

**Question 39 :** comparer les trois types de supports de transmission, représenté figure 7-2, en termes de vitesse de transmission, de facilité de mise en œuvre dans le cadre d'un usage de cet ouvrage d'art.

**Question 40 :** à l'aide de la structure du réseau de la figure 7-2, **déterminer** le nombre de machines connectées au travers du réseau. **Donner** le nombre maximal de machines pouvant être gérées par ce réseau et **valider** le dimensionnement du réseau pour cette utilisation.

## 8. L'influence des utilisateurs sur le pont

La sollicitation quotidienne de la travée et les conséquences d'une rupture de celle-ci amènent le concepteur à comparer différents modèles de calculs et de vérifier que la travée résiste aux sollicitations sans subir de déformations permanentes.

*Objectif : vérifier la résistance de la travée levante en comparant deux modèles de calculs avec le gabarit de limite élastique de la structure.*

Lors de la mise en service du pont, la travée est soumise aux actions mécaniques associées à la foule et au trafic routier. Afin d'éviter un effondrement du pont, le bureau d'étude a réalisé plusieurs simulations.

Pour définir les charges à appliquer sur la travée, le bureau d'étude s'est appuyé sur la norme expérimentale P06-103 d'octobre 1997 de l'eurocode 1 et en particulier sur la partie 3 (charges sur les ponts dues au trafic).

### 8.1. Modélisation de la foule et du trafic routier

#### Modèle de calcul n°1

Lorsque le pont est en position basse, la travée du pont repose sur quatre appuis sur les deux embases :

- deux appuis fixes sur l'embase de gauche permettant un degré de liberté dans le sens transversal ;
- deux appuis mobiles sur l'embase de droite permettant un degré de liberté dans le sens longitudinal et dans le sens transversal ; la travée est soumise aux actions mécaniques associées à la foule et au trafic routier uniformément réparties sur toute sa longueur.

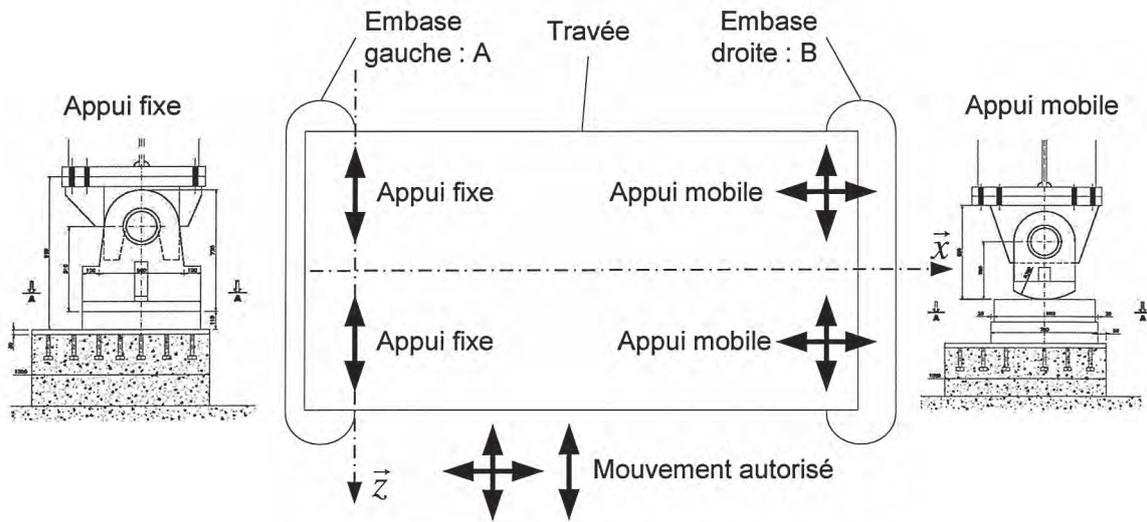


Figure 8-1 positionnements des appuis sur la travée

**Question 41 :** donner et justifier les hypothèses permettant de réduire ce problème à 2 dimensions. Réaliser un schéma modélisant la travée, les charges appliquées sur celle-ci et ses appuis sur les deux embases. L'appui de gauche sera noté A et celui de droite B.

Hypothèse de l'étude :

- la travée est considérée comme une poutre d'une longueur de 117 m ;
- la section de la poutre est une section pleine rectangulaire.

Données :

masse linéique de la travée levante	$24,359 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$
masse linéique des utilisateurs et intempéries	$1800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$
longueur de la travée	117 m
largeur de la travée $b$	27 m
hauteur de la travée $h_t$	6,5 m
$\sigma_{max}$	$\frac{6 \cdot Mf_{max}}{b \cdot h_t^2}$

**Question 42 :** à partir des données précédentes, calculer la charge répartie équivalente  $q_{eq}$  (en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ) sur la travée levante, en déduire  $q$  en  $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$  le poids équivalent de la travée.

**Question 43 :** déterminer les expressions du moment fléchissant  $M_{fz}(x)$  et de la contrainte  $\sigma$  le long de la poutre AB. Tracer les diagrammes du moment fléchissant  $M_{fz}(x)$  et de la contrainte  $\sigma$  le long de la poutre AB et donner les valeurs remarquables de ces grandeurs. Déterminer la contrainte normale maximale  $\sigma_{max}$ .

## Modèle de calcul n°2

Hypothèse de l'étude :

- la travée est considérée comme un assemblage d'excentrement rigides, de barres et de nœuds comme indiqué sur la figure 8-2 ;
- chaque barre est considérée comme un caisson ;
- la travée est décomposée en 20 caissons de taille identique.

Donnée pour la question 45 :

résistance élastique ( $R_{pe}$ )

375 MPa

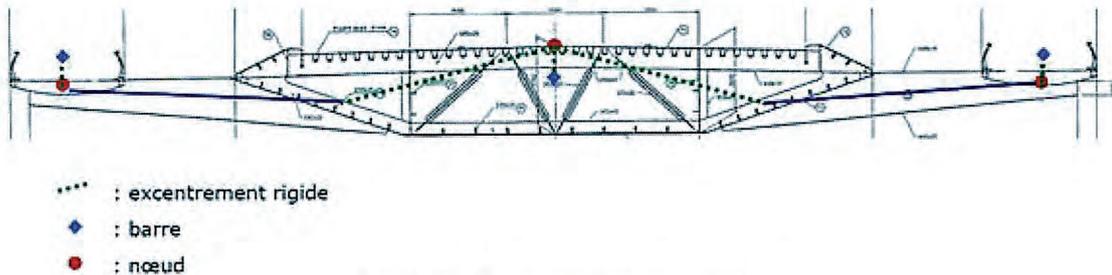


Figure 8-2 : modélisation d'un caisson

Une modélisation de la structure du pont au plus proche du réel a permis d'obtenir la courbe de contrainte de la travée de la figure 8-3.

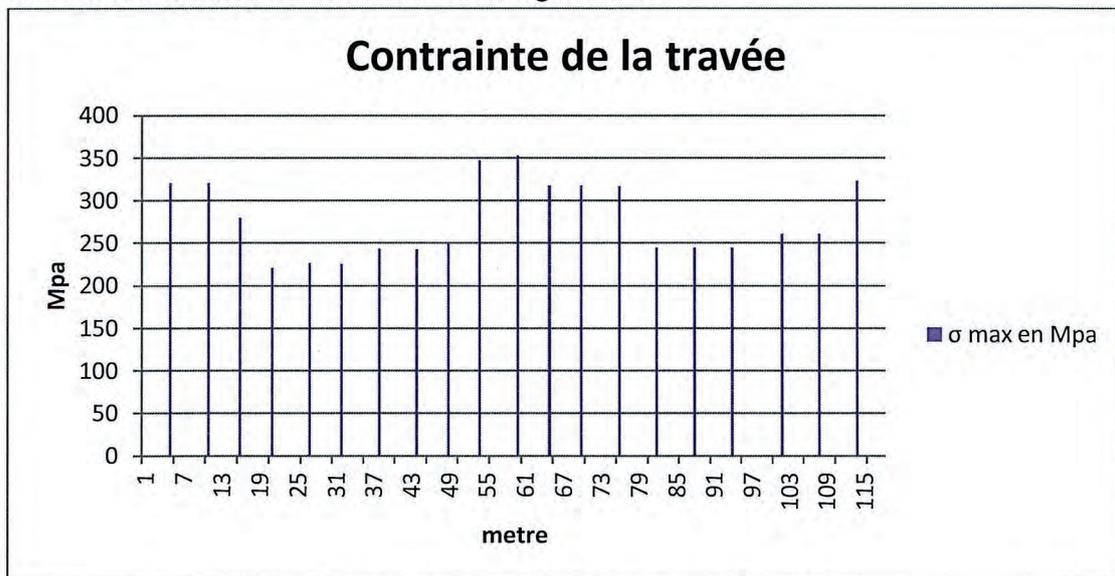


Figure 8-3: courbe réalisée par le bureau d'étude

**Question 44 :** comparer et interpréter les courbes de la contrainte normale par rapport aux hypothèses des deux cas. Conclure quant au choix du modèle pour la suite de l'étude.

On choisit le modèle de calcul n°2.

**Question 45 :** comparer le modèle simulé à la résistance élastique  $R_{pe}$  et conclure sur la résistance de la travée levante.

## 9. Conclusion générale

Données pour la question 46 :

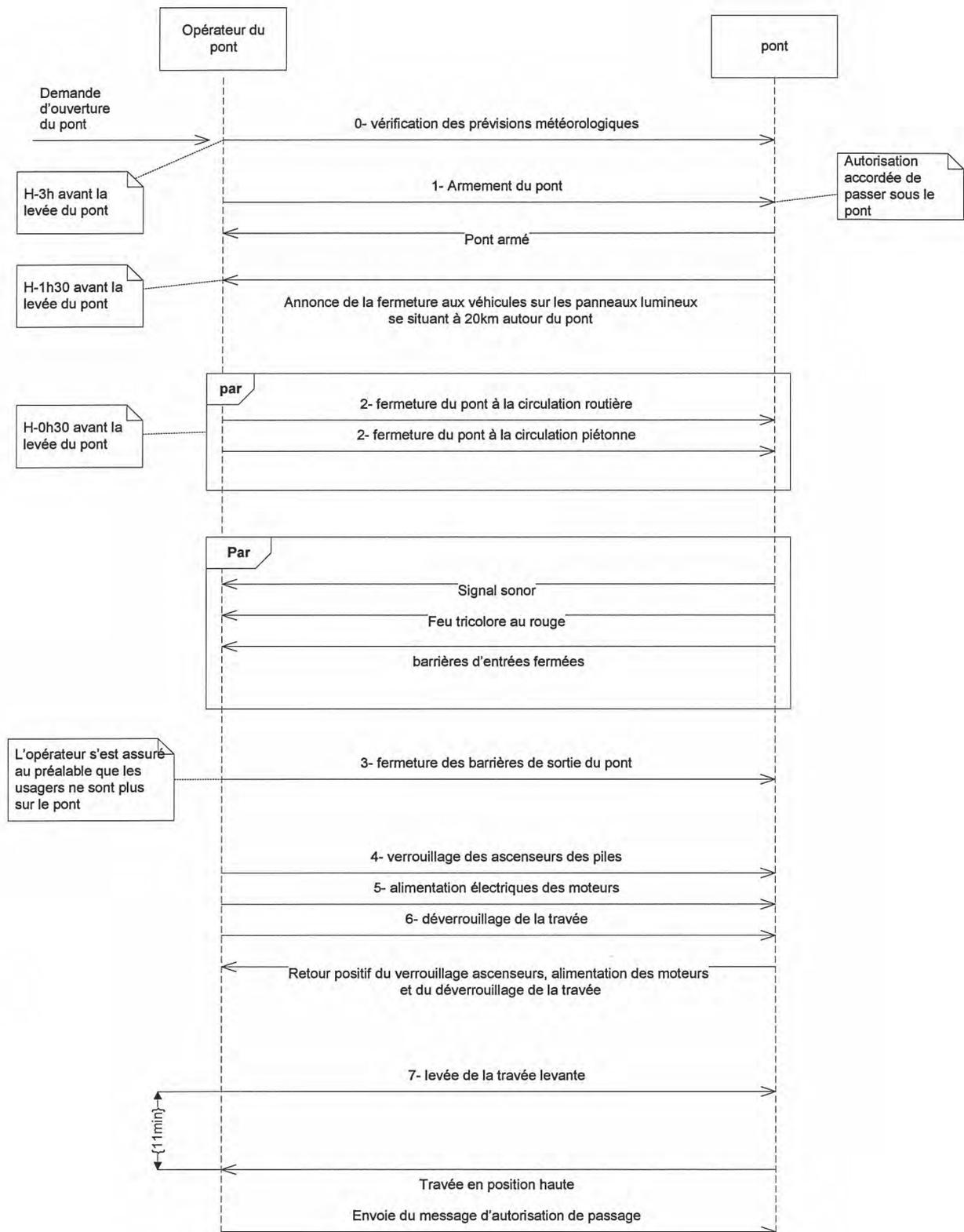
gain kilométrique des automobilistes par an	29 millions km·an <sup>-1</sup>
émission de CO <sub>2</sub> d'une voiture	130 g·km <sup>-1</sup>
production de CO <sub>2</sub> pour 1 kW·h d'énergie électrique consommée	0,09 kg de CO <sub>2</sub>
consommation électrique annuelle due à la manœuvre du pont	309 kW·h

**Question 46 :** comparer la réduction d'émissions en CO<sub>2</sub> des automobilistes obtenue grâce à la construction de ce pont avec l'équivalent en CO<sub>2</sub> de la consommation électrique due à la manœuvre du pont. À l'aide de l'étude réalisée et sans tenir compte du bilan carbone lié à la construction, **proposer** des éléments permettant d'affiner le bilan carbone de cet ouvrage.

**Question 47 :** à partir de l'étude réalisée, **exprimer** la pertinence d'un pont à travée levante en fonction de la fréquence d'utilisation du système de levage.

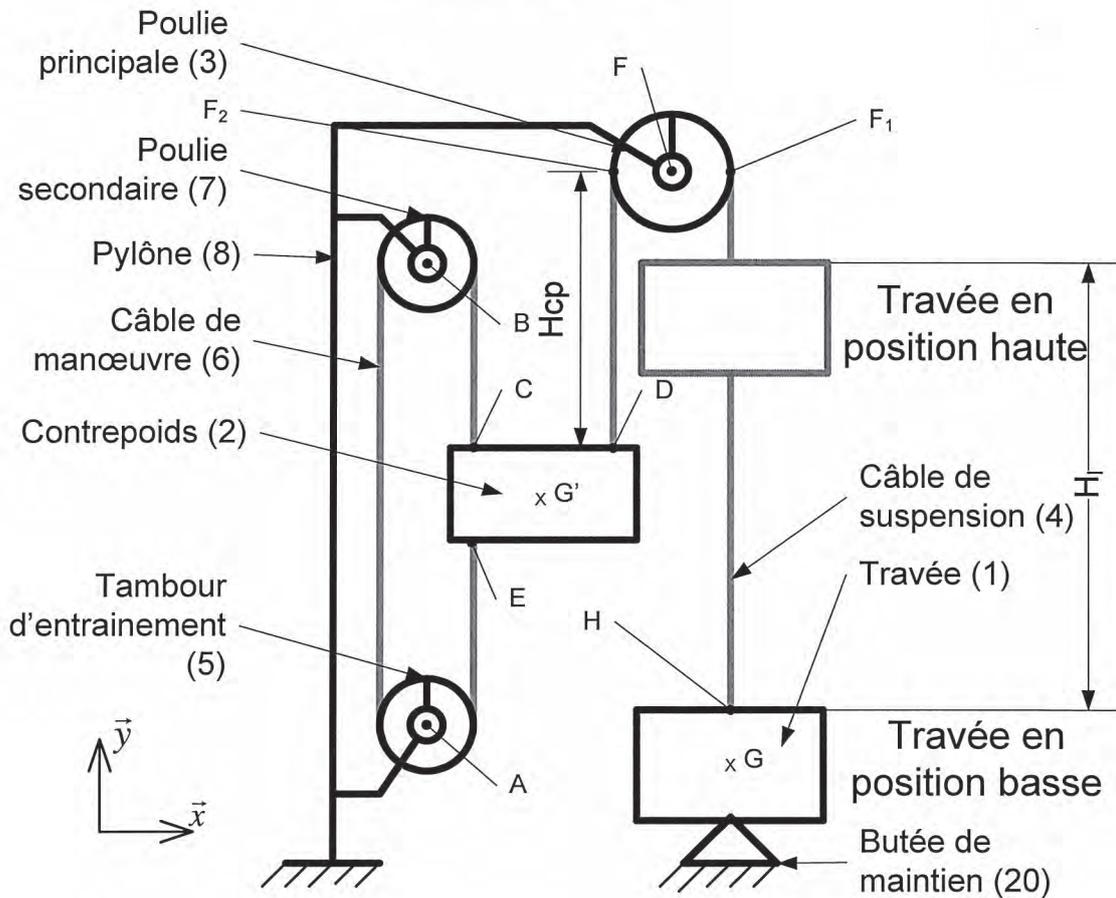
# DOCUMENTS TECHNIQUES

# Document technique DT1 : diagramme de séquence « montée de la travée »



Lexique : L'armement du pont est la mise en énergie des différents systèmes permettant sa manœuvre.

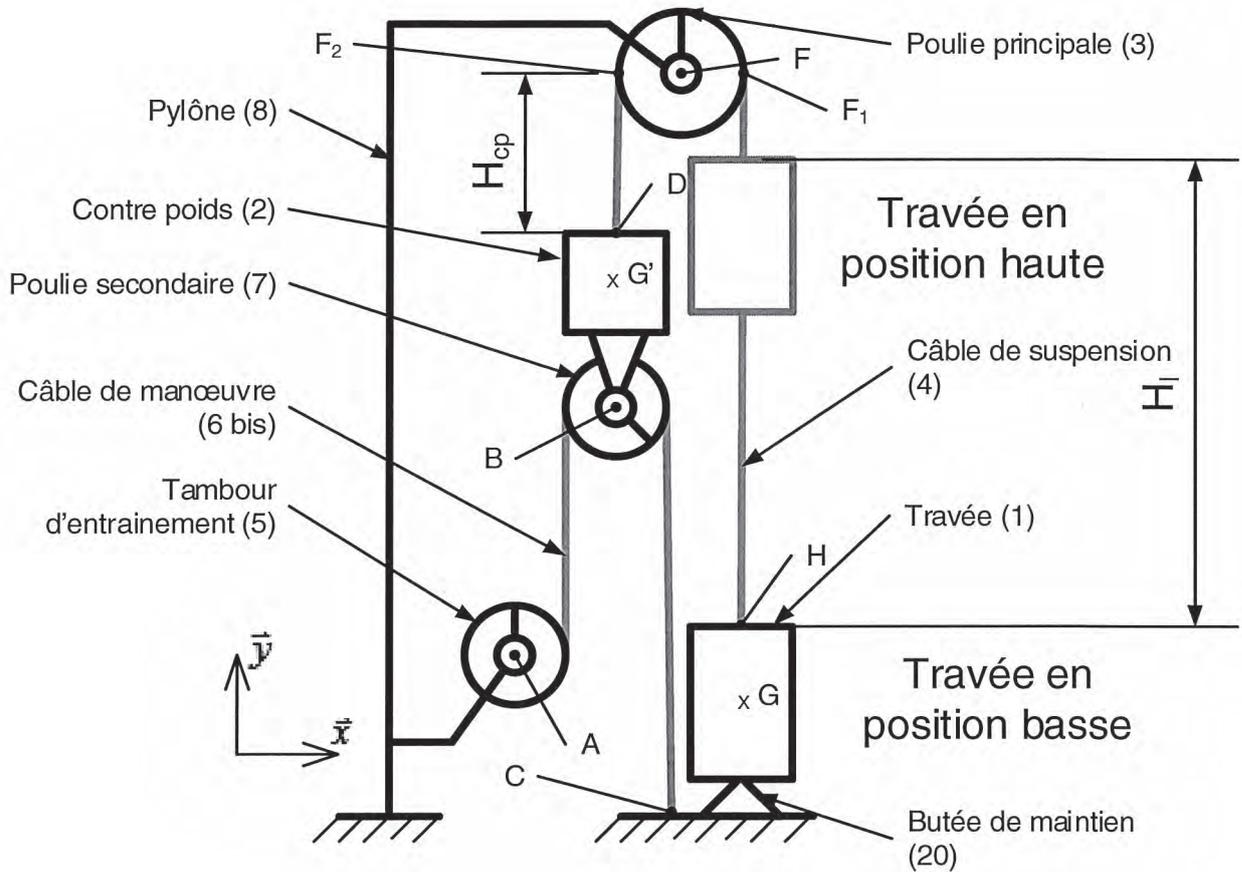
**Document technique DT2 :**  
**solution n°1, système de levage à brin unique et à double**  
**entrainement**



**Descriptions :**

- la poulie secondaire (7) et le pylône (8) sont en liaison pivot parfaite d'axe  $(B, \vec{z})$  ;
- le tambour d'entrainement (5) et le pylône (8) sont en liaison pivot parfaite d'axe  $(A, \vec{z})$  ;
- la poulie (3) et le pylône (8) sont en liaison pivot parfaite d'axe  $(F, \vec{z})$  ;
- le câble de suspension (4) est en liaison complète au point D avec le contrepoids (2) et au point H avec la travée (1) ;
- le câble de manœuvre (6) est en liaison complète aux points C et E avec le contrepoids (2).

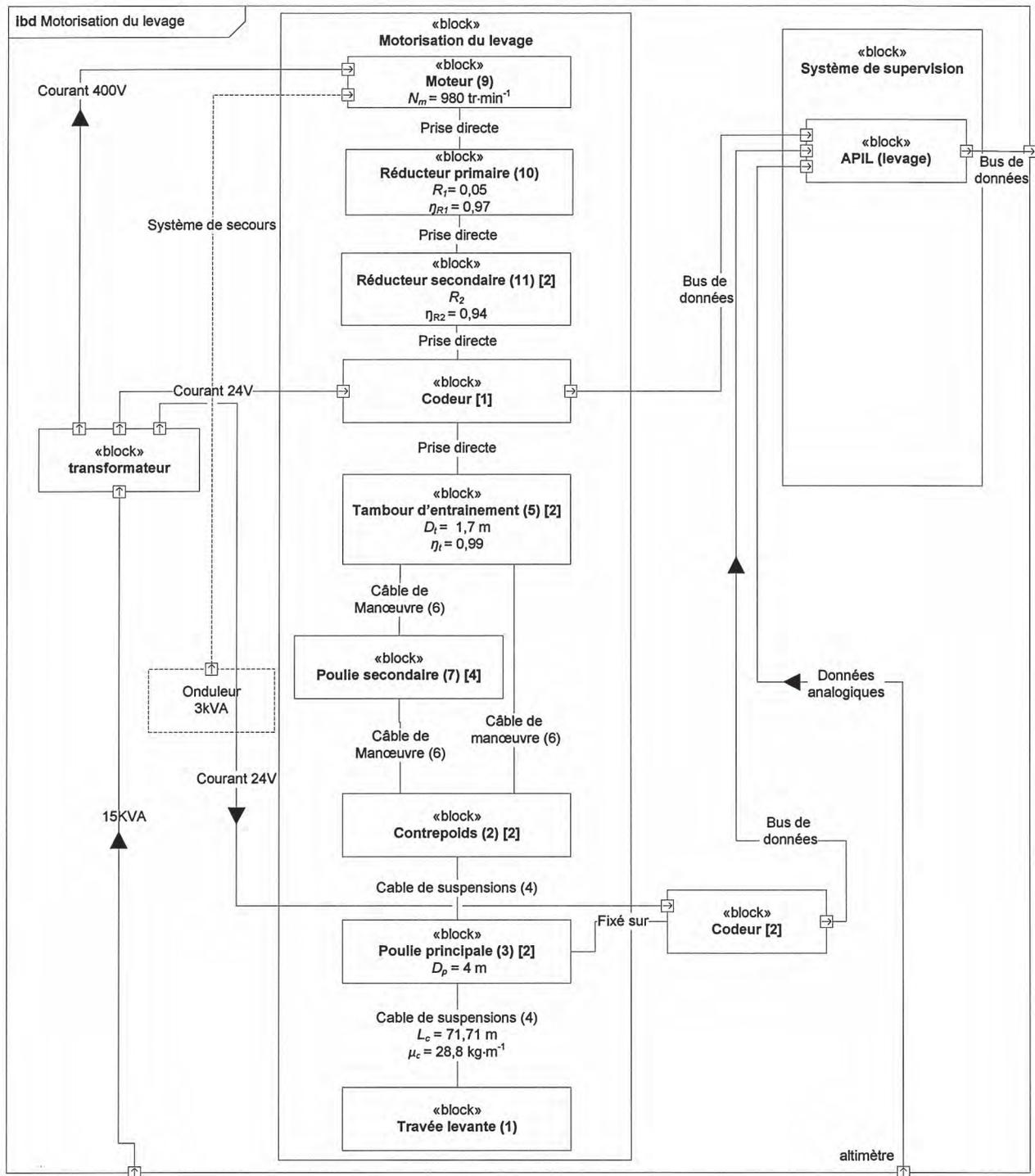
**Document technique DT3 :**  
**solution n°2, système de levage à deux brins et simple**  
**entraînement**



**Description :**

- la poulie secondaire (7) et le contre poids (2) sont en liaison pivot parfaite d'axe  $(B, \vec{z})$  ;
- le tambour d'entraînement (5) et le pylône (8) sont en liaison pivot parfaite d'axe  $(A, \vec{z})$  ;
- la poulie (3) et le pylône (8) sont en liaison pivot parfaite d'axe  $(F, \vec{z})$  ;
- le câble de suspension (4) est en liaison complète au point D avec le contre poids (2) et au point H avec la travée (1) ;
- le câble de manœuvre à deux brins (6 bis) est en liaison rotule de centre C avec le pylône (8).

# Document technique DT4 : diagramme de bloc interne d'une des deux chaînes d'énergie de manoeuvre



## Document technique DT5 : Moteur

Characteristic		
<b>Moteur 110 kW</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Output: <b>110 kW</b></li> <li>● Poles: <b>6</b></li> <li>● Frequency: <b>50 Hz</b></li> <li>● Torque: <b>1067 Nm</b></li> <li>● Voltage: <b>380/660 V</b></li> <li>● Frame: <b>315S/M</b></li> <li>● RPM: <b>985</b></li> <li>● In: <b>208/120 A</b></li> <li>● Efficiency (100%): <b>94.3</b></li> <li>● Power factor (100%): <b>0.85</b></li> <li>● Insulation: <b>F</b></li> <li>● Noise: <b>69 dB(A)</b></li> <li>● No load current: <b>75.0/43.2 A</b></li> <li>● Il / In: <b>6.4</b></li> </ul>		
Output HP	Frame	In (A) 380/660 V
110 kW	315S/M	208/120 A
		Il / In
		6.4
		Cp / Cn
		210 %
		Cm / Cn
		220 %
<b>Moteur 132 kW</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Output: <b>132 kW</b></li> <li>● Poles: <b>6</b></li> <li>● Frequency: <b>50 Hz</b></li> <li>● Torque: <b>1287 Nm</b></li> <li>● Voltage: <b>380/660 V</b></li> <li>● Frame: <b>315S/M</b></li> <li>● RPM: <b>980</b></li> <li>● In: <b>247/142 A</b></li> <li>● Efficiency (100%): <b>94.4</b></li> <li>● Power factor (100%): <b>0.86</b></li> <li>● Insulation: <b>F</b></li> <li>● Noise: <b>69 dB(A)</b></li> <li>● No load current: <b>95.0/54.7 A</b></li> <li>● Il / In: <b>6.3</b></li> </ul>		
Output HP	Frame	In (A) 380/660 V
132 kW	315S/M	247/142 A
		Il / In
		6.3
		Cp / Cn
		190 %
		Cm / Cn
		200 %
<b>Moteur 160 kW</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Output: <b>160 kW</b></li> <li>● Poles: <b>6</b></li> <li>● Frequency: <b>50 Hz</b></li> <li>● Torque: <b>1544 Nm</b></li> <li>● Voltage: <b>380/660 V</b></li> <li>● Frame: <b>355M/L</b></li> <li>● RPM: <b>990</b></li> <li>● In: <b>304/175 A</b></li> <li>● Efficiency (100%): <b>95.2</b></li> <li>● Power factor (100%): <b>0.84</b></li> <li>● Insulation: <b>F</b></li> <li>● Noise: <b>73 dB(A)</b></li> <li>● No load current: <b>115/66.2 A</b></li> <li>● Il / In: <b>6.2</b></li> </ul>		
Output HP	Frame	In (A) 380/660 V
160 kW	355M/L	304/175 A
		Il / In
		6.2
		Cp / Cn
		170 %
		Cm / Cn
		190 %

## Document technique DT6 : variateur Altivar 71

Données techniques pour les armoires ATV71EXC● et ATV71EXS5			
Type		ATV71EX●● D90N4	C11N4
Dispositif standard intégré		ATV71HD90N4	ATV71HC11N4
<b>Données nominales</b>			
Puissance moteur			
$P_N$ [kW]	$U_N = 400$ V	90	110
Courant de sortie continu			
$I_N$ [A]	$U_N = 400$ V	179	215
Courant maximum pendant 60 s toutes les 10 min			
$I_{MAX}$ [A]	$U_N = 400$ V	269	323
<b>Entrée</b>			
Courant d'entrée			
$I_{ENTRÉE}$ [A]	$U_N = 400$ V	159	194
Puissance apparente continue			
$S_N$ [kVA]	$U_N = 400$ V	109	133
<b>Résistance de freinage externe</b>			
$P_{CONT}/P_{MAX}$ [kW]		70/135	85/165
$R_{MIN}$ [Ω]		2,5	2,1
<b>Caractéristiques</b>			
Efficacité [%]		≥ 97,0	≥ 97,0
Pertes de puissance [W]	à $I_N$	2590	2950
Masse nette/brute [kg]			
ATV71EXC2●●●N4		275/315	275/315
ATV71EXC5●●●N4		285/325	285/325
ATV71EXS5●●●N4		270/310	270/310
<b>Conditions ambiantes</b>			
Volume d'air de refroidissement [m <sup>3</sup> /h]	EXC2 / EXC5 / EXS5	400 / 400 / 500	600 / 600 / 700
Niveau de pression sonore [dB(A)]	EXC2 / EXC5 / EXS5	64 / 65 / 64	64 / 65 / 64
Courant de court-circuit réseau [kA] *)	EXC2 / EXC5 / EXS5	100 / 100 / 50	100 / 100 / 50

\*) ... Ces valeurs sont uniquement valides si le dispositif est équipé de fusibles d'entrée, voir le chapitre « Fusibles et sections de câble ».

Type		ATV71EX●● C13N4	C16N4
Dispositif standard intégré		ATV71HC13N4	ATV71HC16N4
<b>Données nominales</b>			
Puissance moteur			
$P_N$ [kW]	$U_N = 400$ V	132	160
Courant de sortie continu			
$I_N$ [A]	$U_N = 400$ V	259	314
Courant maximum pendant 60 s toutes les 10 min			
$I_{MAX}$ [A]	$U_N = 400$ V	389	471
<b>Entrée</b>			
Courant d'entrée			
$I_{ENTRÉE}$ [A]	$U_N = 400$ V	229	277
Puissance apparente continue			
$S_N$ [kVA]	$U_N = 400$ V	157	190
<b>Résistance de freinage externe</b>			
$P_{CONT}/P_{MAX}$ [kW]		100/200	120/240
$R_{MIN}$ [Ω]		1,75	1,75
<b>Caractéristiques</b>			
Efficacité [%]		≥ 97,3	≥ 97,3
Pertes de puissance [W]	à $I_N$	3450	4130
Masse nette/brute [kg]			
ATV71EXC2●●●N4		295/335	310/350
ATV71EXC5●●●N4		305/345	320/360
ATV71EXS5●●●N4		295/335	305/345
<b>Conditions ambiantes</b>			
Volume d'air de refroidissement [m <sup>3</sup> /h]	EXC2 / EXC5 / EXS5	600 / 600 / 750	800 / 800 / 950
Niveau de pression sonore [dB(A)]	EXC2 / EXC5 / EXS5	64 / 65 / 72	64 / 65 / 72
Courant de court-circuit réseau [kA] *)	EXC2 / EXC5 / EXS5	100 / 100 / 50	100 / 100 / 50

\*) ... Ces valeurs sont uniquement valides si le dispositif est équipé de fusibles d'entrée, voir le chapitre « Fusibles et sections de câble ».

## Document technique DT7 : Codeurs

### codeurs installés sur les tambours d'entraînement

#### CODEURS ABSOLUS MULTI-TOURS CANOPEN, SERIE PHU9



PHU9 90mm, la nouvelle génération de codeur absolu multitour interface CANopen:

- Version axe traversant Ø 30mm, bagues de réduction d'axe disponibles.
- Robustesse et bonne tenue aux chocs et vibrations.
- Hautes performances en température -20 °C à 80 °C (option -30°C).
- Circuits électroniques universels de 5 Vdc / 30 Vdc.
- Hautes résolutions disponibles 8192 (13 bits de résolution).
- Comptage des tours jusqu'à 65 536 (16 bits).
- Voies incrémentales disponibles en option.
- Disponible en version SSI, Profibus et RS232.

CANopen

DS 301 V4.02  
DS 406 V3.1



#### CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

Alimentation	5 – 30Vdc
Mise en fonction	< 1 s
Consommation à vide	< 50mA (à 24Vdc)
Précision	± ½ LSB (13 bits)

### codeurs installés sur les poulies principales (3)

#### ABSOLUTE MULTITURN ENCODERS, MHM5 SERIE, MODBUS – TCP/IP

Description	Type Key							
Reference	<b>MHM5-</b>	<b>EM</b>	--	B -	--	--	--	PRM
Interface	Modbus	<b>EM</b>						
Version	2 x M12		<b>00</b>					
	Integrated hub, 3xM12		<b>A1</b>					
Code	Binary			<b>B</b>				
Revolutions (Bits)	Singleturn				<b>00</b>			
	Multiturn (4096 revolutions)				<b>12</b>			
	Multiturn (16384 revolutions)				<b>14</b>			
Steps per revolution (Bits)	4096				<b>12</b>			
	8192				<b>13</b>			
	65536				<b>16</b>			
Flange	Clamp flange					<b>C</b>		
	Synchro flange					<b>S</b>		
Shaft diameter	10 mm						<b>10</b>	
	06 mm						<b>06</b>	
Mechanical options	Without							<b>0</b>
	Shaft sealing (IP66)							<b>S</b>
	Customized							<b>C</b>
Connection	Radial M12 connector							<b>PRM</b>

## Document technique DT8 : structure de la trame écoutée

<b>0000</b>	02 1a 11 f5 86 67 e8 39	df 93 1c c2 08 00 45 00	.....g.9 .....E.
<b>0010</b>	00 2a bf 4c 00 00 80 01	20 fb ac 1c 01 13 ac 1c	.*.L.....
<b>0020</b>	01 40 08 00 a8 88 b9 48	ae 3b 43 41 50 45 54 5f	..@.....H ;CAPET_
<b>0030</b>	53 49 49 5F 32 30 31 34		SII_2014

Trame éthernet2				
Destination		Source		Type IP
<i>6 octets</i>		<i>6 octets</i>		<i>2 octets</i>
Protocole IP				
<i>Vers IP</i>	<i>Longueur de l'entête</i>	<i>Type de service</i>	<i>Longueur totale</i>	
<i>1 octet</i>		<i>1 octet</i>	<i>2 octets</i>	
<i>Identification</i>			<i>indicateur</i>	<i>Fragment offset</i>
<i>2 octets</i>			<i>2 octets</i>	
<i>Durée de vie</i>		<i>Protocole</i>	<i>Somme de contrôle de l'entête</i>	
<i>2 octets</i>			<i>2 octets</i>	
<i>Adresse source</i>				
<i>4 octets</i>				
<i>Adresse destination</i>				
<i>4 octets</i>				
<i>Option(s) + remplissage</i>				
<i>Données</i>				



# Document Réponse DR1

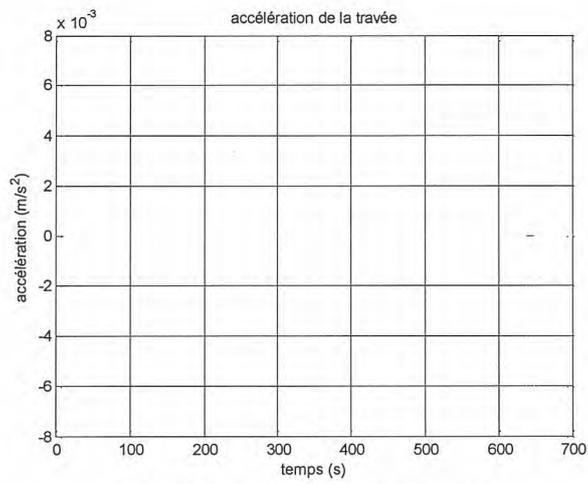


Figure 5-2a – accélération référence

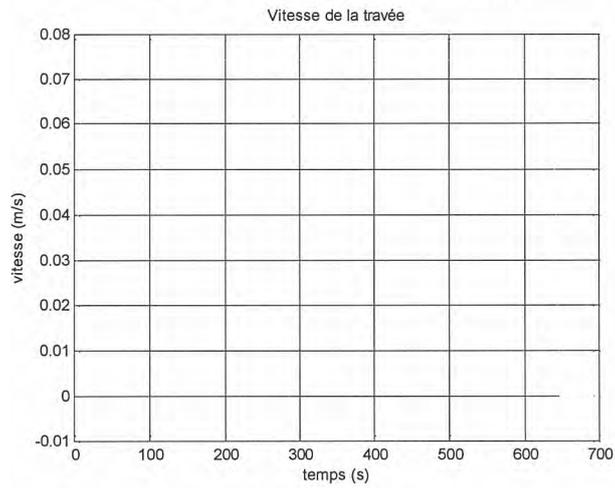


Figure 5-2b – Vitesse référence

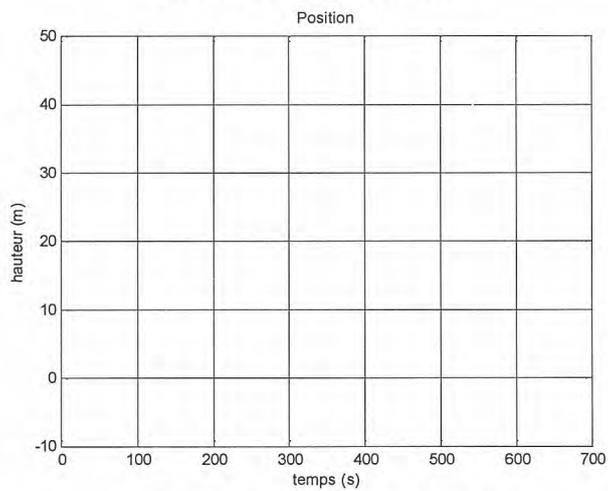


Figure 5-2c – Position référence