

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

Série S - Sciences de l'ingénieur

## Composition écrite de Sciences de l'Ingénieur

ETUDE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

Durée 4 heures, coefficient 4.

Sont autorisés les calculatrices électroniques et le matériel nécessaire à la représentation graphique.  
Aucun document n'est autorisé.

# Le ROBOCOASTER de l'animation « Danse avec les robots »



### SOMMAIRE :

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Présentation :         | pages 2 à 4   |
| Travail demandé :      | pages 5 à 10  |
| Documents techniques : | pages 11 à 17 |
| Documents réponses :   | pages 18 à 20 |

### CONSEIL AU CANDIDAT :

La phase d'appropriation du système passe par la lecture attentive de l'ensemble du sujet. Il est conseillé de consacrer environ 20 minutes à cette phase de découverte.

# Présentation du système

## 1 – Le besoin

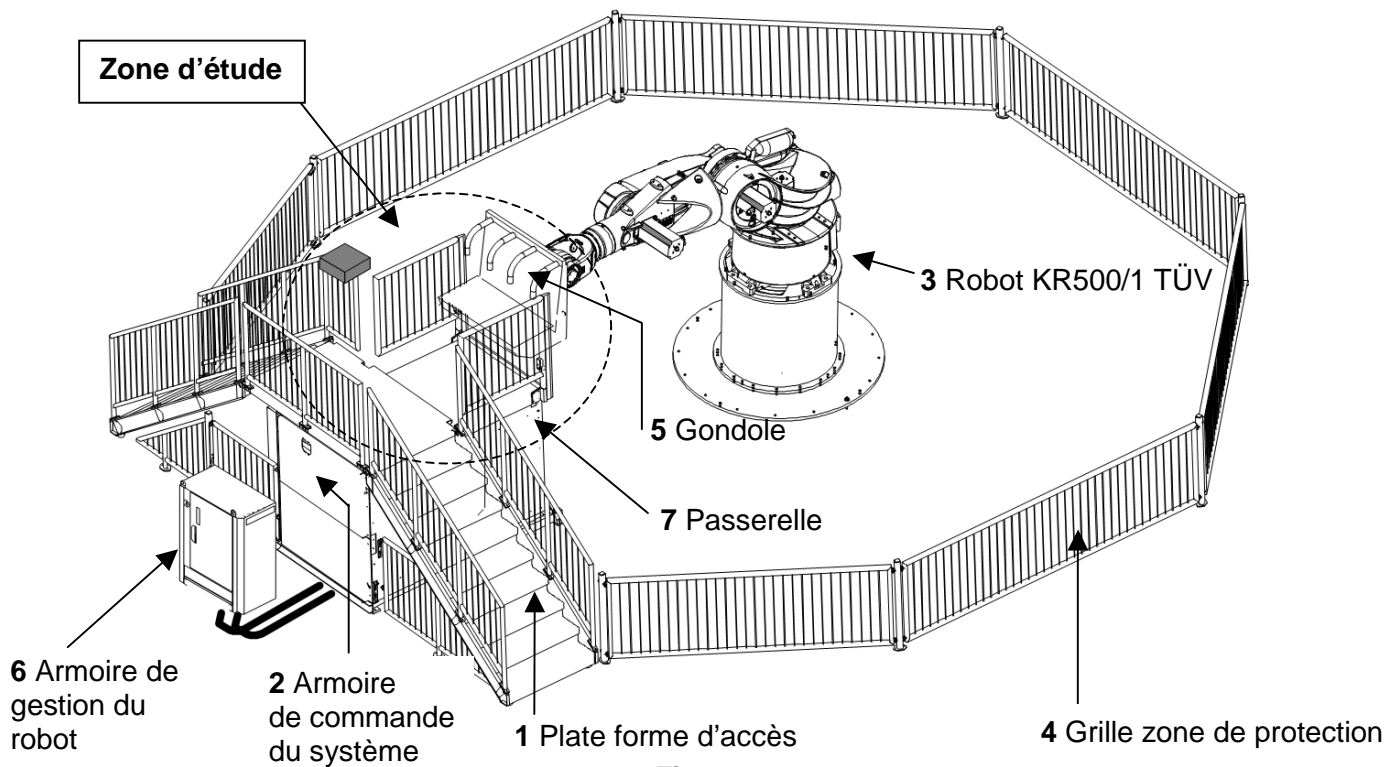
Le site du FUTUROSCOPE, près de POITIERS, propose l'attraction : « DANSE AVEC LES ROBOTS ».

Cette attraction spectacle (soumise à des conditions de santé) met en scène dix robots pour une chorégraphie. Chaque robot, accueille à son bord deux passagers placés dans des sièges articulés appelés gondoles.

Ces robots sont adaptés de l'industrie automobile. Ils tournent autour de six axes et composent d'innombrables combinaisons de mouvements. Capables d'accélération proches de 3 g, ils peuvent transporter 500 kg de charge.

## 2 – Description de la zone d'étude

Chaque robot a une zone de travail protégée où personne ne doit pénétrer durant l'animation.



**Fig. 1**

L'étude concerne la zone d'embarquement et de débarquement indiquée ci-dessus.

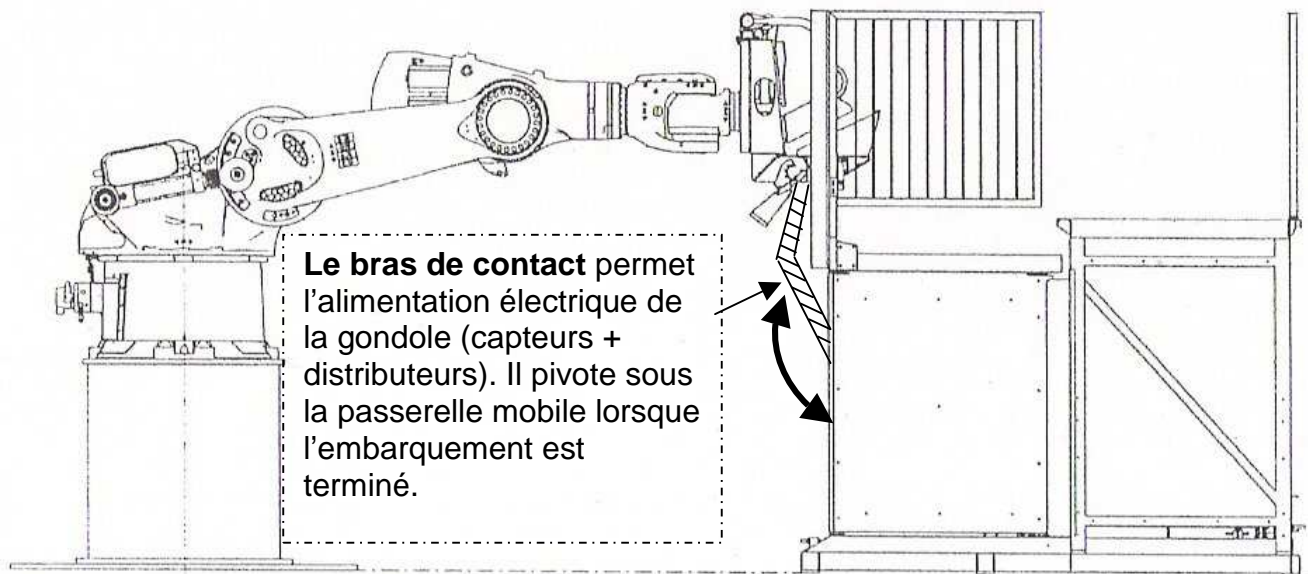
Cette zone d'étude est composée de la gondole (5), d'une passerelle fixe (7a) et d'une passerelle mobile (7b) décrites par la fig.2 en page 11.

La passerelle mobile permet aux passagers d'accéder à la gondole et assure le dégagement de la zone de travail du robot durant l'animation.

### 3 – Le cycle de fonctionnement (se référer aux documents techniques n°1 et n°2)

#### *Embarquement des passagers*

- Le robot est placé en position d'attente de chargement appelée « Home position », voir fig.3.

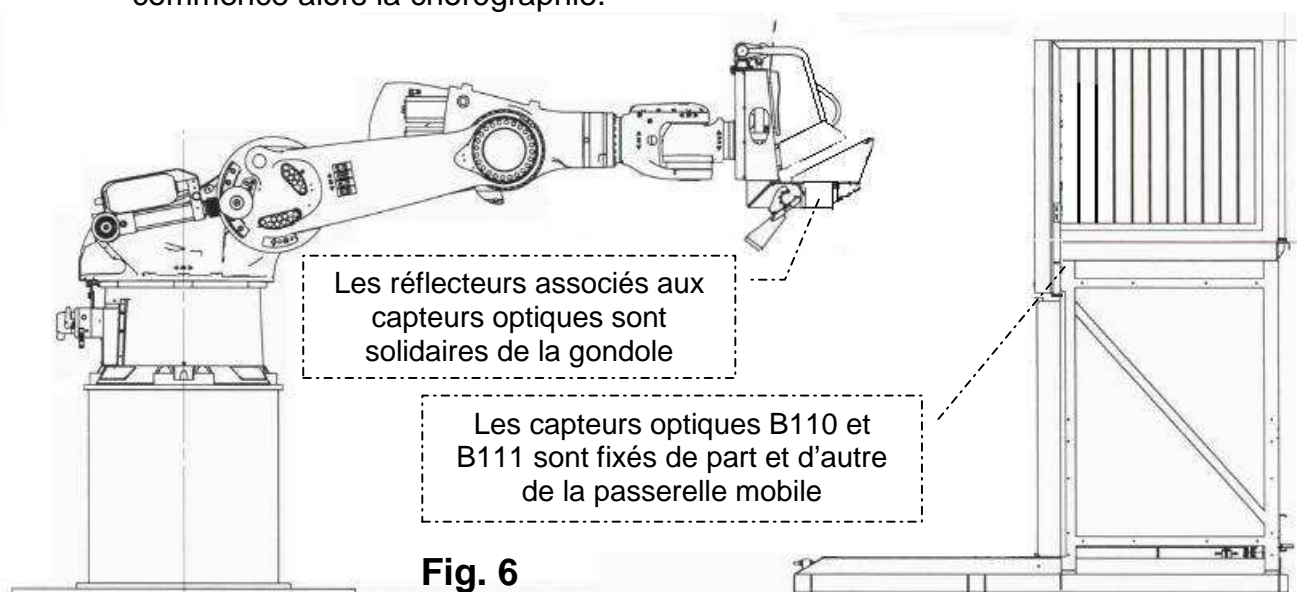


**Fig.3**

- Les passagers accèdent à la gondole par la passerelle mobile initialement sortie.
- Assis dans les sièges, chaque passager abaisse son harnais de sécurité (voir fig.4 page 12). La fermeture des deux harnais est obligatoire.
- Le maintien en position fermée des harnais est assuré par les clapets anti-retour (voir schéma du circuit hydraulique, voir document technique n°6 page 16).

#### *Lancement de l'animation*

- Après vérifications de certains paramètres de sécurité, l'hôtesse lance l'animation.
- Le bras de contact se déconnecte de la gondole, celle-ci n'est alors plus alimentée électriquement.
- Le motoréducteur M1 (voir document technique n°3 page 13) effectue alors le retrait de la passerelle mobile jusqu'à la détection effectuée par le capteur S8. Le robot commence alors la chorégraphie.



**Fig. 6**

### *Débarquement des passagers*

- A la fin de son animation, le robot revient se placer en « Home Position ».
- Le motoréducteur M1 fait ressortir la passerelle mobile jusqu'à ce que le capteur S5 soit activé.
- Les capteurs optiques (B110 et B111, voir fig.6 page 3) permettent le contrôle du bon positionnement de la gondole vis-à-vis de la passerelle.
- Le bras de contact se déploie et rétablit l'alimentation électrique de la gondole. Les 4 distributeurs (XG-Y1 à XG-Y4) étant alimentés, les harnais remontent et libèrent les passagers.

### **Compléments d'information pour la sécurité des passagers**

- La passerelle mobile est équipée de 5 bords sensibles (voir document technique n°3, page 13).
- Un limiteur de couple est installé sur le motoréducteur M1.
- La passerelle mobile est verrouillée dans ses deux positions par l'intermédiaire d'un électro-aimant Y50 (voir document technique n°1, page 11).

## **4 – Contraintes du cahier des charges fonctionnelles**

- C1** : Afin de limiter l'attente des passagers, la sortie de la passerelle mobile ainsi que son retrait ne doivent pas excéder 8s.
- C2** : En approche de débarquement, les jambes des passagers doivent être protégées contre le risque de choc et/ou de pincement. Afin de limiter ce risque, la vitesse maximale d'approche ne doit pas dépasser 0,3m/s.
- C3** : Le mouvement de la passerelle doit être interrompu si un effort supérieur à 150N est détecté par les bords sensibles.
- C4** : Le déplacement de la passerelle doit être :
- impossible
    - a) si le robot n'est pas en « home position ».
    - b) si la gondole est mal positionnée.
  - impérativement stoppé
    - c) si une porte d'armoire de commande est ouverte,
    - d) si un arrêt d'urgence est actionné,
    - e) si la passerelle rencontre un obstacle.
- C5** : A la suite d'une interruption de fonctionnement, le déplacement de la passerelle mobile doit être possible manuellement.
- C6** : Un système de verrouillage doit bloquer la passerelle mobile en position retrait et en position sortie.
- C7** : Pour des raisons de sécurité, les passagers doivent être maintenus dans leur siège durant toute la durée de l'attraction. Pour cela les harnais ne doivent pas pouvoir s'ouvrir durant l'attraction.
- C8** : L'effort que doit fournir le passager pour fermer son harnais ne doit pas dépasser 250N.

# TRAVAIL DEMANDE

## Objectif général

Vérifier certaines conditions de sécurité liées à l'accueil des passagers.

### 1<sup>ère</sup> partie : identifier certaines solutions constructives du système passerelle mobile

On donne l'organisation fonctionnelle de la passerelle

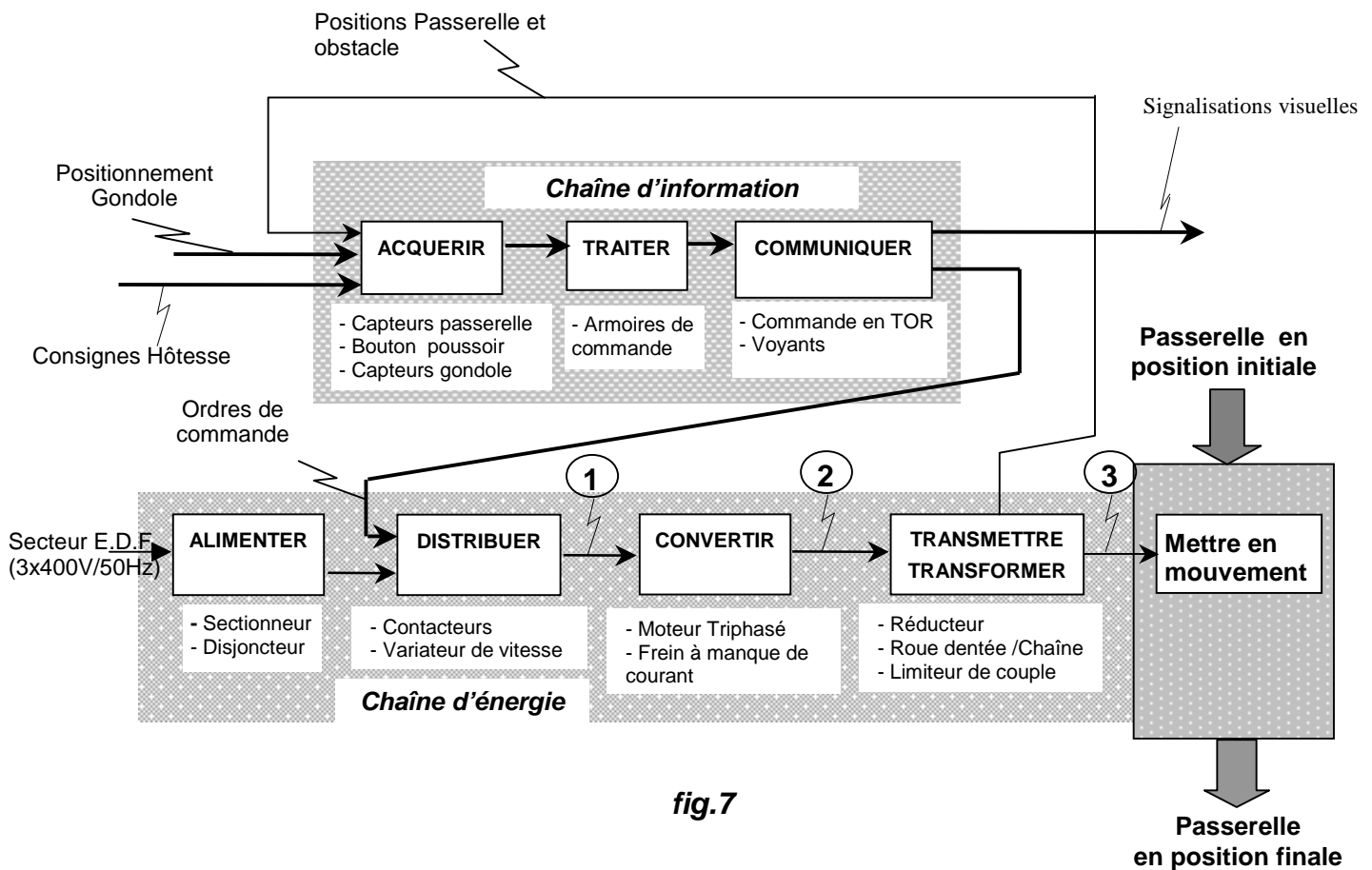


fig.7

### Question 1 (Sur feuille de copie)

A partir des documentations techniques n°1 et n°3, page 11 et 13, indiquer les caractéristiques des énergies aux points 1, 2 et 3 de la fig.7.

### Question 2 (Sur le document réponse n°1, page 18)

A partir des documentations techniques n°1 et n°3, page 11 et 13, compléter les solutions constructives du F.A.S.T.

## 2<sup>ème</sup> partie : vérifier que la contrainte C4 du Cahier des charges fonctionnel est respectée.

### Question 3 (Sur feuille de copie)

Le contacteur K12 permet l'alimentation du variateur de vitesse, donc la mise sous tension du moteur de la passerelle.

- Déterminer son équation logique (voir document technique n°4, page 14).

En fonctionnement normal K22 est ouvert.

- Lister les événements devant provoquer un arrêt de la passerelle.

### Question 4 (Sur feuille de copie)

Lorsque le variateur de vitesse est alimenté, il peut fournir l'énergie nécessaire au moteur afin d'assurer sa mise en rotation. Pour cela, il doit y être autorisé. L'autorisation est le résultat d'une combinaison logique de plusieurs contacts.

A partir de la documentation technique n°4, page 14 ; déterminer l'équation logique de l'entrée d'autorisation «*aut*» du variateur de vitesse.

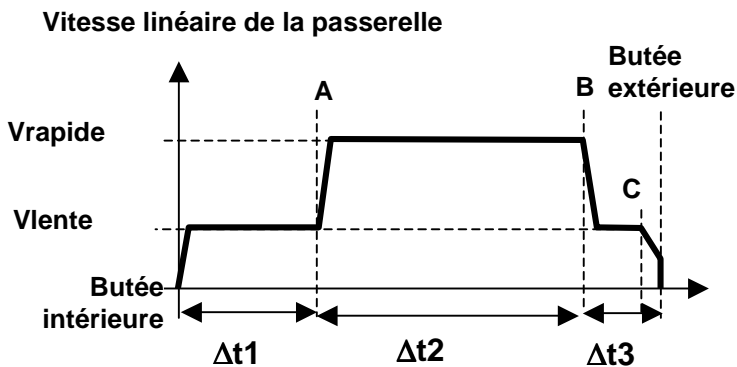
### Question 5 (Sur feuille de copie)

- Justifier que chaque point relatif à la contrainte C4 est bien vérifié.

## 3<sup>ème</sup> partie : vérifier que les contraintes C1, C2, C3 du Cahier des charges fonctionnel sont respectées lors d'un déplacement de la passerelle.

La sortie de la passerelle mobile s'effectue en plusieurs phases

- démarrage et déplacement en vitesse lente jusqu'au point A.
- déplacement en vitesse rapide jusqu'au point B.
- déplacement en vitesse lente jusqu'au point C.
- déplacement en «*roue libre*» jusqu'en butée extérieure.



Vitesse lente :  $V_{lente} = 100 \text{ mm/s}$   
Vitesse rapide :  $V_{rapide}$  (à déterminer)

$\Delta t_1 = 2 \text{ s}$  et  $\Delta t_3 = 1 \text{ s}$

Les points A et B ainsi que les butées sont associés à des capteurs.

Les durées d'accélération et de décélération **sont négligées**.

la roue dentée motrice a un diamètre primitif de 77 mm.

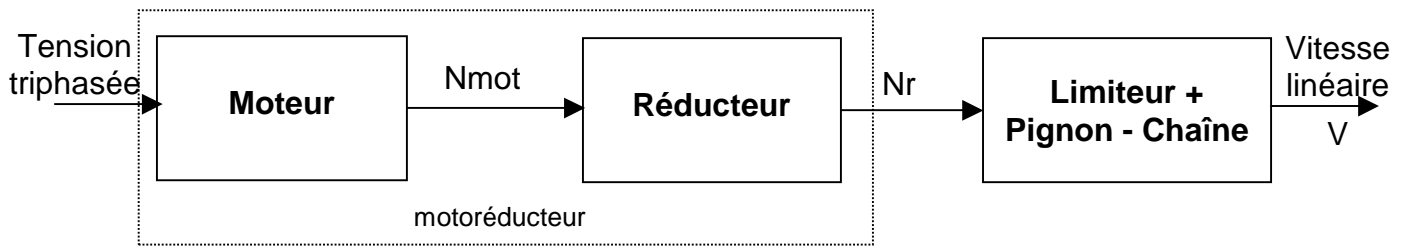
### Question 6 (Sur feuille de copie)

Voir documentation technique n°3 page 13.

Déterminer la valeur de la vitesse rapide  $V_{rapide}$  de la passerelle afin de respecter la contrainte C1 du cahier des charges.

Quel est l'élément qui permet de respecter la contrainte C2.

Pour simplifier l'étude de la chaîne d'énergie, on utilisera le synoptique suivant :



### Question 7 (Sur feuille de copie)

Déduire des vitesses  $V_{rapide}$  et  $V_{lente}$ , les fréquences de rotation  $N_{r_{rapide}}$  et  $N_{r_{lente}}$  (en tr/min) à la sortie du réducteur.

A partir de la plaque signalétique du motoréducteur et de la documentation technique des motoréducteurs SEW qui est donnée sur le document technique n°5 page 15, déduire les fréquences de rotation  $N_{mot_{rapide}}$  et  $N_{mot_{lente}}$  du moteur.

### Question 8 (Sur feuille de copie)

Le limiteur de couple, de type ECH pour transmission par chaîne, possède une plage de réglage entre 2 et 1000 N.m. On considère qu'un effort de 150 N dans la chaîne doit provoquer le patinage du limiteur de couple.

Déterminer dans ce cas le couple de patinage du limiteur.

Le concepteur du système a choisi :  $N_{mot_{rapide}} = 1107$  tr/min et  $N_{mot_{lente}} = 427$  tr/min.

### Question 9 (Sur feuille de copie)

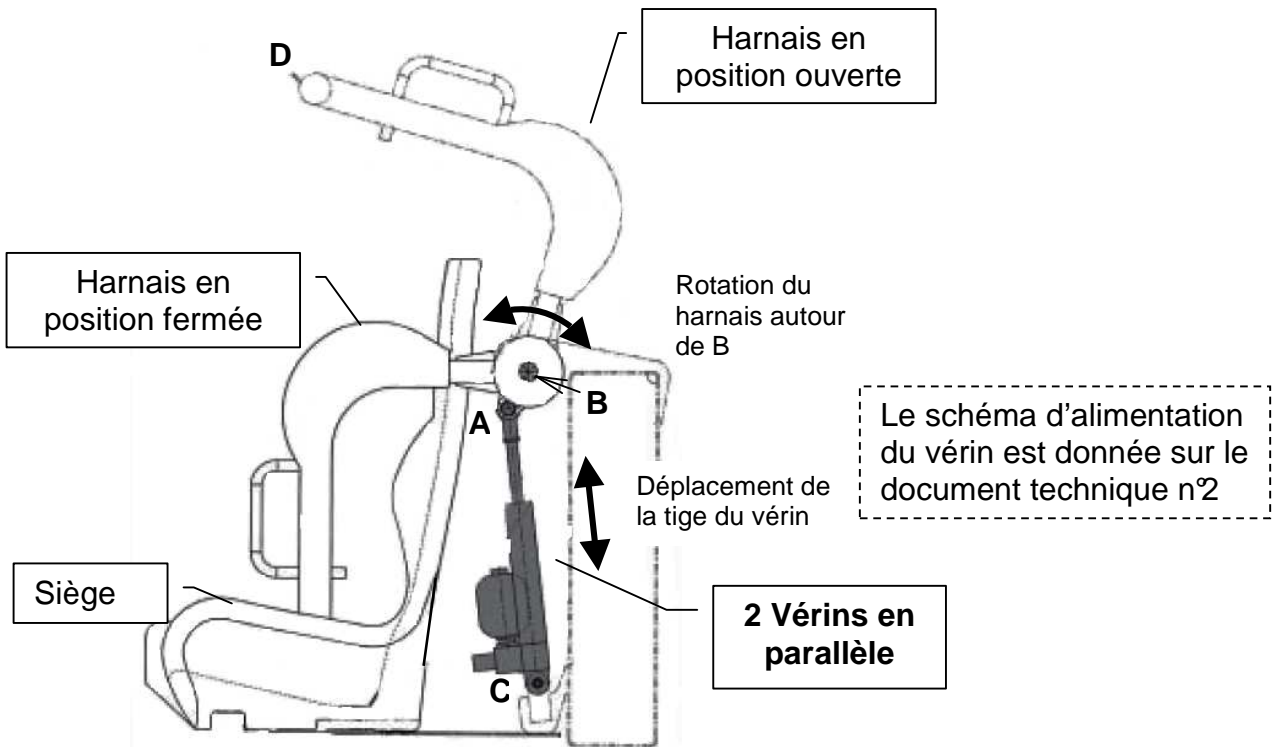
Les fréquences du variateur de vitesse sont programmables.

A partir de la plaque signalétique du motoréducteur (sur la documentation technique n°5, page 15), calculer les valeurs des fréquences de sorties du variateur de vitesse permettant d'obtenir  $N_{mot_{rapide}}$  et  $N_{mot_{lente}}$ .

On admettra un glissement constant de 10 %.

**4<sup>ème</sup> partie : valider les conditions de sécurité du passager embarqué sur un siège de la gondole (C7 et C8)**

Description du harnais et de son fonctionnement



**Question 10 (Sur document réponse n°2, page 19)**

A partir du schéma hydraulique et de la librairie, document technique n°6, page 16 :

- **Phase 1** (système au repos, harnais relevé) :  
Identifier sur le schéma les différents éléments du circuit
- **Phase 2** (le distributeur est non alimenté, la fermeture du harnais fait rentrer la tige du vérin) :  
Flécher les circulations de fluide et décrire l'action de l'accumulateur sur le circuit.
- **Phase 3** (le distributeur est alimenté) :  
Flécher les circulations de fluide et décrire l'action de l'accumulateur sur le circuit.  
Dessiner la position finale de la tige du vérin.

**Question 11 (Sur feuille de copie)**

Quel est le composant qui garantit que la contrainte C7 est assurée ?  
Expliquer son action



Au cours de l'animation, le corps du passager exerce un effort sur le harnais de 3000 N. Cet effort tend à ouvrir le harnais et donc à augmenter la pression dans les 2 vérins montés en parallèle.

Il convient donc de vérifier que cette pression est acceptable par les vérins (pression maximale conseillée par le constructeur : 20 MPa soit 200 bars)

### Hypothèses

- Les liaisons sont parfaites.
- On considère que l'action des vérins est assimilable à un seul effort ramené dans le plan (o, x, y)
- Le poids des pièces est négligé.

### Question 12 (Sur feuille de copie et document réponse n°3, page 20)

- Indiquer le nom des liaisons aux points A, B et C.
- Tracer le support de l'action des tiges de vérin sur le harnais. Justifier cette direction.
- Isoler le harnais et en appliquant le Principe Fondamental de la Statique par une construction graphique, en déduire l'effort qu'exerce le harnais sur les tiges de vérin au point A.

### Question 13 (Sur feuille de copie)

En déduire la pression dans la chambre de chaque vérin sachant que le diamètre du piston est de 32mm et le diamètre de la tige est de 20mm.

Cette pression est-elle acceptable ?

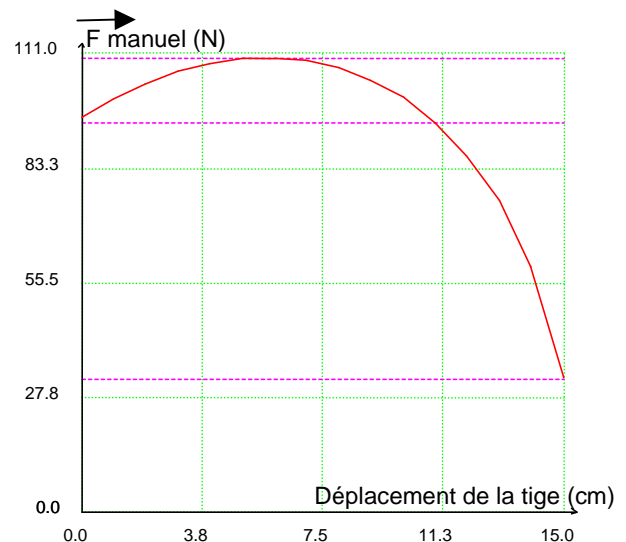
La manipulation du harnais lors de sa fermeture ne doit pas réclamer un effort supérieur à 250 N (donnée ergonomique).

Cet effort varie au cours de la manœuvre.

Une simulation avec un logiciel permet de connaître l'évolution de cet effort.

La courbe ci-contre concerne l'effort à fournir lors de la fermeture du harnais en fonction de la rentrée de la tige du piston d'un seul vérin.

Valeur mini ordonnée = 32.249920  
Valeur moyenne ordonnée = 94.096608  
Valeur maxi ordonnée = 110.085600



### Question 14 (Sur feuille de copie)

- Relever la valeur extrême de l'effort manuel la plus défavorable lors de la manutention.
- La contrainte C8 est-elle respectée ? Si oui, avec quel coefficient de sécurité ?

## 5ème partie : Identifier certaines caractéristiques du réseau de communication.

La topologie du système est représentée sur le document technique n°7, page 17.

Le site est configuré de la façon suivante :

- 10 robots avec pour chacun une armoire de gestion,
- 10 passerelles avec pour chacune une armoire de commande,
- 1 armoire dédiée à la gestion de l'animation (choix programme, son, photos numériques, projections d'images, ventilations, lumières, etc..) qui est pilotée par un PC,
- 3 PC de supervision de l'animation.

Les supports de communications sont de deux types :

- un bus de terrain utilisant le protocole Profibus Maître/Esclave,
- un réseau de type Ethernet reliant les PC.

### Question 15 (*Sur feuille de copie*)

- Déterminer l'adresses IP de sous réseaux pour SRA et SRB. Le masque de sous réseau est 255.255.255.240.
- Déterminer pour chacun, leur adresse de diffusion.

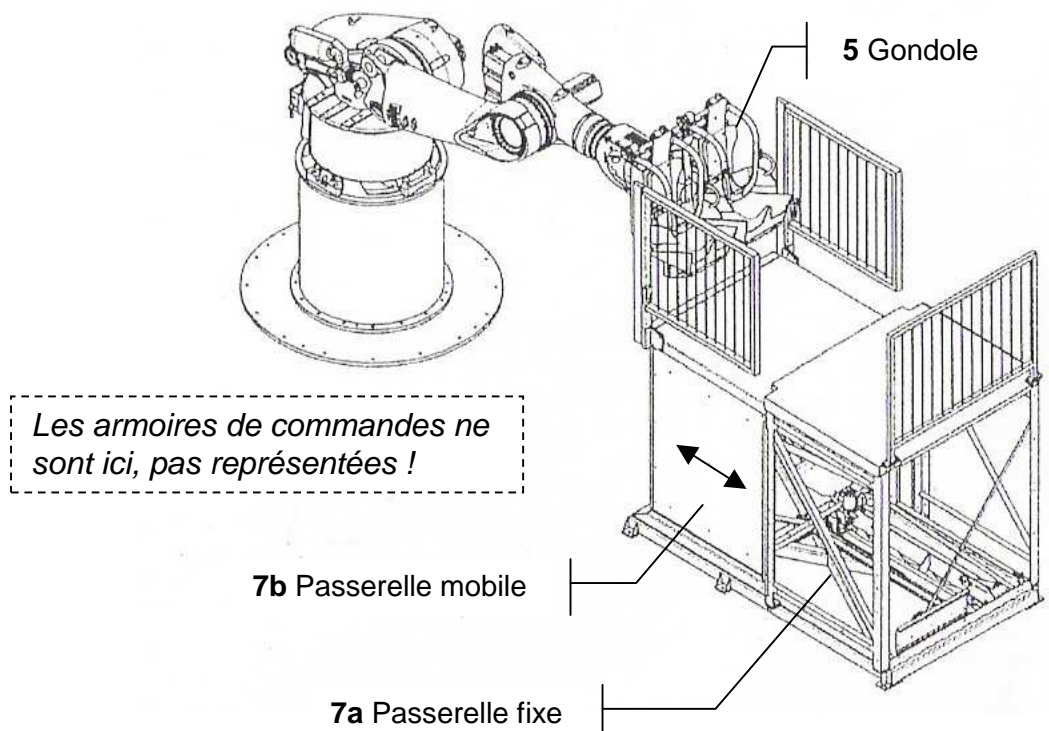
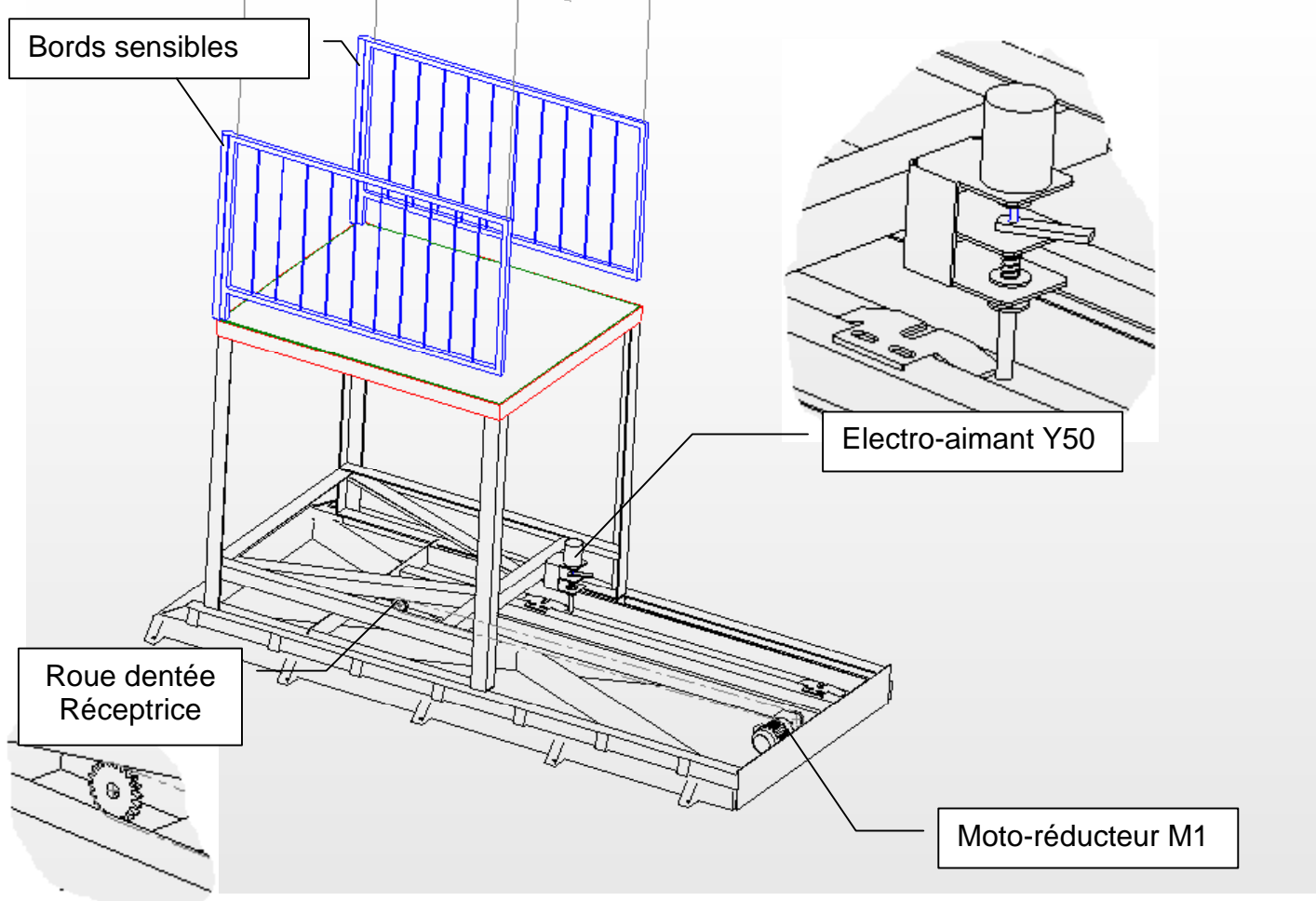


Fig.2

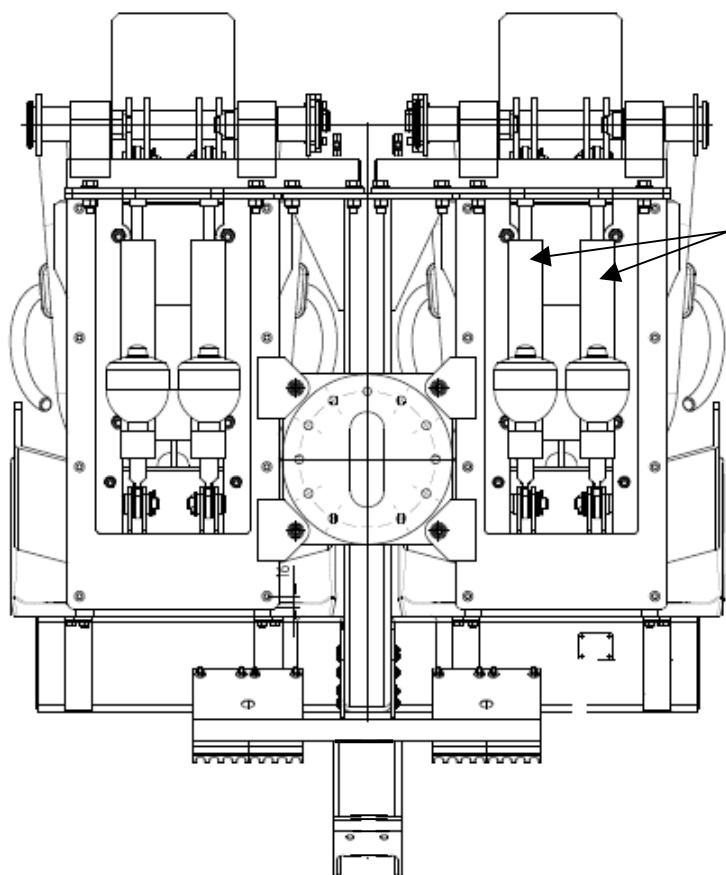
Vue isolée de la passerelle mobile



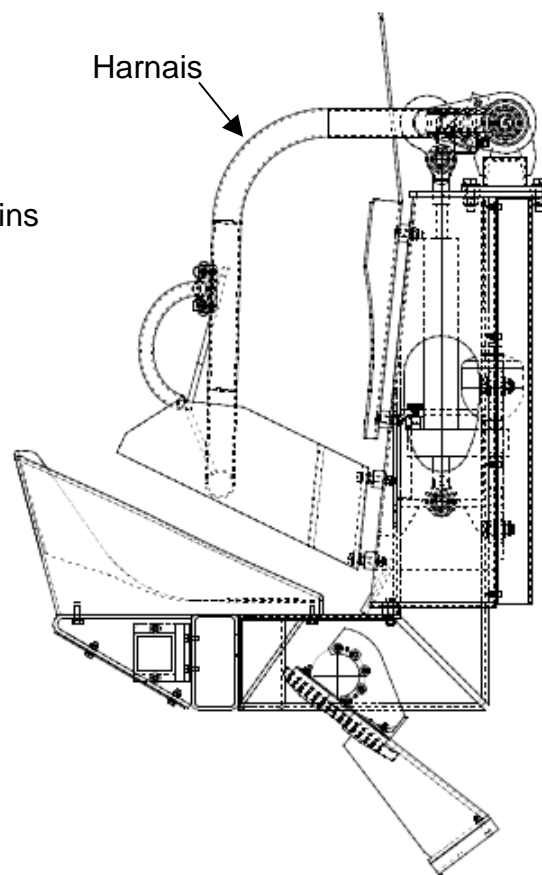
Dessin d'ensemble de la gondole

Vue arrière de la Gondole

Vue de gauche



Vérins



Harnais

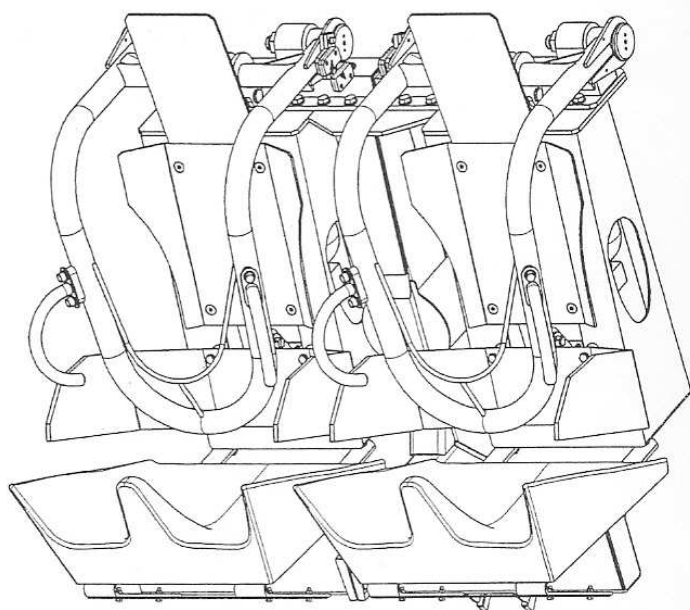
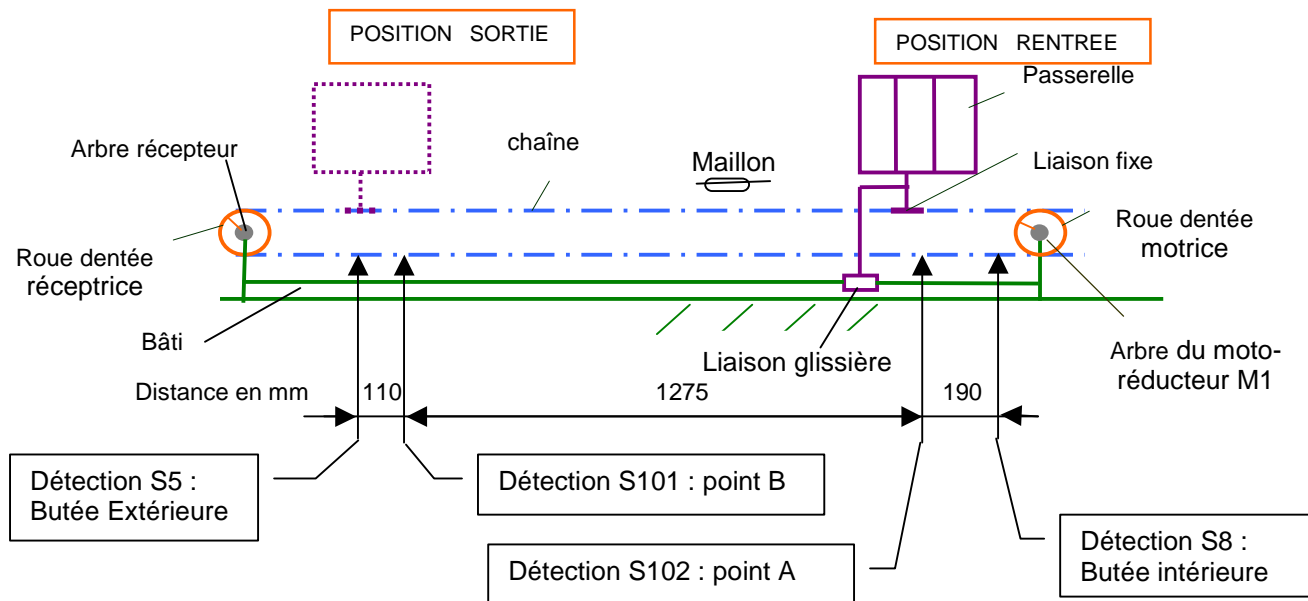


Fig.4

# Document technique n°3

## Schéma cinématique de la passerelle



### Identifications des détecteurs

Référence pour S5 et S8 : **NZ1RK-528-MC 1912** (Normalement ouvert)

Référence pour S101 et S102 : **IF 6015**

### SLNC II : Bords sensibles MAYSER

#### Applications :

Les bords sensibles type SL/NC II sont des capteurs tactiles pour détecter la présence de personnes ou d'objets. Ils sont utilisés pour écarter tout risque d'écrasement ou de cisaillement.

#### Exemples :

- Sécurisation de portes et portails automatisés
- Détection d'obstacle et de personnes pour transbordeurs et véhicules autoguidés

#### Principe de fonctionnement :

Le capteur est composé d'une chaîne de contacts à l'intérieur d'un profil en caoutchouc. Cette chaîne, composée de contacts à ouverture mises en série, s'ouvre en sollicitant le bord sensible.

#### Caractéristiques techniques :

Capteur : *Chaîne de contacts à ouverture forcée*

Niveau de sécurité : *Norme EN 954 Catégorie 3*

Degré de protection : *IP65 (IP67 en option).....*

Température d'utilisation : *-15 °C à +60 °C ...*

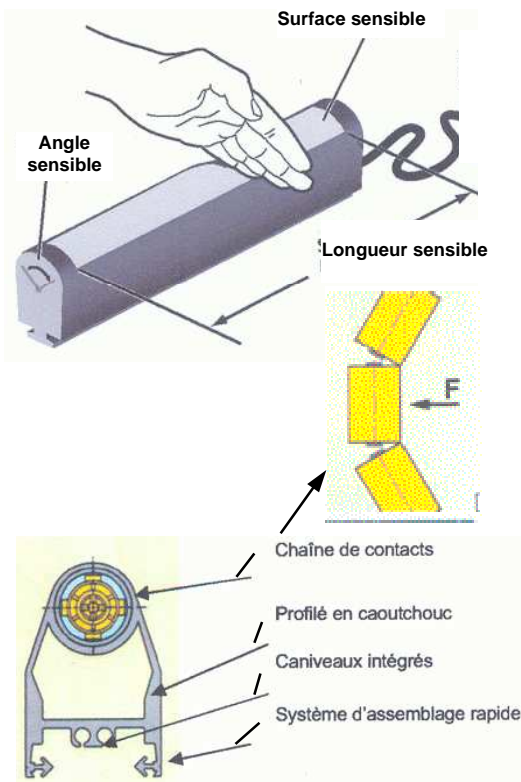
Force d'actionnement < *150 N pour éprouvette Ø80 mm*

Course de détection < *10 mm pour éprouvette Ø80 mm*

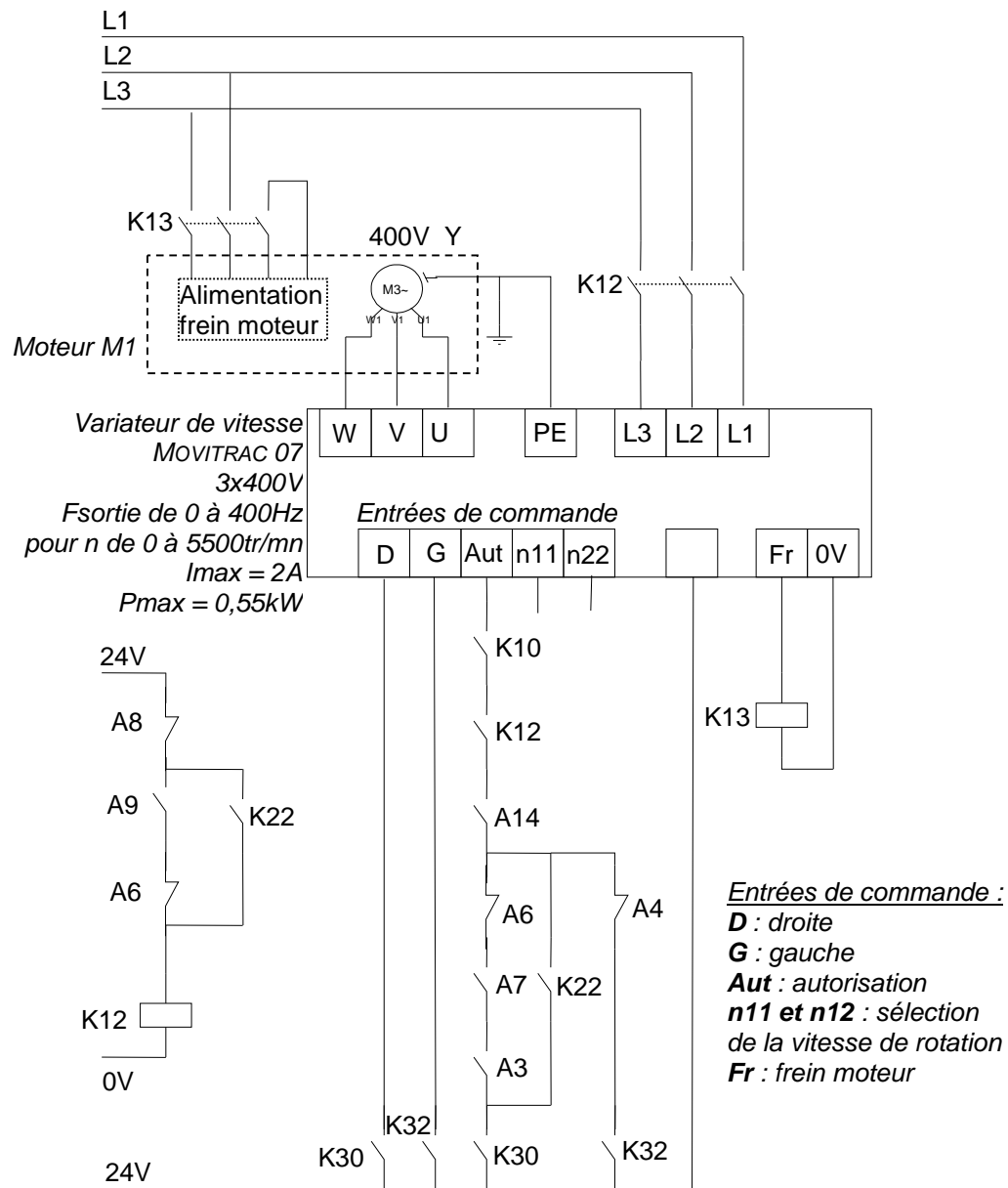
Course totale d'écrasement : *30 mm (GP 65) 50 mm (GP 100)*

Angle de détection : *90°*

Tension d'alimentation ≤ *48 V*



## Document technique n°4 : schéma de câblage simplifié du variateur de vitesse et du moteur d'entraînement de la passerelle



| Contacteur / Contact | Désignation des circuits électriques activés                             |
|----------------------|--|
| K10                  | Contact représentatif de la commande « Déverrouillage de la passerelle » |
| K12                  | Contacteur réseau du variateur de vitesse                                |
| K13                  | Contacteur de frein d'entraînement de la passerelle                      |
| K22                  | Contact représentatif de la commande « Autorisation du mode manuel »     |
| K30                  | Contact représentatif de la commande « Sortir la passerelle »            |
| K32                  | Contact représentatif de la commande « Rentrer la passerelle »           |

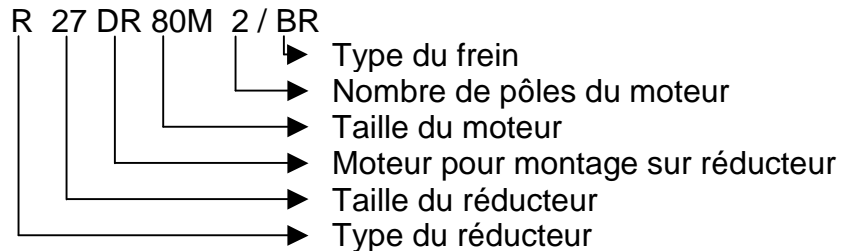
| Contact des Relais de sécurité | Désignation des circuits électriques activés |
|--------------------------------|--|
| A3                             | Passerelle sortie                            |
| A4                             | Passerelle rentrée                           |
| A6                             | Bords sensibles de la passerelle             |
| A7                             | Robot en Home position                       |
| A8                             | Arrêt d'urgence                              |
| A9                             | Portes de l'armoire de commande              |
| A13                            | Sécurité/positionnement du bras de contact   |
| A14                            | Sécurité/position de la gondole              |

# Document technique n°5 : Motoréducteur SEW

## Plaque signalétique du moto-réducteur-frein utilisé

|                                 |                                |                    |           |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------|
| <b>SEW-EURODRIVE</b>            |                                | Bruchsal / Germany | CE        |
| Type <b>R17DR63M4 /BR</b>       | <b>3Phase IEC34</b>            |                    |           |
| N° <b>01.1122873501.0004.05</b> | <b>Amb °C 40</b>               |                    |           |
| <b>rpm 1320/78</b>              | <b>Nm 22</b>                   |                    |           |
| ○ <b>KW 0.18/S1</b>             | <b>Cosφ 0.78</b>               |                    | ○         |
| <b>V 230/400/Δ/Y</b>            | <b>A 0.36/0.55</b>             | <b>Hz 50</b>       |           |
| <b>IM M1</b>                    | <b>kg 9.500</b>                | <b>IP 54</b>       | UL listed |
| <b>Brake V 400 AC</b>           | <b>Nm 3.2</b>                  |                    |           |
| Lubricant                       | 185 903 X,12 IND,CONT,EQ, 2D06 |                    |           |

Exemple de codification de moto-réducteur à frein intégré :



Puissance moteur:  $0 < P < 1$  kW

Vitesse de sortie:  $95 < N < 105$  trs/min

| Désignation      | kW ▼ | Nm ▼ | trs/min ▼ | Réduction ▼ |
|------------------|------|------|-----------|-------------|
| <u>R07DR63S4</u> | 0,12 | 12   | 98        | 14,12       |
| <u>R17DR63M4</u> | 0,18 | 22   | 78        | 16,92       |
| <u>R27DR63M4</u> | 0,18 | 17   | 99        | 13,28       |
| <u>R27DR63L4</u> | 0,25 | 24   | 98        | 13,28       |
| <u>R17DR63L4</u> | 0,25 | 24   | 100       | 12,98       |
| <u>R37DT71D4</u> | 0,37 | 34   | 104       | 13,25       |
| <u>R17DT71D4</u> | 0,37 | 35   | 100       | 13,84       |
| <u>R37DT80K4</u> | 0,55 | 51   | 103       | 13,25       |
| <u>R27DT80K4</u> | 0,55 | 51   | 102       | 13,28       |
| <u>R27DT80N4</u> | 0,75 | 69   | 104       | 13,28       |
| <u>R17DT80N4</u> | 0,75 | 72   | 100       | 13,84       |

### Relations des moteurs asynchrones triphasés :

$$f = n_s \cdot p \quad \text{et} \quad g = (n_s - n_R) / n_s$$

$n_s$  : vitesse du champ statorique en tr/s

$f$  : fréquence d'alimentation en Hz

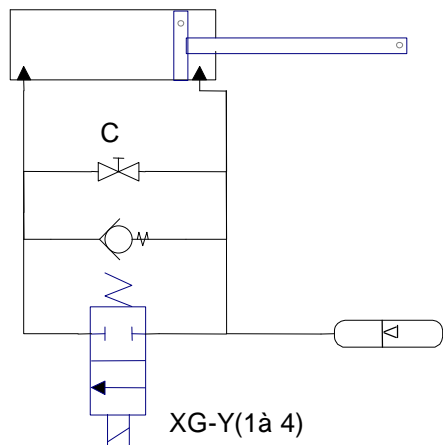
$p$  : nombre de paires de pôles du moteur

$g$  : glissement

$n_R$  : vitesse du rotor en tr/s

# Document technique n°6

## Schéma hydraulique de commande d'un vérin de harnais



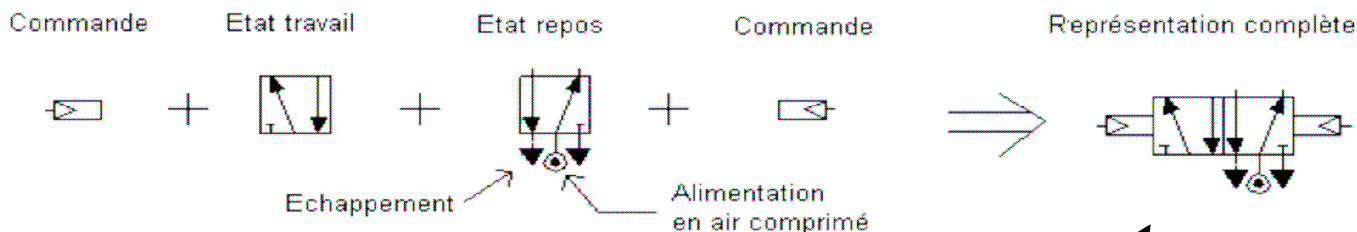
L'élément C permet l'ouverture des harnais uniquement à la suite d'un arrêt d'urgence.

### Extrait de Librairie

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Un accumulateur hydraulique permet de compenser la différence de volume de fluide entre les chambres avant et arrière du vérin.</p> <p>C'est un composant comportant 2 chambres séparées par une membrane.</p> <p>L'une contient un gaz sous pression, l'autre le fluide hydraulique en communication avec le circuit.</p> |
|--|---|

Le symbole d'un distributeur est constitué de :

- Un corps définissant les deux états (repos et travail) ;
- Les dispositifs de commande



### symboles des dispositifs de commande

|                    |  |
|--------------------|--|
| pneumatique        |  |
| électrique         |  |
| manuelle           |  |
| rappel par ressort |  |

Exemple :

Nous avons constitué un distributeur 5/2 à commande pneumatique bistable.

Rappel :

5/2 => 5 orifices et 2 positions  
 bistable => deux dispositifs de commande  
 monostable => un dispositif de commande et rappel par ressort

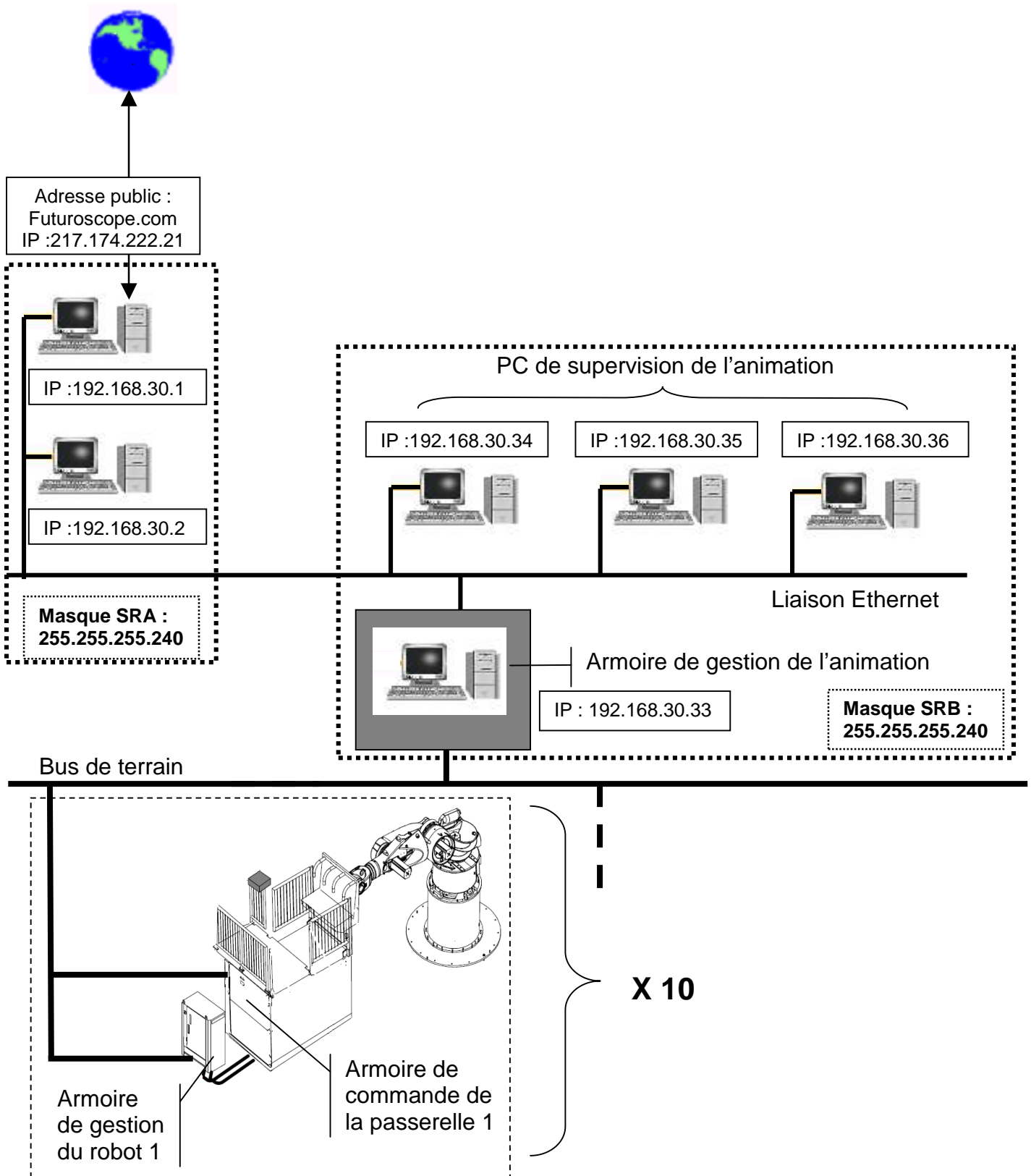
### Éléments de schématisation

|                    |                                 |                             |                           |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Clapet anti-retour | Clapet anti-retour avec ressort | Vanne à commande électrique | Vanne à commande manuelle |
|                    |                                 |                             |                           |



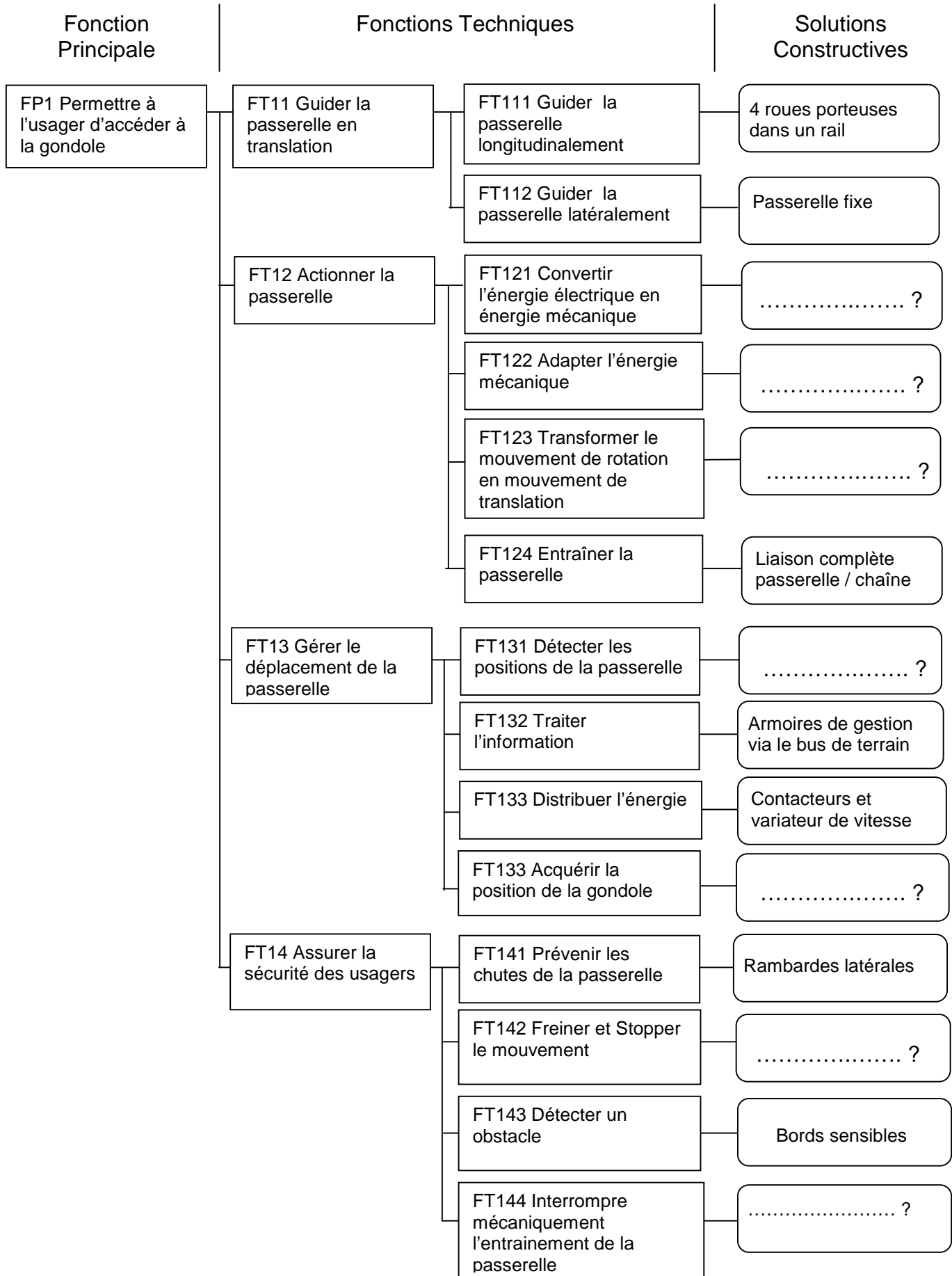
# Document technique n°7

## Topologie du réseau de communication



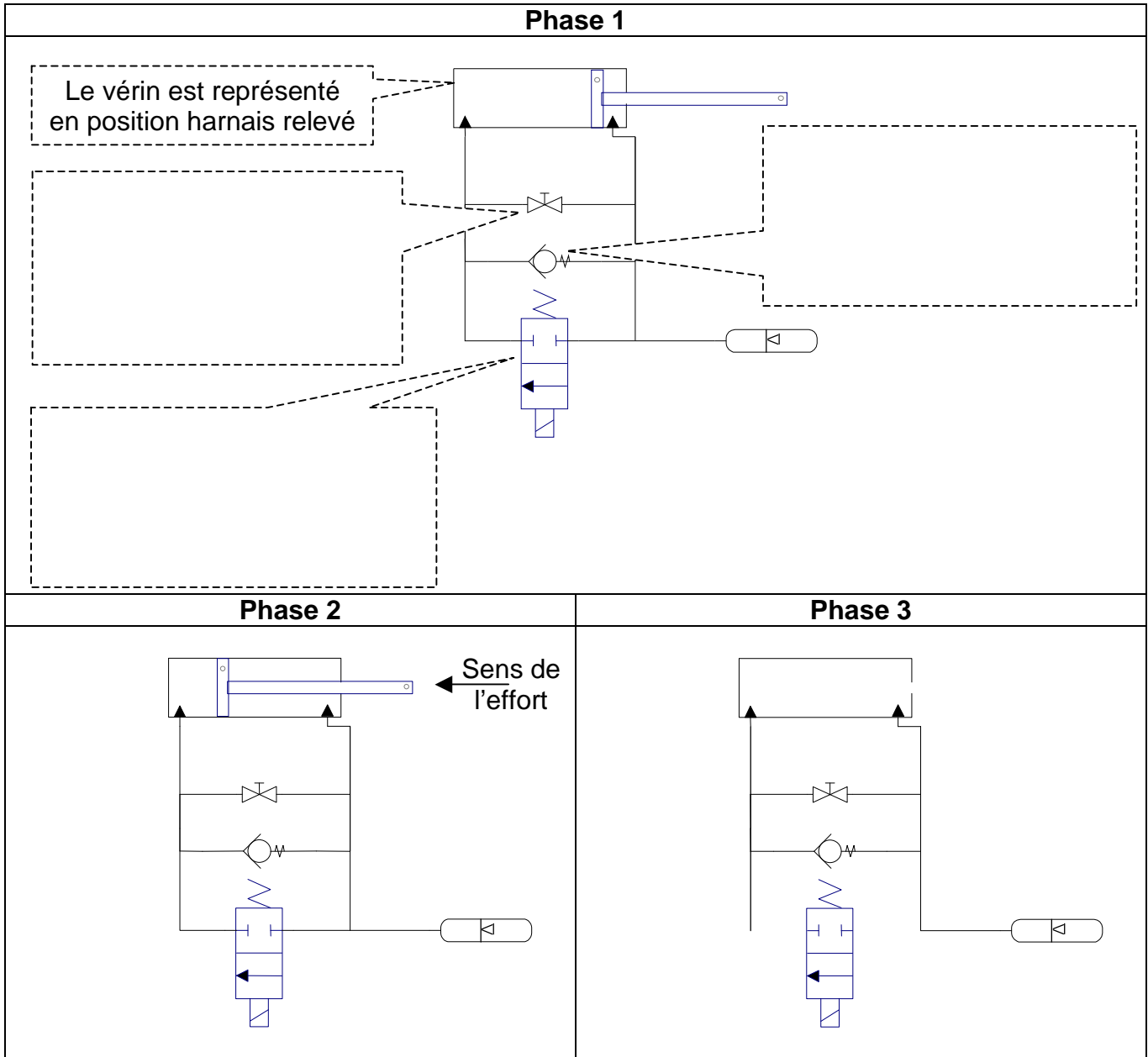
# DOCUMENT REPONSE N°1

## Question n°2



# DOCUMENT REPONSE N°2

## Question n°10



# DOCUMENT REPONSE N°3

## Questions n°12 :

Echelle des forces: 10mm → 1000 N

