. On prendra  $N_r = 212 \text{ tr/min}$  quel que soit le résultat de la question **3-1-2**.

3-1-4) sachant que le réducteur a un rendement  $\eta = 90 \%$ , déterminer la puissance  $P_m$  et le couple  $C_m$  du moteur. Justifier pourquoi le moteur reste inchangé.

**Tâche N°2 : Etude de l'autonomie du transpalette**

On se propose d'étudier le bilan énergétique du transpalette et d'en déduire s'il est nécessaire de changer la batterie de capacité  $Q = 450 \text{ Ah}$  et de tension  $E = 24 \text{ V}$ . Sur le document **D.Rep 5** :

3-2-1) Montrer que l'énergie disponible sur la batterie est  $W_b = 10800 \text{ Wh}$ .

3-2-2) En vous aidant des documents **D.Res 2** et **D.Res 7** et en supposant que :

- Pendant le temps  $t_3$  le transpalette transporte une palette de **2500 Kg** et parcourt une distance de **100m** ; la puissance fournie par le moteur de traction est de **3 kW**,
- Pendant le temps  $t_8$  le transpalette est vide et parcourt une distance de **100 m** ; la puissance fournie par le moteur de traction est de **1 kW**. Sur le document **D.Rep 5** :

a) Compléter le **tableau 1** relatif à un cycle standard.

b) En déduire le temps global  $t_c$  en (**secondes**) pour que le transpalette réalise un cycle standard.

c) En déduire l'énergie électrique totale  $W_c$  en (**Wh**) fournie par la batterie pour réaliser un cycle standard.

Le schéma simplifié du circuit qui alimente le moteur de traction à partir de la batterie est représenté sur le document **D.Res 7**. Sur le document **D.Rep 5** :

3-2-3) Préciser la nature de la conversion d'énergie : **alternative/continue** ou **continue/alternative**.

3-2-4) Calculer le temps d'utilisation du transpalette  $t_u$  (en **h**) entre deux recharges de la batterie en supposant que le transpalette consomme une quantité d'énergie  $W_c = 46,5 \text{ Wh}$  pendant **90 s** au cours d'un cycle standard.

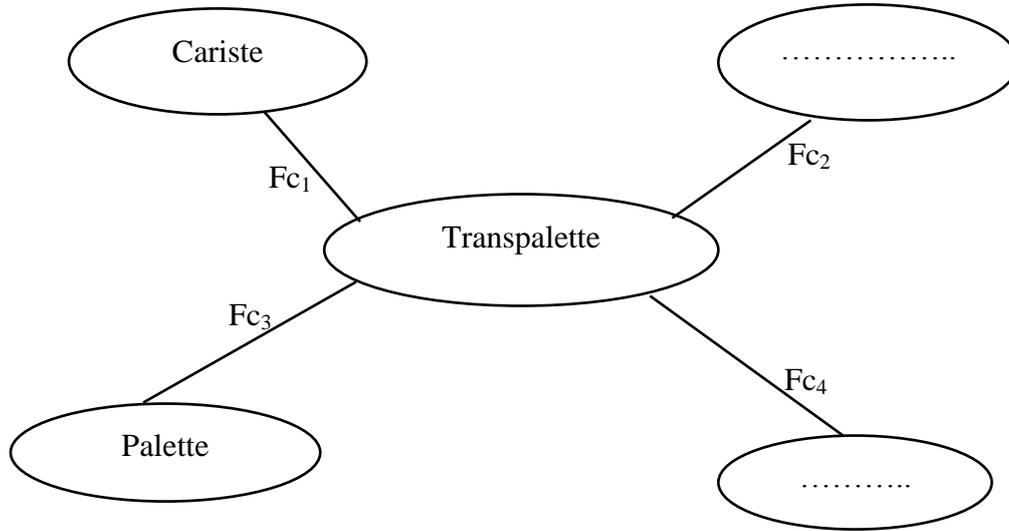
3-2-5) La charge de la remorque d'un camion nécessite le transport de **vingt palettes**. Calculer le nombre de camions  $n_c$  à charger avant que la batterie se décharge.

3-2-6) Calculer la capacité  $Q$  de la batterie nécessaire pour charger **14** camions.

**14** étant le nombre de camions à charger en utilisant une batterie de **24V – 450 Ah** pour un transpalette de **2200 kg**. Que peut-on conclure pour charger le même nombre de camions avec un transpalette de **2500 kg**.

D.Rep 1

1-1-1)

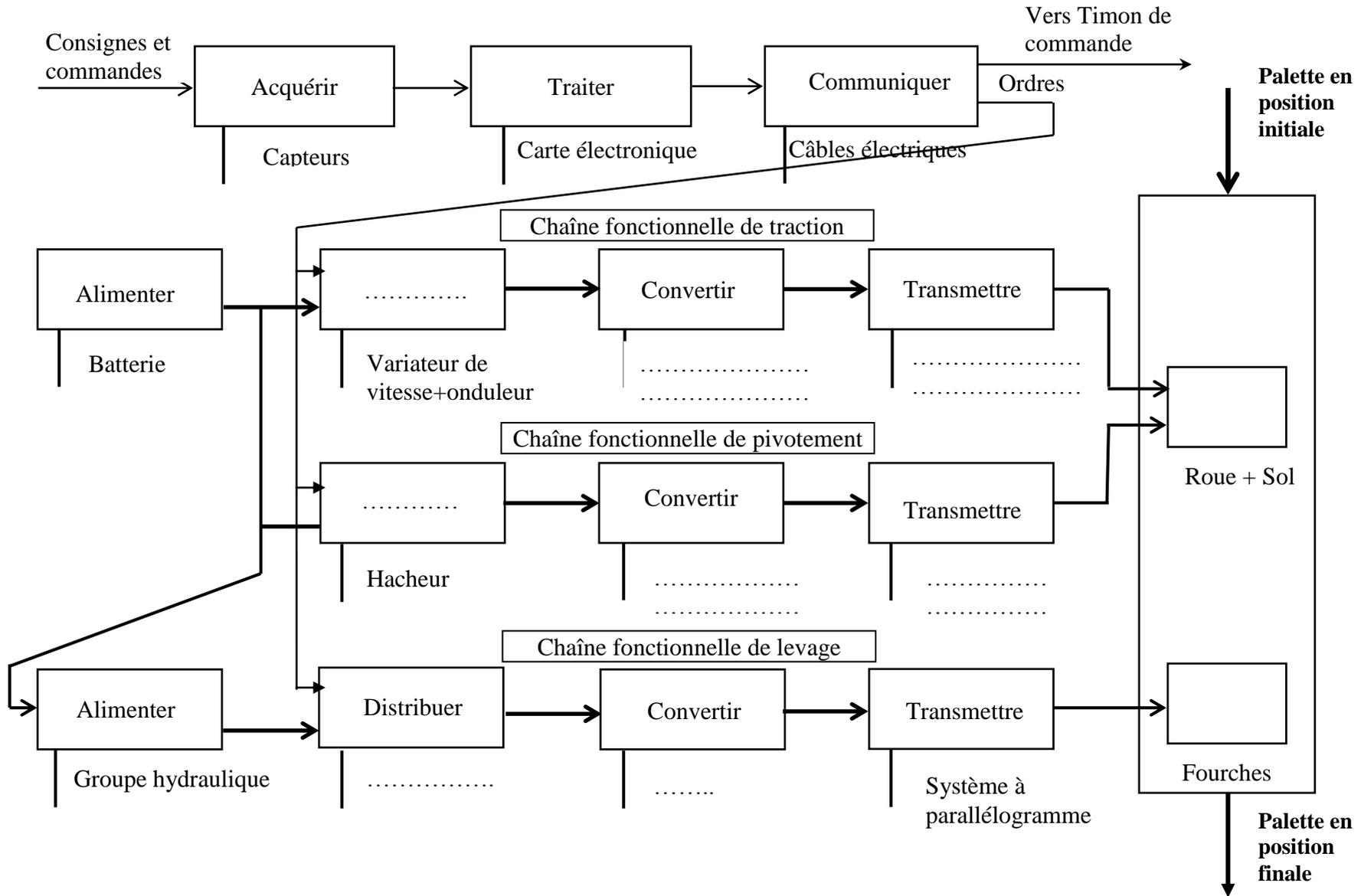


1-1-2)

Fp	Permettre au cariste de déplacer la palette en toute sécurité.
Fc1	.....
Fc2	Etre alimenté en énergie électrique.
Fc3	.....
Fc4	Etre adapté au sol.

D.Rep 2

1-2)





D.Rep 4

2-2-1)

	Electrovannes
Monter les vérins	.....
Descendre les vérins	.....

2-2-2)

.....

2-2-3)

.....

2-2-4) la table de vérité :

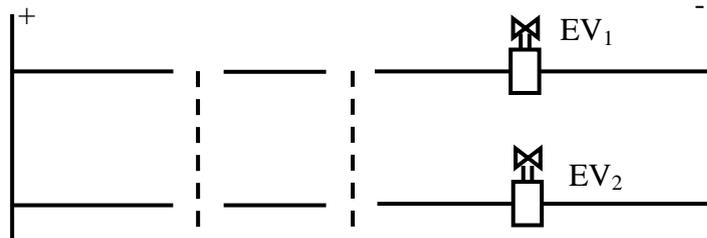
m	d	EV <sub>1</sub>	EV <sub>2</sub>
0	0		
0	1		
1	1		
1	0		

2-2-5) Equations des électrovannes EV<sub>1</sub> et EV<sub>2</sub> :

EV<sub>1</sub> = .....

EV<sub>2</sub> = .....

2-2-6) Schéma électrique de commande des électrovannes :



2-3-1)

.....

.....

.....

D = .....mm

2-3-2)

.....

.....

D.Rep 5

3-1-1) L'intensité de l'effort tangentiel  $F_t$  :

.....  
 .....  $F_t = \dots\dots\dots N$

3-1-2) Calcul de  $C_r$  et de  $N_r$  :

.....  
 .....  $C_r = \dots\dots\dots Nm$

.....  
 .....  $N_r = \dots\dots tr/min$

3-1-3) Calcul de  $k$  et de  $N_m$

.....  
 .....  $k = \dots\dots\dots$

.....  
 .....  $N_m = \dots\dots tr/min$

3-1-4) Calcul de  $P_m$  et de  $C_m$

.....  
 .....  $P_m = \dots\dots\dots W$

.....  
 .....  $C_m = \dots\dots\dots Nm$

3-2-1) .....  
 .....  $W_b = \dots\dots\dots Wh$

3-2-2) a) Tableau 1 :

$t_1 = 3 s$	$t_2 = 6,2 s$	$t_3 = \dots\dots\dots$	$t_4 = 1,6 s$	$t_5 = 1,9 s$	$t_6 = 2,1 s$	$t_7 = 4,6 s$	$t_8 = \dots\dots\dots$	$t_9 = 2,6 s$
$W_1 = 1,91 Wh$	$W_2 = 5,16Wh$	$W_3 = \dots\dots\dots$		$W_5 = 0,05 Wh$	$W_6 = 0,05 Wh$	$W_7 = 2,5Wh$	$W_8 = \dots\dots\dots$	

b) .....  $t_c = \dots\dots\dots s$

c) .....  $W_c = \dots\dots\dots Wh$

3-2-3) .....

3-2-4) .....  
 .....  $t_u = \dots\dots\dots h$

3-2-5) .....  
 .....  
 .....  
 .....  $n_c = \dots\dots\dots$

3-2-6) .....  
 .....  
 .....  
 .....  $Q = \dots\dots\dots A.h$

D.Res 1

**Timon de commande :**  
Consignes de fonctionnement et voyants

**Nacelle :** support de batteries et fourches



**Roues avant**

**Roues arrière et Roue motrice orientable**



## D.Res 2

## DT : Extrait du cahier des charges fonctionnel

Fonction		Critères	Niveaux
Fp	FT1 : Soulever et déposer la charge	Masse de la charge	2200 Kg
		Position du centre de gravité de la charge	1181 mm à partir du point O
		Temps de levée avec charge/sans charge	3s/2,1s
		Temps de descente avec charge/sans charge	1,9s/2s
		Hauteur de levage (course des fourches)	130 mm
		Coefficient de sécurité	S=1,5
	FT2 : Déplacer la charge	Vitesse de translation avec charge sans charge	10/12 km/h
		Temps d'accélération avec charge /sans charge	6,2/4,6 s
		Pente maxi du sol	8,5° ou 15 %
		Pente pour démarrage en côte	6,9 ou 12%
		Distance accélération	10 m maxi
		Puissance nominale moteur de translation	3 kw
		Masse à vide du transpalette	710 kg
		Masse des batteries	410 kg
		Tension batteries, capacité nominale	24V/450 Ah
		Dimensions roue motrice	250 x 100mm

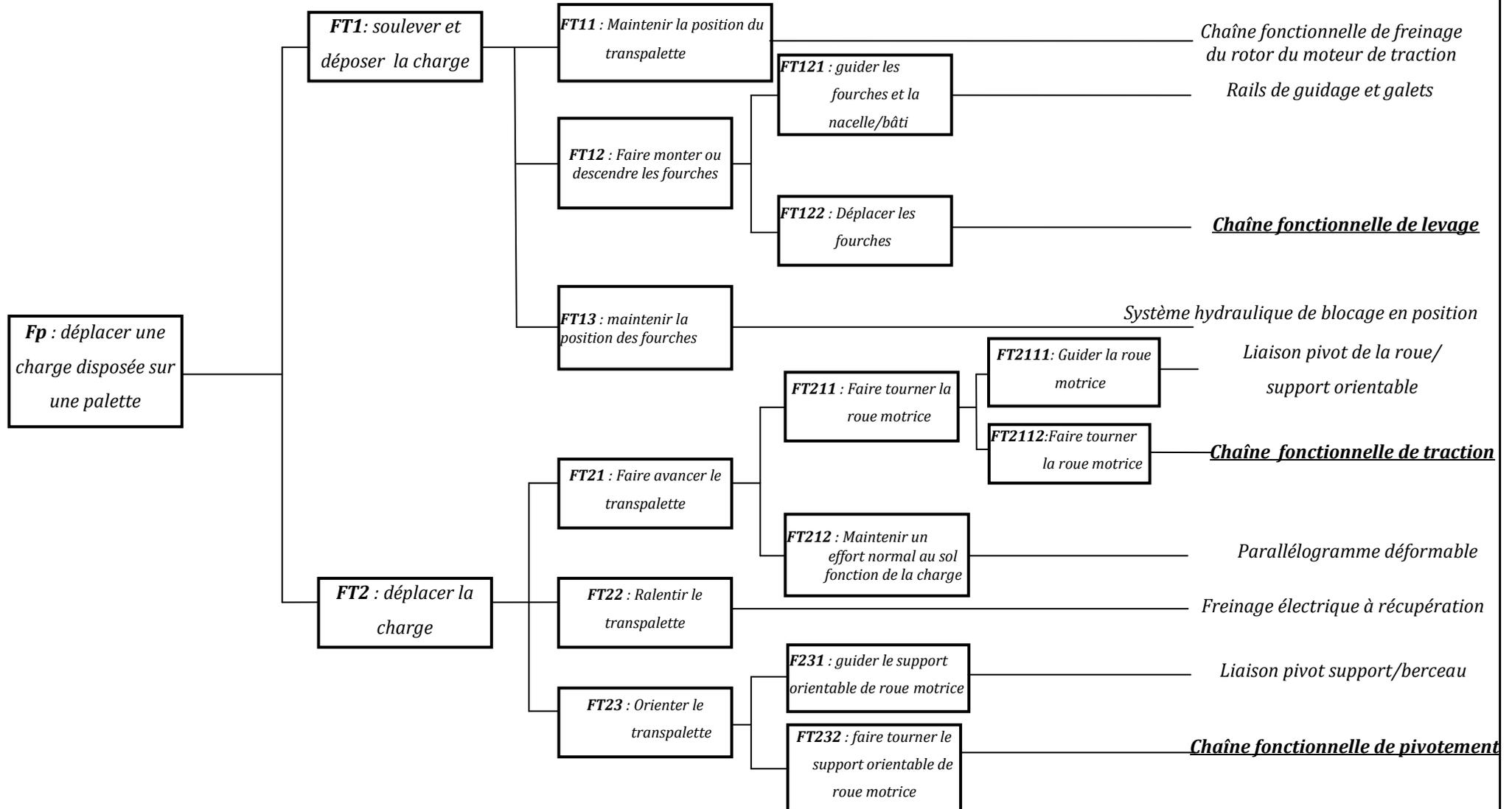
D.Res 3

FAST DESCRIPTIF PARTIEL

Fonctions de service

Fonctions techniques

Solutions technologiques

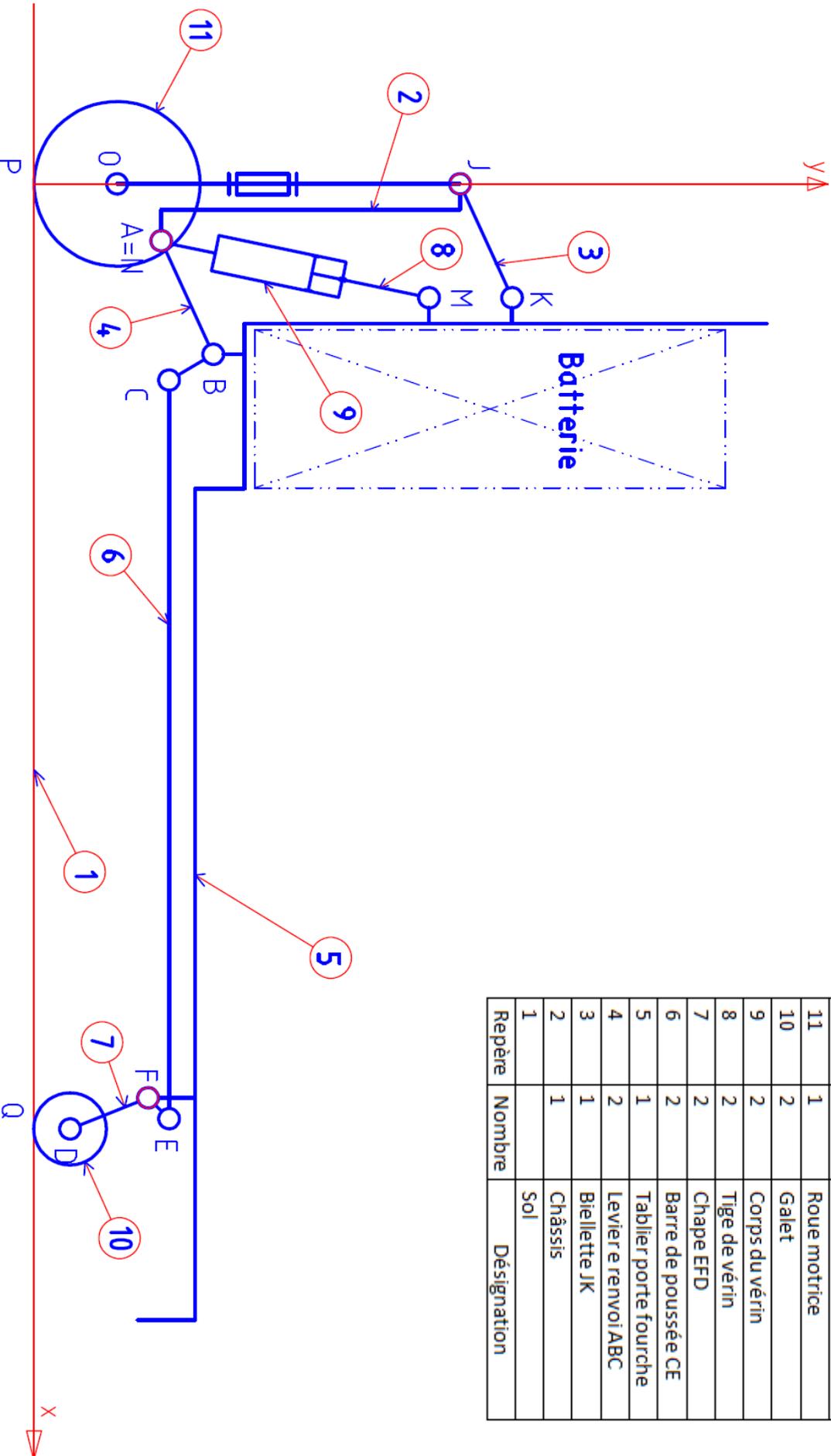


D.Res 4

Schéma cinématique minimal du système de levage en position haute

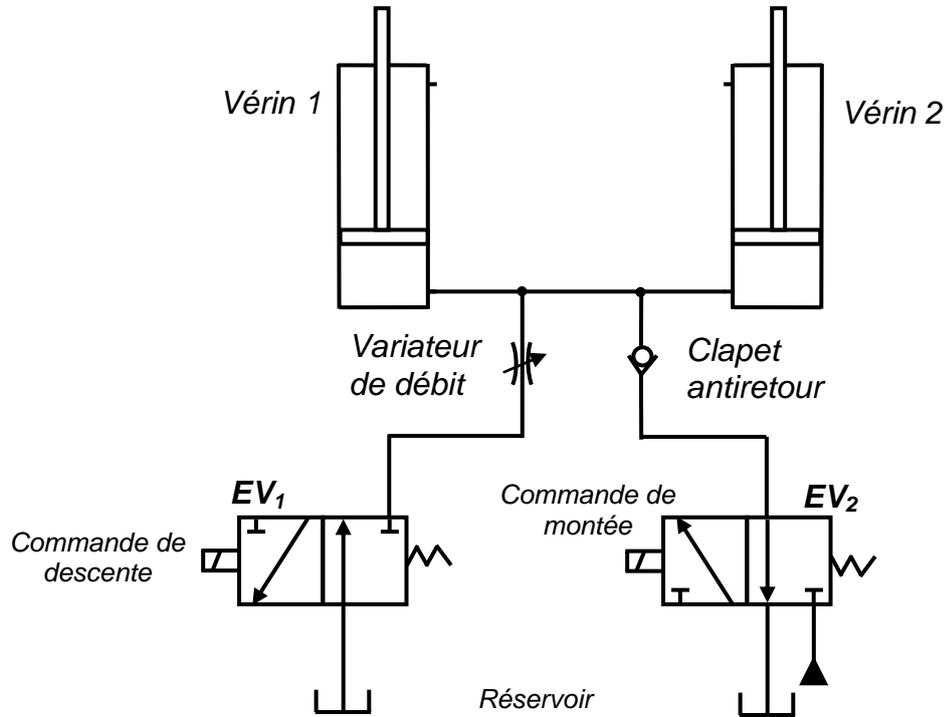
Echelle : 1/16

Repère	Nombre	Désignation
11	1	Roue motrice
10	2	Galet
9	2	Corps du vérin
8	2	Tige de vérin
7	2	Chape EFD
6	2	Barre de poussée CE
5	1	Tablier porte fourche
4	2	Leverie renvoi ABC
3	1	Bielle JK
2	1	Châssis
1	1	Sol

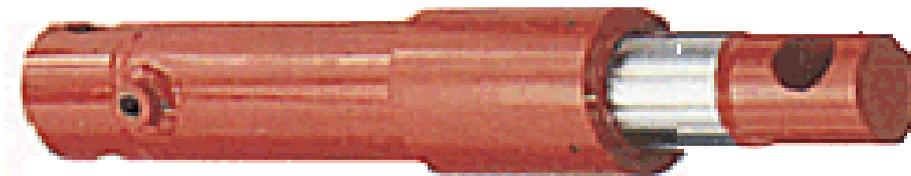


D.Res 5

Schéma du circuit hydraulique



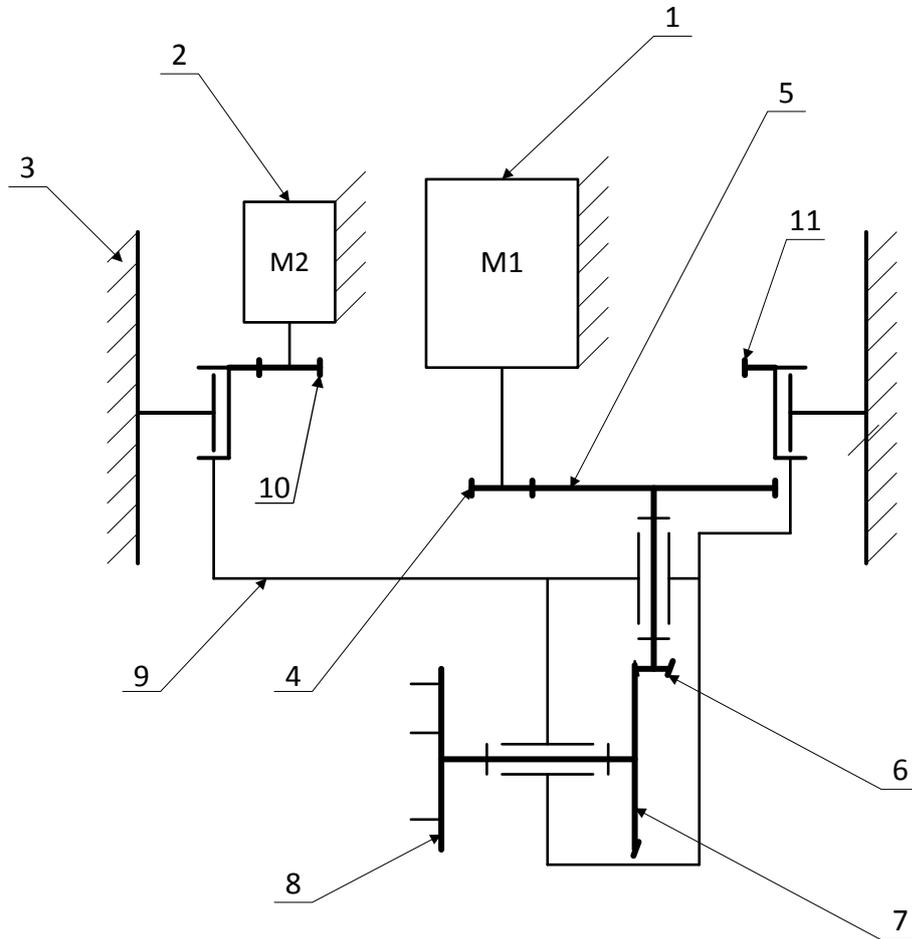
Caractéristiques du vérin simple effet HPI SE 35



Pression maxi d'utilisation 200 bars  
 Diamètre nominal : 35 mm course : 125 mm

D.Res 6

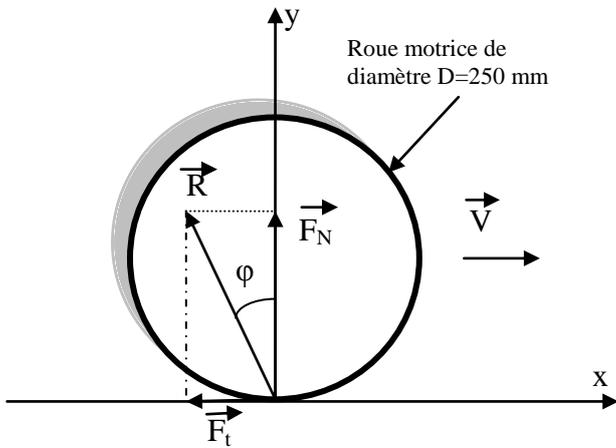
**Schéma minimal de la chaîne de traction et de la chaîne de pivotement**



- 1 Moteur de traction : Moteur asynchrone triphasé 3 KW.  
 2 Moteur de pivotement : Moteur à courant continu 2,2 KW.  
 3 Châssis.  
 4 Pignon d'entrée :  $Z_4 = 23$   
 5 Roue dentée :  $Z_5 = 64$  Réducteur et renvoi d'angle.  
 6 Pignon conique :  $Z_6 = 6$   
 7 Roue conique :  $Z_7 = 37$   
 8 Moyeu de roue motrice.  
 9 Sous ensemble pivotant.  
 10 Pignon. Réducteur de pivotement.  
 11 Couronne dentée.

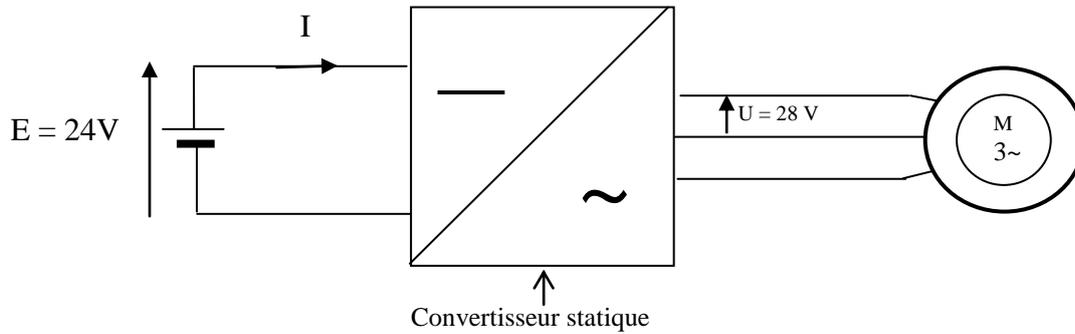
D.Res 7

**Modélisation de la roue motrice**

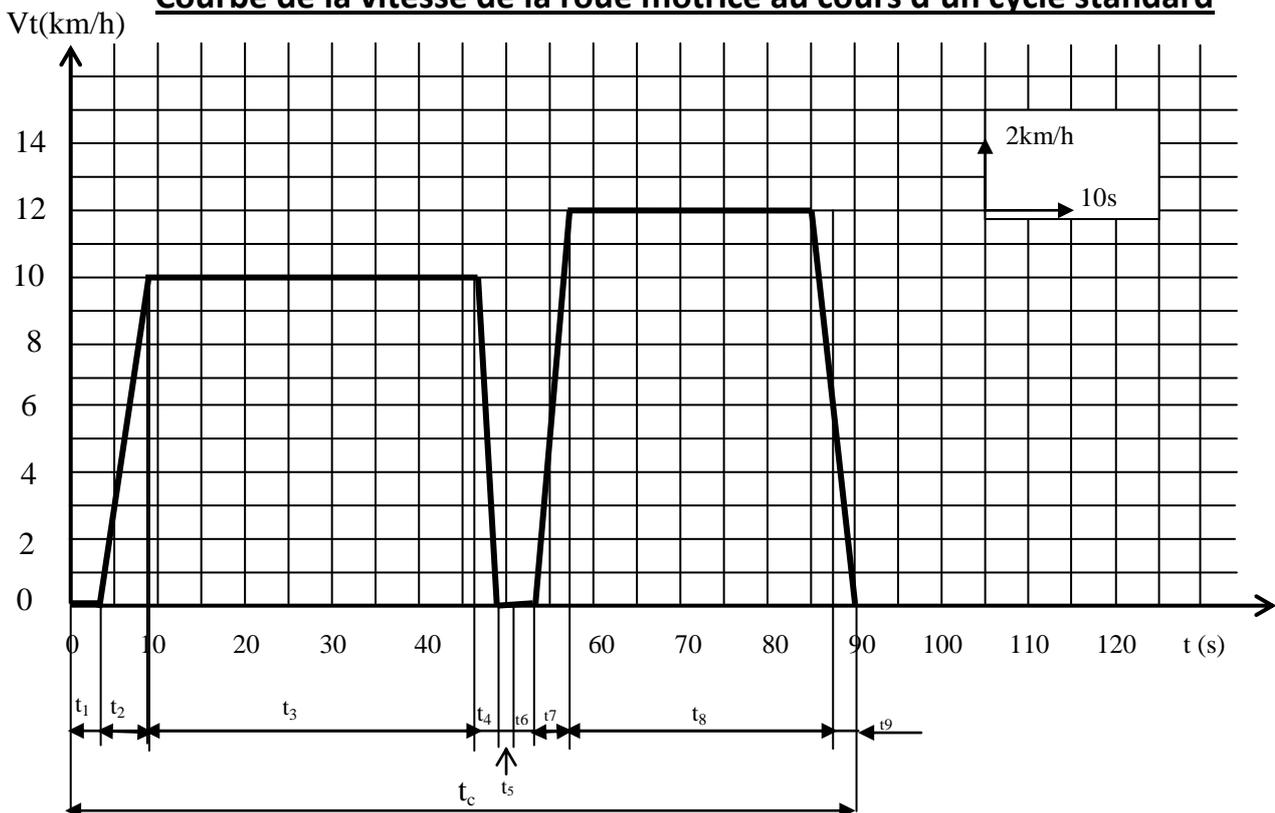


- $C_m$  : couple moteur,
- $N_m$  : Vitesse de rotation du moteur,
- $C_r$  : Couple à la sortie du réducteur,
- $N_r$  : Vitesse de rotation à la sortie du réducteur,
- $\vec{F}_t$  : Composante tangentielle de l'action du sol sur la roue motrice,
- $\vec{F}_N$  : Composante normale de l'action du sol sur la roue motrice,
- $\vec{V}$  : Vitesse de translation du transpalette,
- $D$  : diamètre de la roue motrice,
- $\phi$  : Angle d'adhérence sol/roue motrice.

**Schéma simplifié du circuit d'alimentation du moteur de traction**



**Courbe de la vitesse de la roue motrice au cours d'un cycle standard**



**Grille d'évaluation**

**Situation d'évaluation 1**

TÂCHES	Questions	Note
TÂCHE 1	1-1-1 : Diagramme des interacteurs.	0,5x3 point
	1-1-2 : Tableau des fonctions de service.	0,5x2 point
TÂCHE 2	1-2 : Diagramme des chaînes fonctionnelles.	0,25x8 points
<b>TOTAL SEV1</b>	<b>4,5 points</b>	

**Situation d'évaluation 2**

TÂCHE 1	2-1-1 : Représentation du vérin.	0,5 point
TÂCHE 2	2-1-2 : Valeurs des composantes du déplacement.	0,5x2 point
	2-2-1 : Alimentation des électrovannes.	0,25x2 point
	2-2-2 Fonction du variateur de débit.	0,5 point
	2-2-3 : Problème si l'on appuie simultanément sur m et d ; solution.	0,5 point
	2-2-4 : Table de vérité.	1 point
	2-2-5 : Equation logique des électrovannes.	1 point
	2-2-6 : Schéma électrique de commande des électrovannes.	1 point
TÂCHE 3	2-3-1 : Diamètre théorique d'un vérin (section du piston).	1 point
	2-3-2 : Validité du vérin.	0,5 point
<b>TOTAL SEV2</b>	<b>7,5 points</b>	

**Situation d'évaluation 3**

TÂCHE 1	3-1-1 : Intensité de l'effort tangentiel $F_t$ .	0,5 point
	3-1-2 : Calcul de $C_r$ et de $N_r$ .	0,5x2 point
	3-1-3 : Détermination du rapport de réduction $k$ et de $N_m$ .	0,5x2 point
	3-1-4 : Détermination de $C_m$ et de $P_m$ du moteur et justification.	1 point
TÂCHE 2	3-2-1 : Energie $W_b$ disponible sur la batterie.	0,5 point
	3-2-2 : a) Tableau. b) Temps global $t_c$ . c) Energie total $W_c$ .	0,25x4 point 0,5 point 0,5 point
	3-2-3 : Nature de la conversion d'énergie.	0,5 point
	3-2-4 : Calcul du temps d'utilisation du transpalette $t_u$ .	0,5 point
	3-2-5 : Calcul du nombre de camions $n_c$ que la batterie peut assurer.	0,5 point
	3-2-6 : Calcul de la capacité $C$ en (Ah) de la batterie.	0,5 point
<b>TOTAL SEV3</b>	<b>8 points</b>	

<b>TOTAL SEV1+SEV2+SEV3</b>	<b>20 points</b>
-----------------------------	------------------