

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

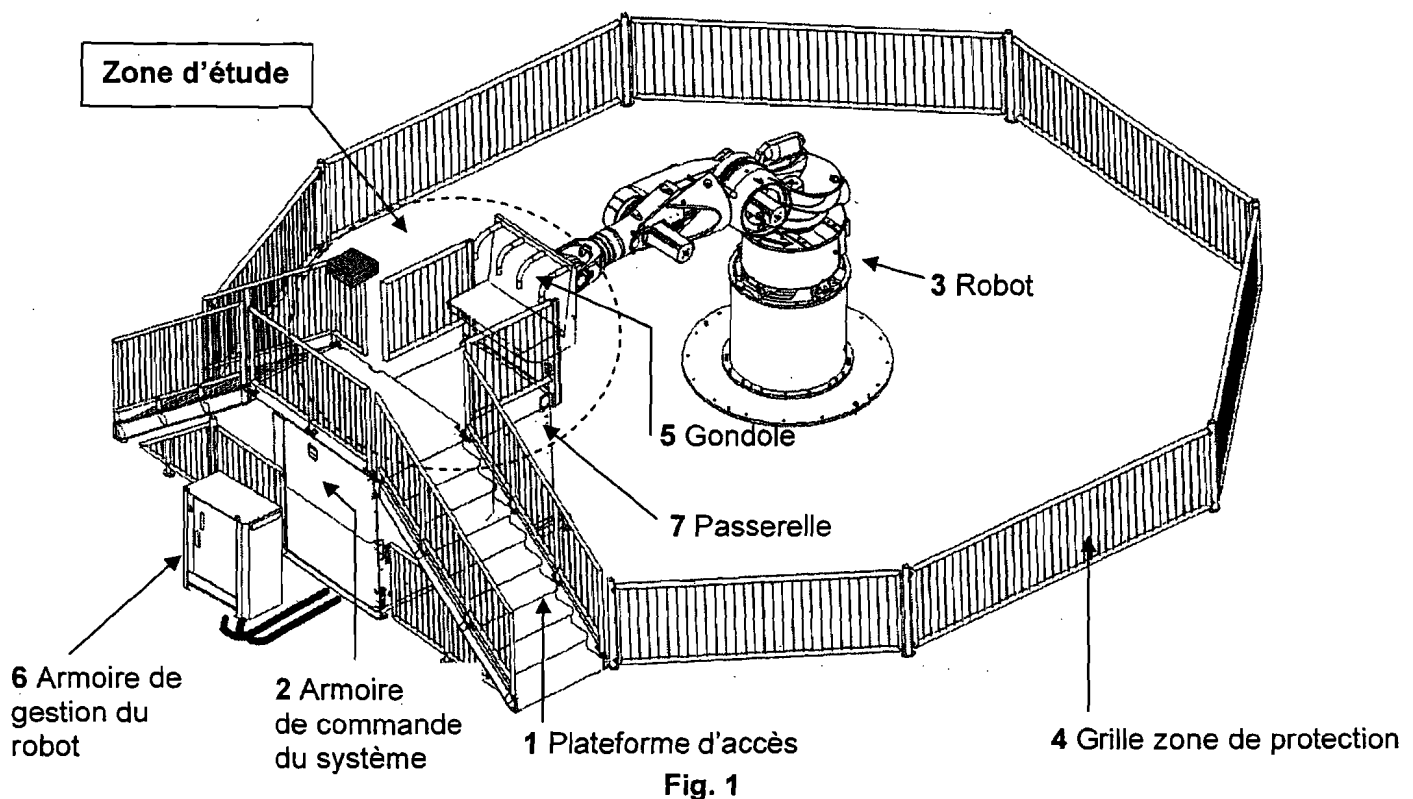
Le site du FUTUROSCOPE, près de POITIERS, propose l'attraction : « DANSE AVEC LES ROBOTS ».

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 possèdent 6 axes d'articulation qui permettent d'innombrables combinaisons de mouvements. Capables d'accélérations proches de 3 g, ils peuvent transporter 500 kg de charge.

Description de la zone d'étude

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



L'étude concerne la zone d'embarquement et de débarquement des passagers.

Cette zone d'étude est composée de la gondole (5), d'une passerelle fixe (7a) et d'une passerelle mobile (7b) décrites sur le document technique n°3 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.

Embarquement des passagers

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

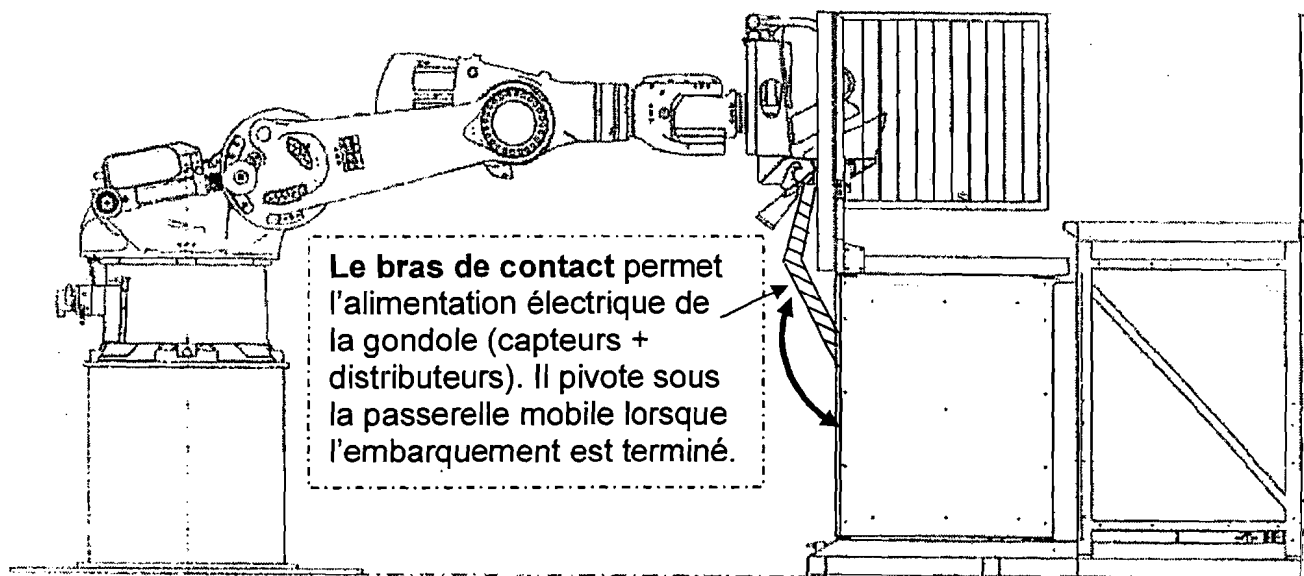


Fig. 2

- Les passagers accèdent à la gondole par la passerelle mobile initialement sortie.
- Assis dans le siège, chaque passager abaisse son harnais de sécurité (voir document technique n°2 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, document technique n°6 page 16).

Lancement de l'animation

- Après vérification 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.

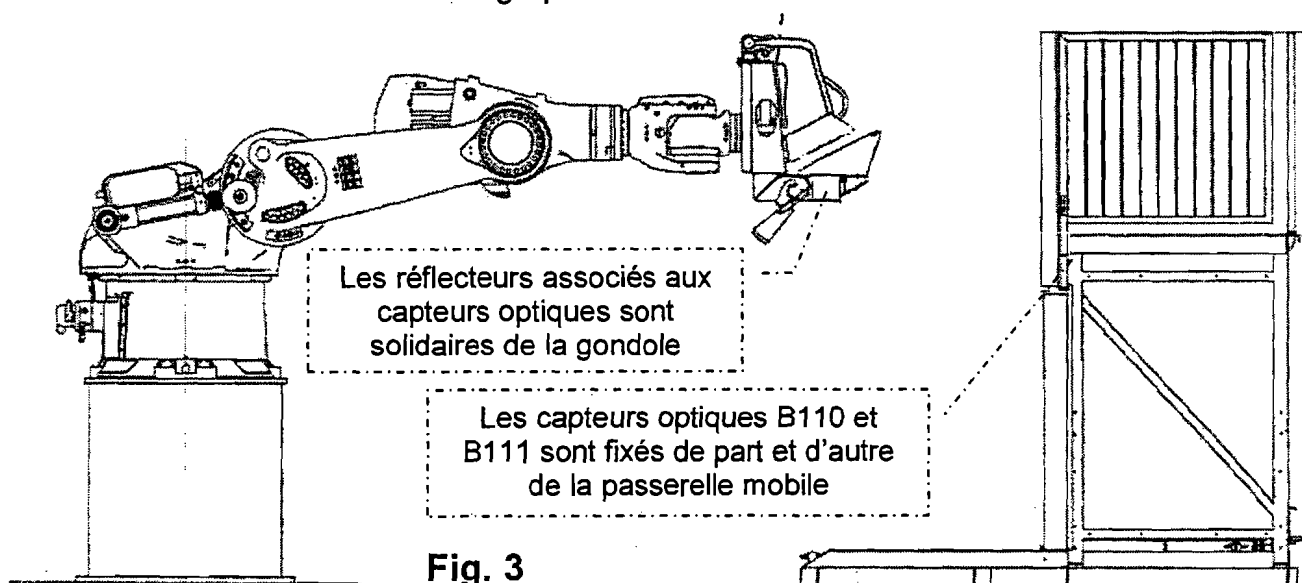


Fig. 3

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.3 page 3) permettent le contrôle du bon positionnement de la gondole vis-à-vis de la passerelle.
- Le bras de contact se déploie alors et rétablit l'alimentation électrique de la gondole. Les 4 distributeurs (XG-Y1 à XG-Y4 ; voir document technique N° 6) 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).

Extrait des contraintes fournies par le cahier des charges fonctionnel

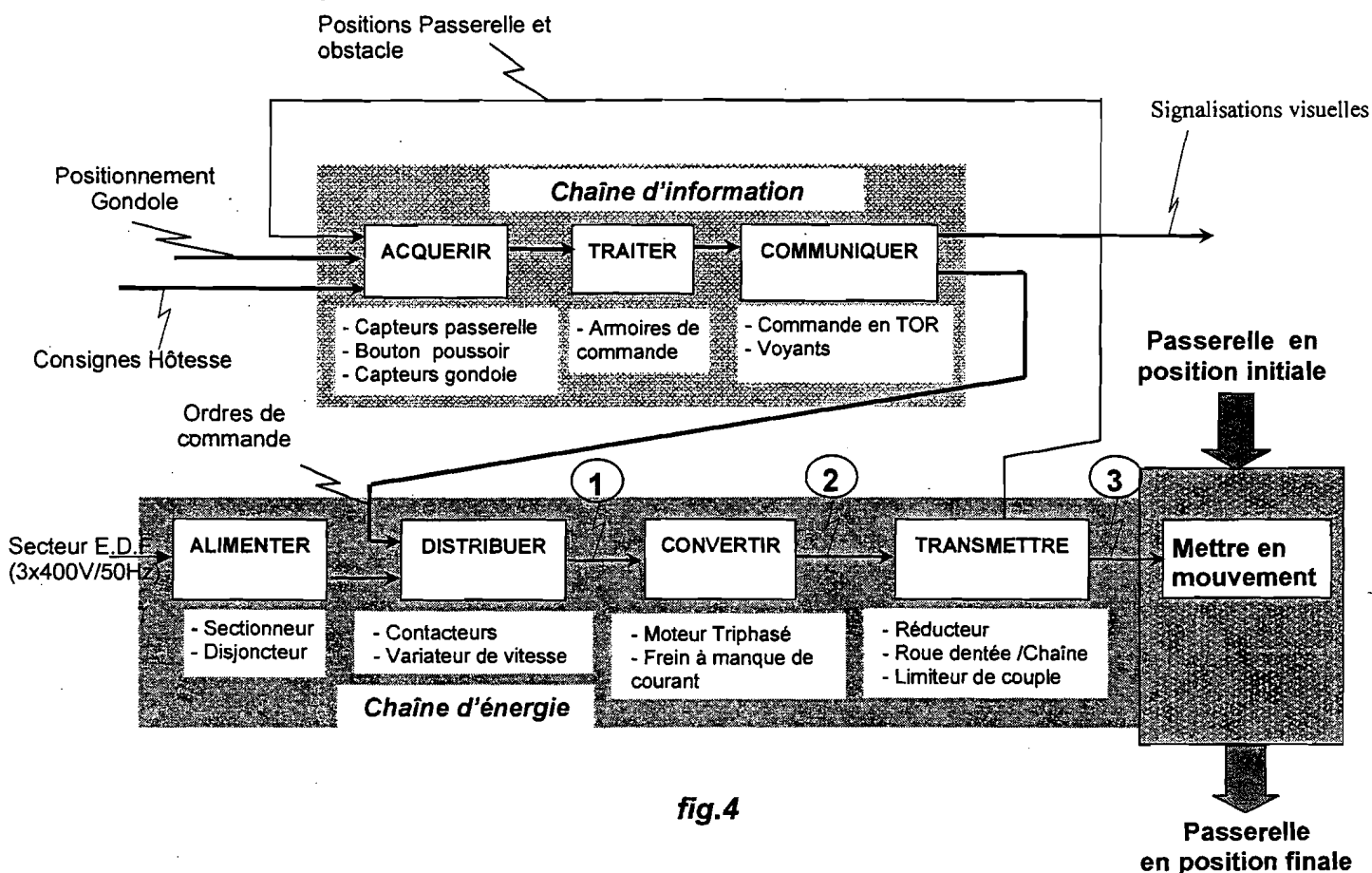
- C1 :** Afin de limiter l'attente des passagers, la sortie de la passerelle mobile ainsi que son retrait ne doivent pas excéder 8 s.
- C2 :** En approche de débarquement, les jambes des passagers doivent être protégées contre le risque de choc ou de pincement. Afin de limiter ce risque, la vitesse maximale d'approche ne doit pas dépasser 0,3 m/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 :** À 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.

Objectif général

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

1^{ère} partie : Identifier certaines solutions constructives du système passerelle mobile

On donne l'organisation fonctionnelle de la passerelle



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.4.

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^{ème} 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)

A partir de la documentation technique n°4, page 14, déterminer l'équation logique de l'entrée de commande «Aut» du variateur.

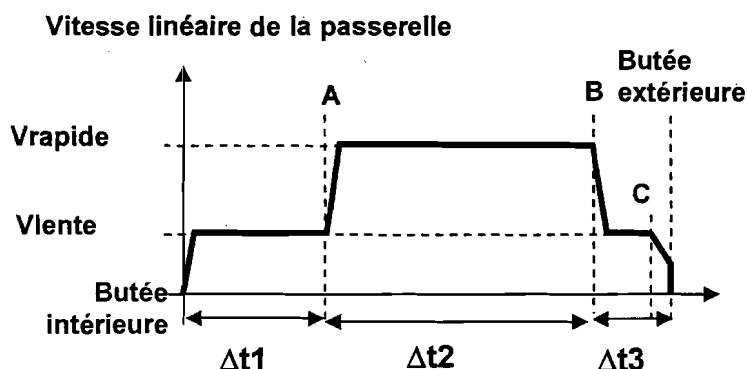
Question 5 (Sur feuille de copie)

Identifier les éléments qui permettent d'assurer chaque point relatif à la contrainte C4.

3^{ème} 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)

$\Delta t1 = 2 \text{ s}$ et $\Delta t3 = 1 \text{ s}$

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.

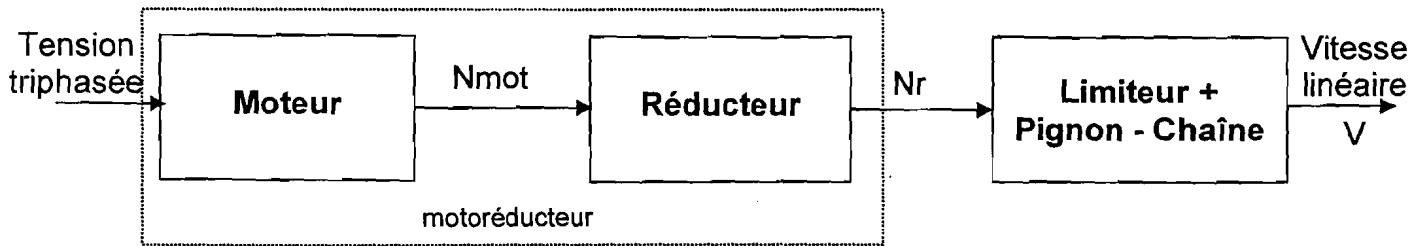
Question 6 (Sur feuille de copie)

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_{rapide} et N_{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 $N_{\text{mot,rapide}}$ et $N_{\text{mot,lente}}$ 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 et conclure.

Question 9 (Sur feuille de copie)

Le concepteur du système a choisi : $N_{\text{mot,rapide}} = 1107$ tr/min et $N_{\text{mot,lente}} = 427$ tr/min. La fréquence de sortie du variateur est programmable.

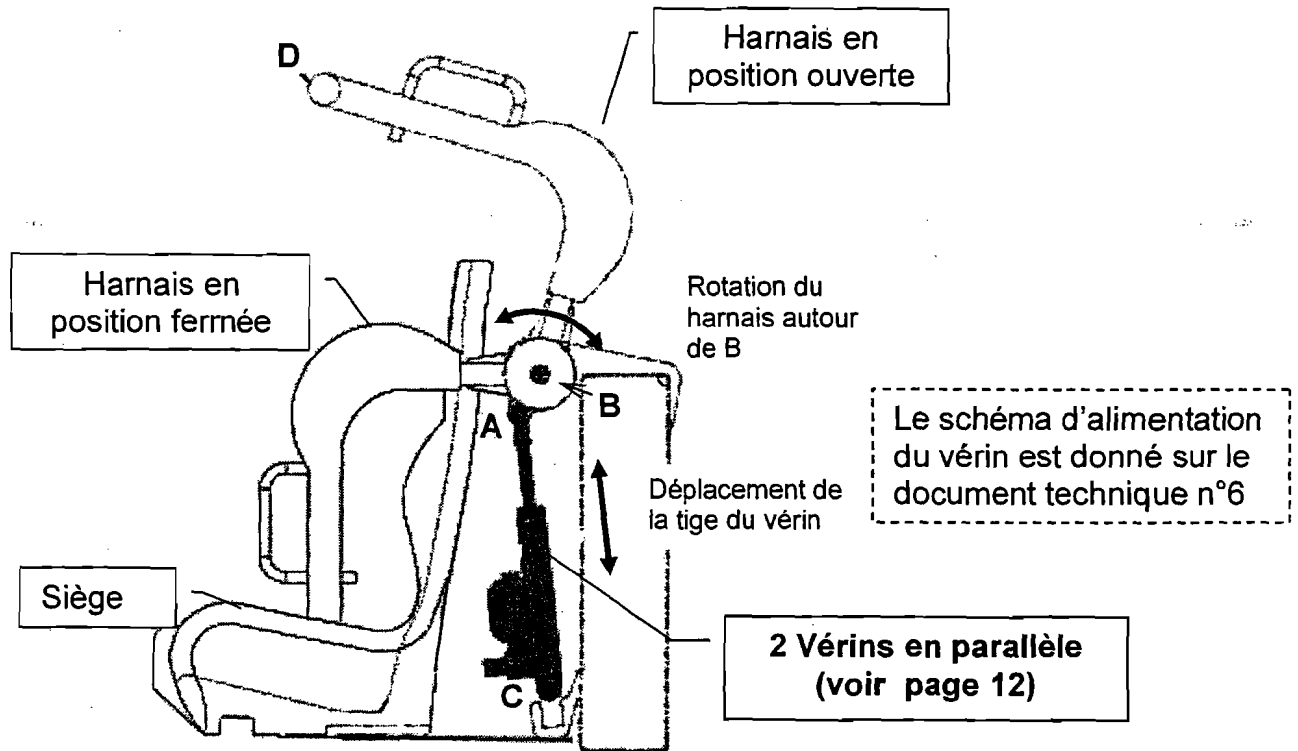
A partir de la plaque signalétique du motoréducteur (sur la documentation technique n°5, page 15), calculer les deux fréquences de sortie du variateur de vitesse permettant d'obtenir

$N_{\text{mot,rapide}}$ et $N_{\text{mot,lente}}$.

On admettra un glissement constant de 10 %.

4^{ème} 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)

À partir des informations du 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 n'est pas 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 bar).

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 32 mm et que le diamètre de la tige est de 20 mm.
Cette pression est-elle acceptable ?

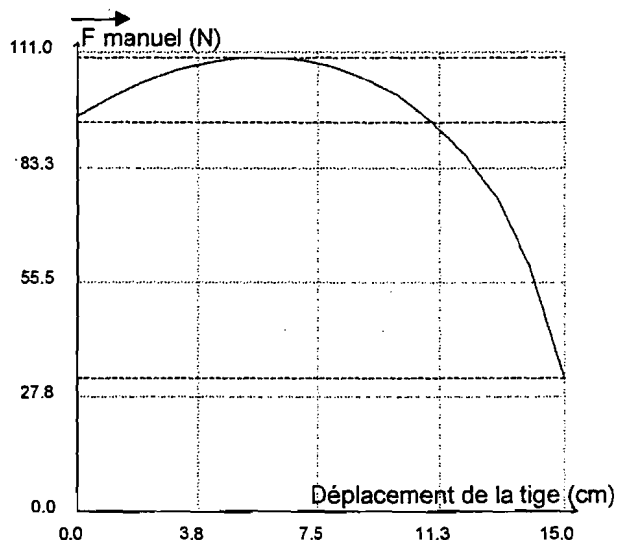
La manipulation du harnais lors de sa fermeture ne doit pas réclamer un effort supérieur à 250 N (donnée ergonomique).

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 = 32,2
Valeur moyenne ordonnée = 94
Valeur maxi ordonnée = 110



Question 14 (Sur feuille de copie)

Justifier que la contrainte C8 est respectée.
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 :

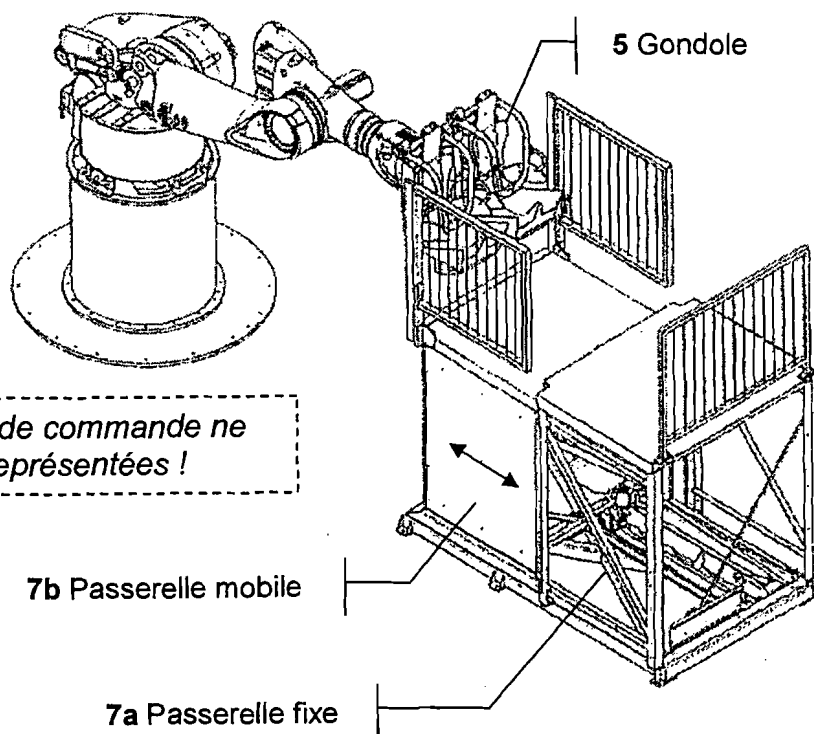
- 10 robots avec pour chacun une armoire de gestion ;
- 10 passerelles avec pour chacune une armoire de commande ;
- 1 armoire dédiée à la gestion de l'animation (choix programme, son, photos numériques, projections d'images, ventilations, lumières, etc..) qui est pilotée par un PC ;
- 3 PC de supervision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

Les supports de communication sont de deux types :

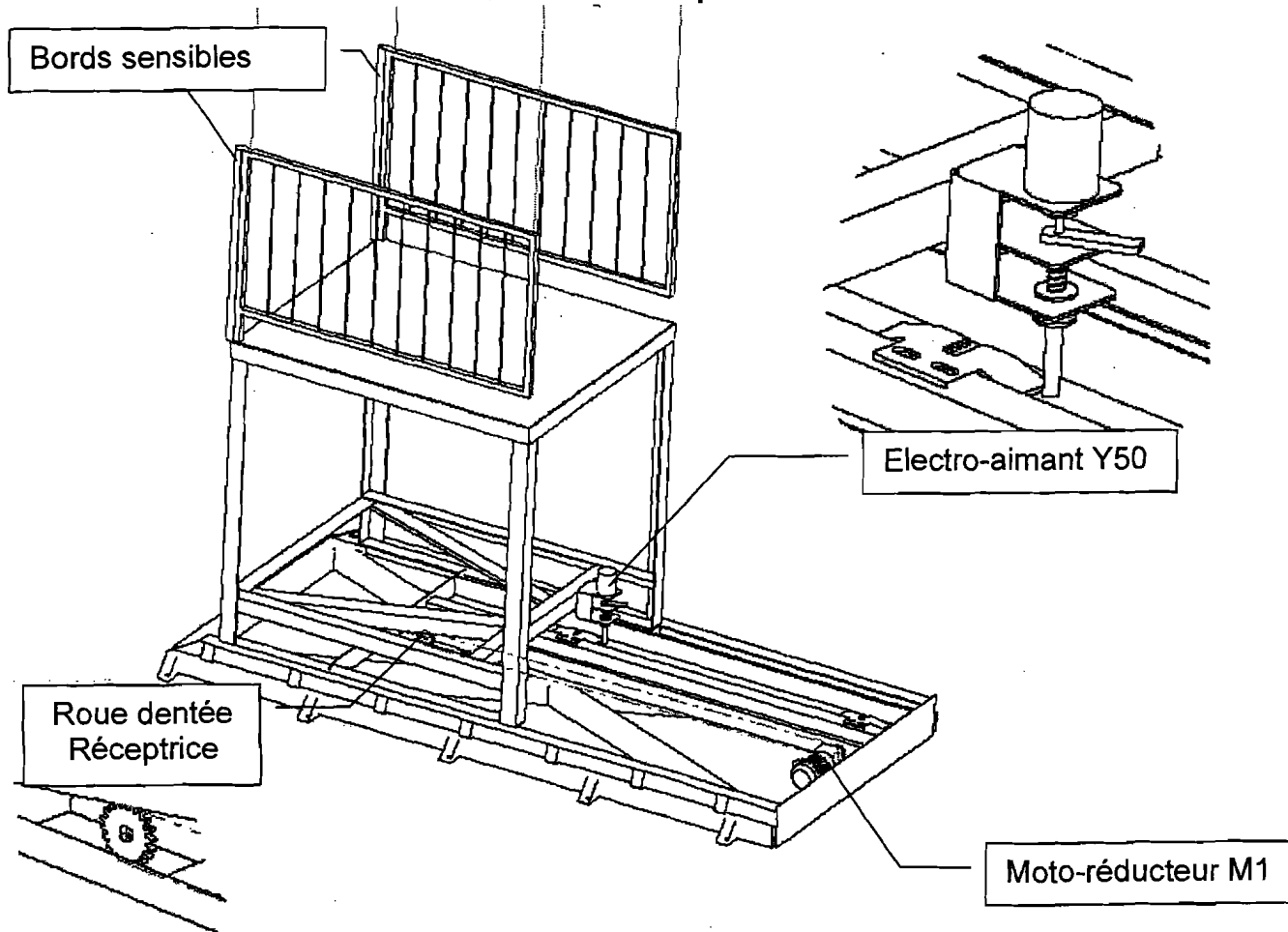
- un bus de terrain utilisant le protocole Profibus Maître/Esclave ;
- un réseau de type Ethernet reliant les PC.

Question 15 (*Sur feuille de copie*)

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

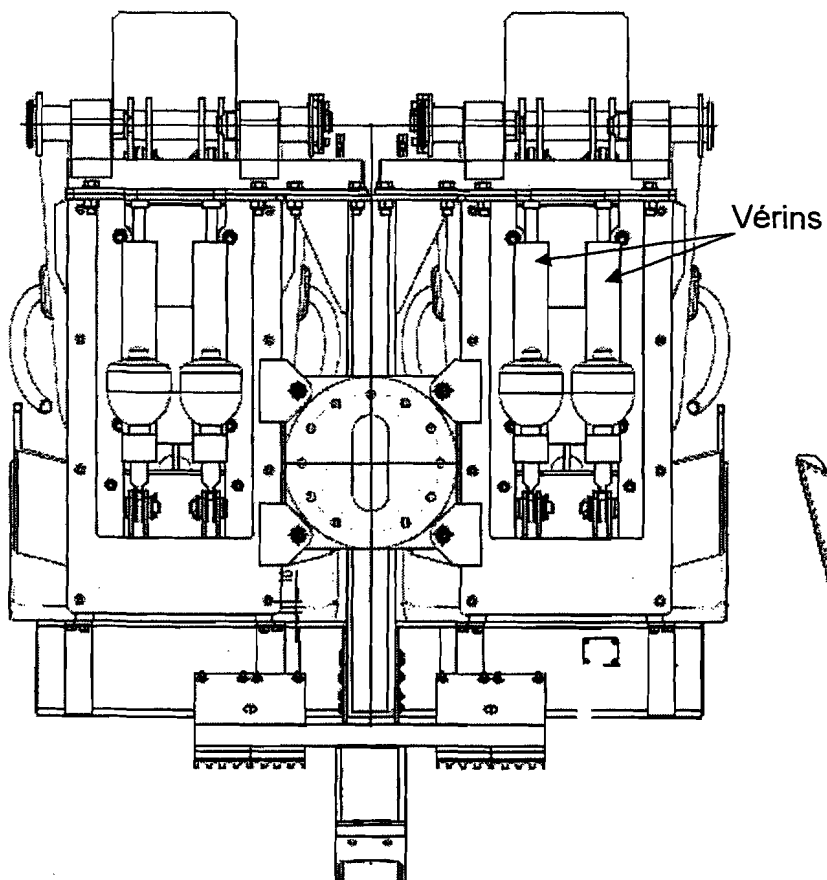


Vue isolée de la passerelle mobile



Gondole

Vue arrière de la Gondole



Vue de gauche

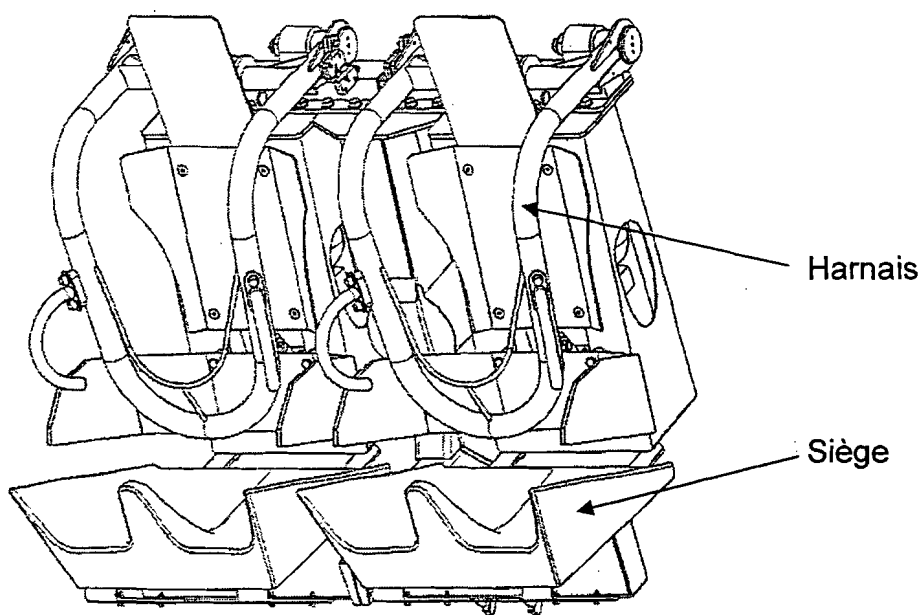
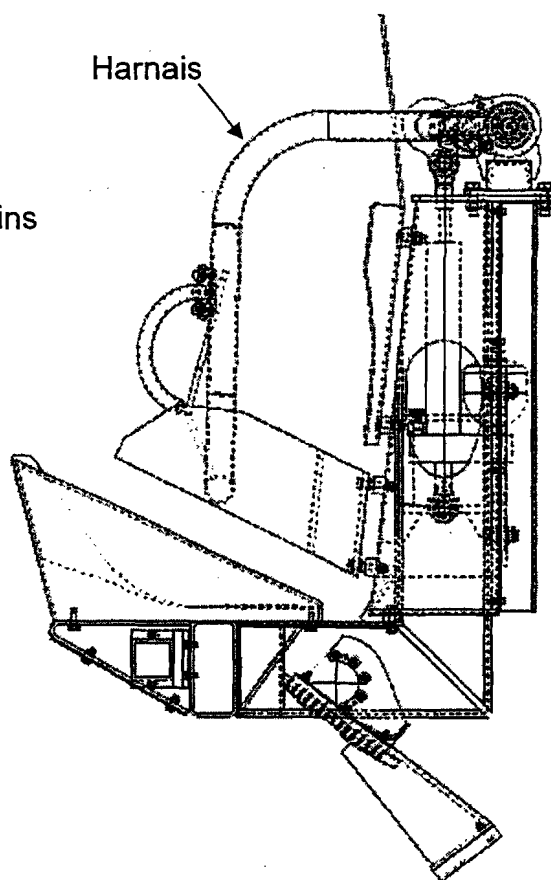
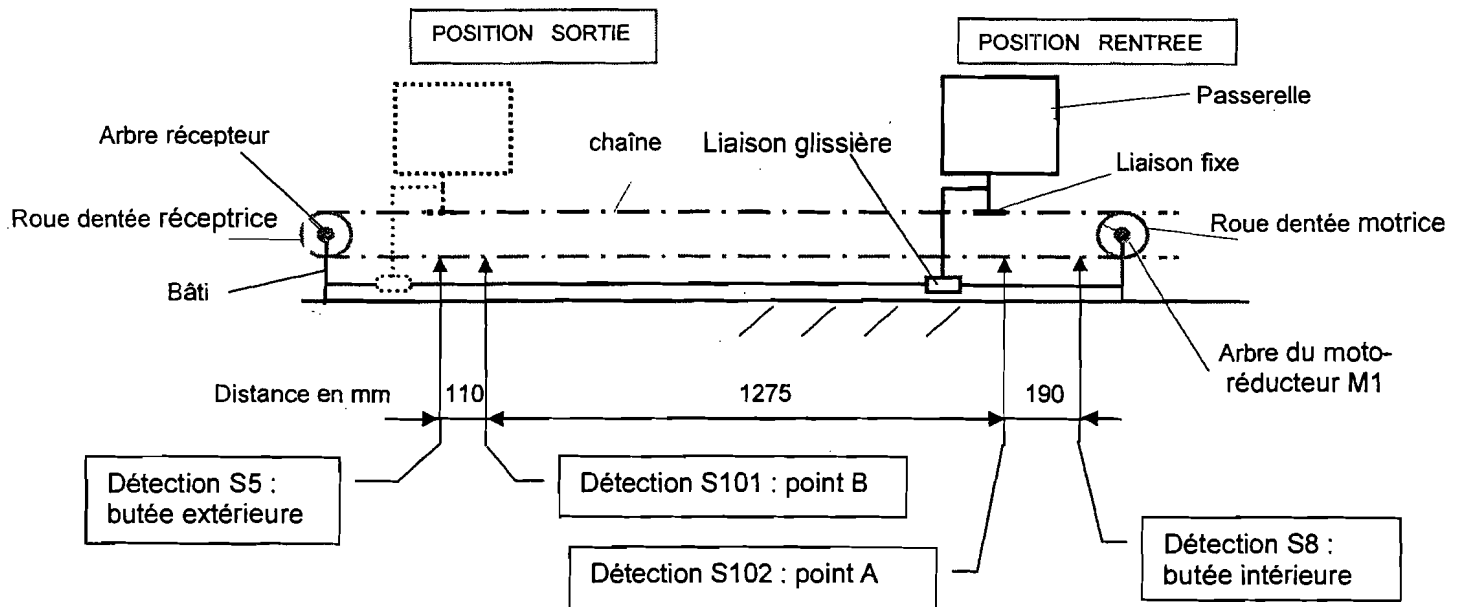


Fig.4

Schéma 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

Les bords sensibles type « SL/NC II » sont des capteurs tactiles pour détecter la présence de personnes ou d'objets.

Exemples d'utilisation :

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

Principe de fonctionnement

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

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 ...*

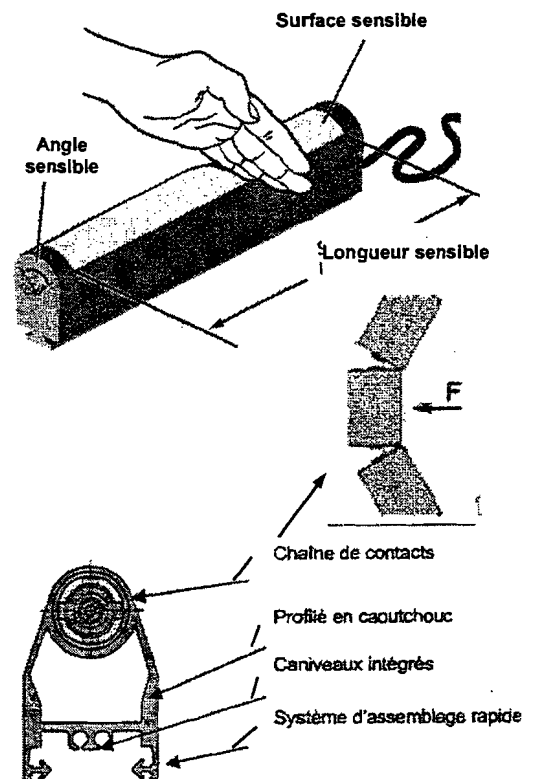
Force d'actionnement < 150 N pour éprouvette Ø80 mm

Course de détection < 10 mm pour éprouvette Ø80 mm

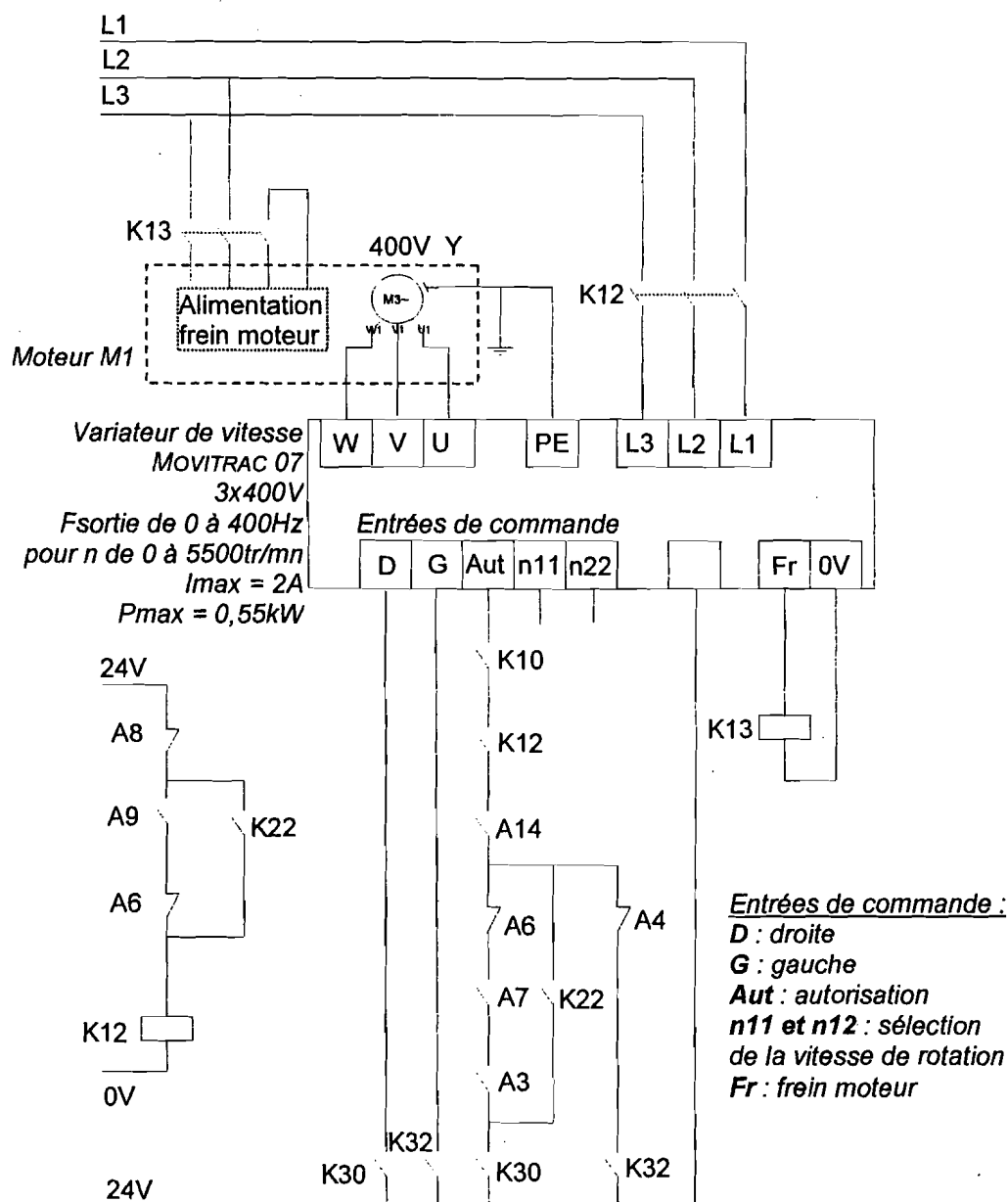
Course totale d'écrasement : 30 mm (GP 65) 50 mm (GP 100)

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



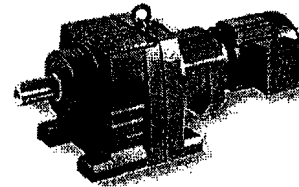
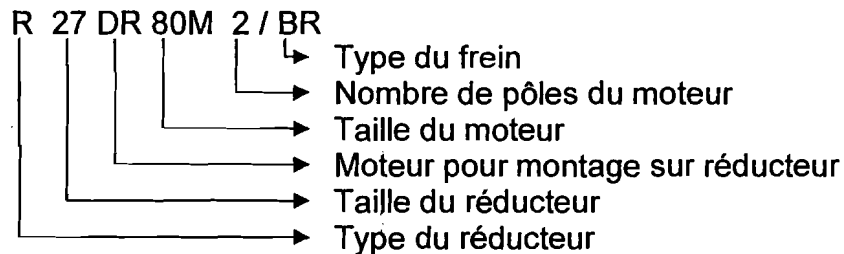
Contacteur / Contact	Désignation des circuits électriques activés
K10	Contact représentatif de la commande « Déverrouillage de la passerelle »
K12	Contacteur réseau du variateur de vitesse
K13	Contacteur de frein d'entraînement de la passerelle
K22	Contact représentatif de la commande « Autorisation 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

Plaque signalétique du moto-réducteur-frein utilisé

SEW-EURODRIVE		Bruchsal / Germany			
Type	R17DR63M4 /BR	3Phase	IEC34		
N°	01.1122873501.0004.05	Amb°C	40		
rpm	1320/78	Nm	22		
○ KW	0.18/S1	Cosφ	0.78	○	
V	230/400/Δ/Y	A	0.36/0.55	Hz	50
IM	M1	kg	9.500	IP	54
Brake	V 400 AC	Nm	3.2		
Lubricant	185 903 X,12 IND,CONT,EQ, 2006				

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

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

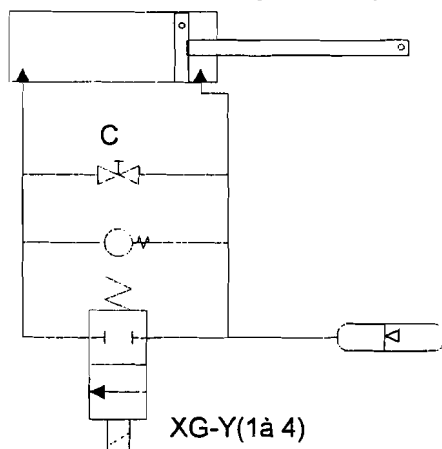
f : fréquence d'alimentation en Hz

p : nombre de paires de pôles du moteur

g : glissement

n_R : vitesse du rotor en tr/s

Schéma hydraulique d'un vérin de harnais



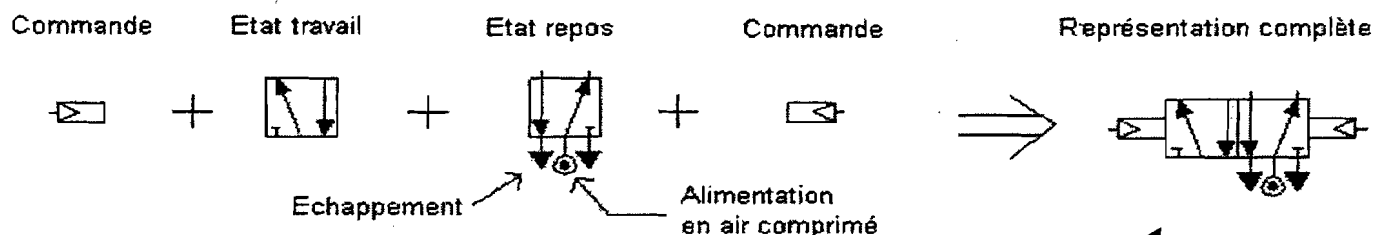
L'élément C permet l'ouverture des harnais uniquement à la suite d'un arrêt d'urgence.

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	

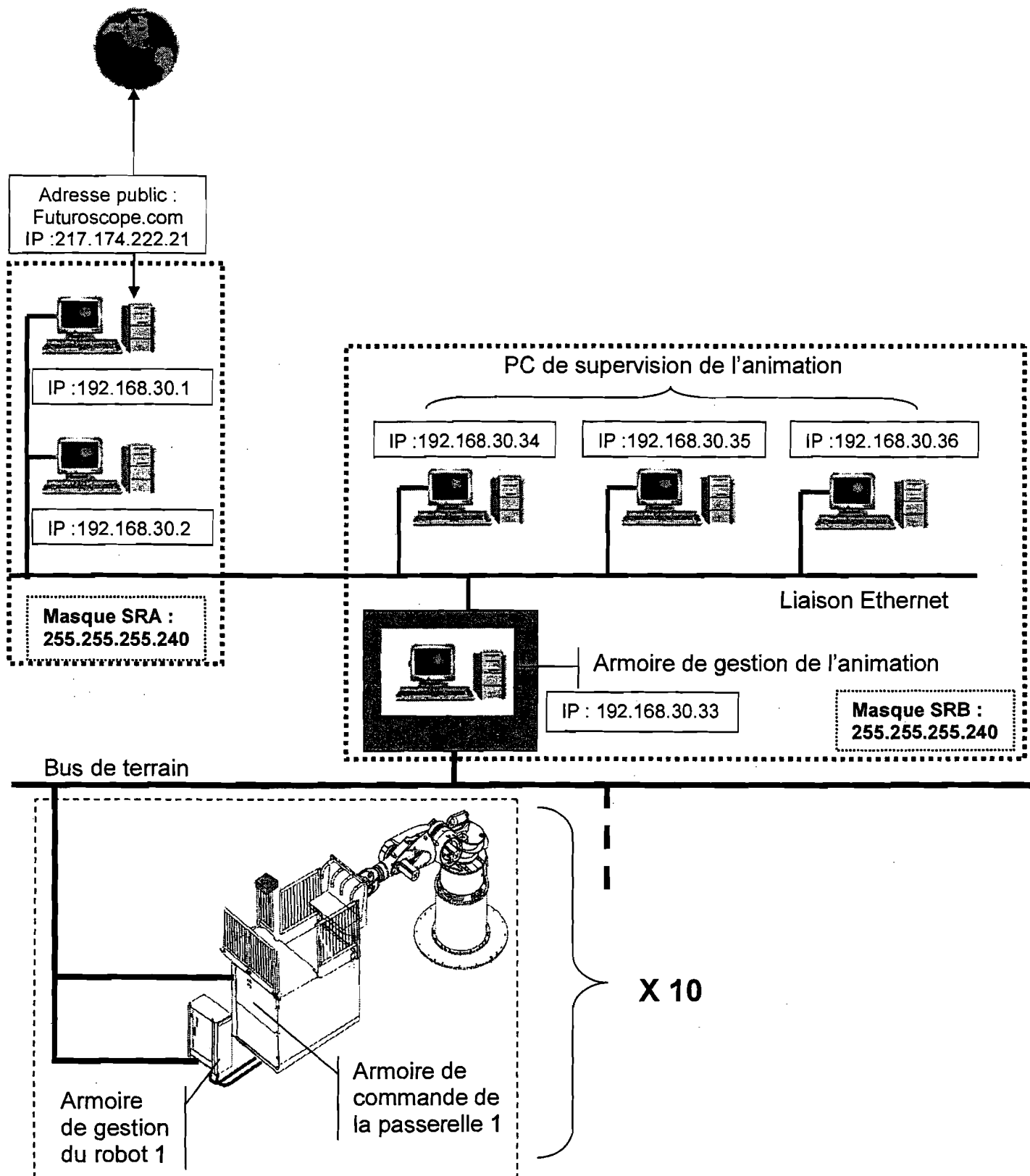
Exemple
distributeur 5/2 à commande pneumatique bistable.

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

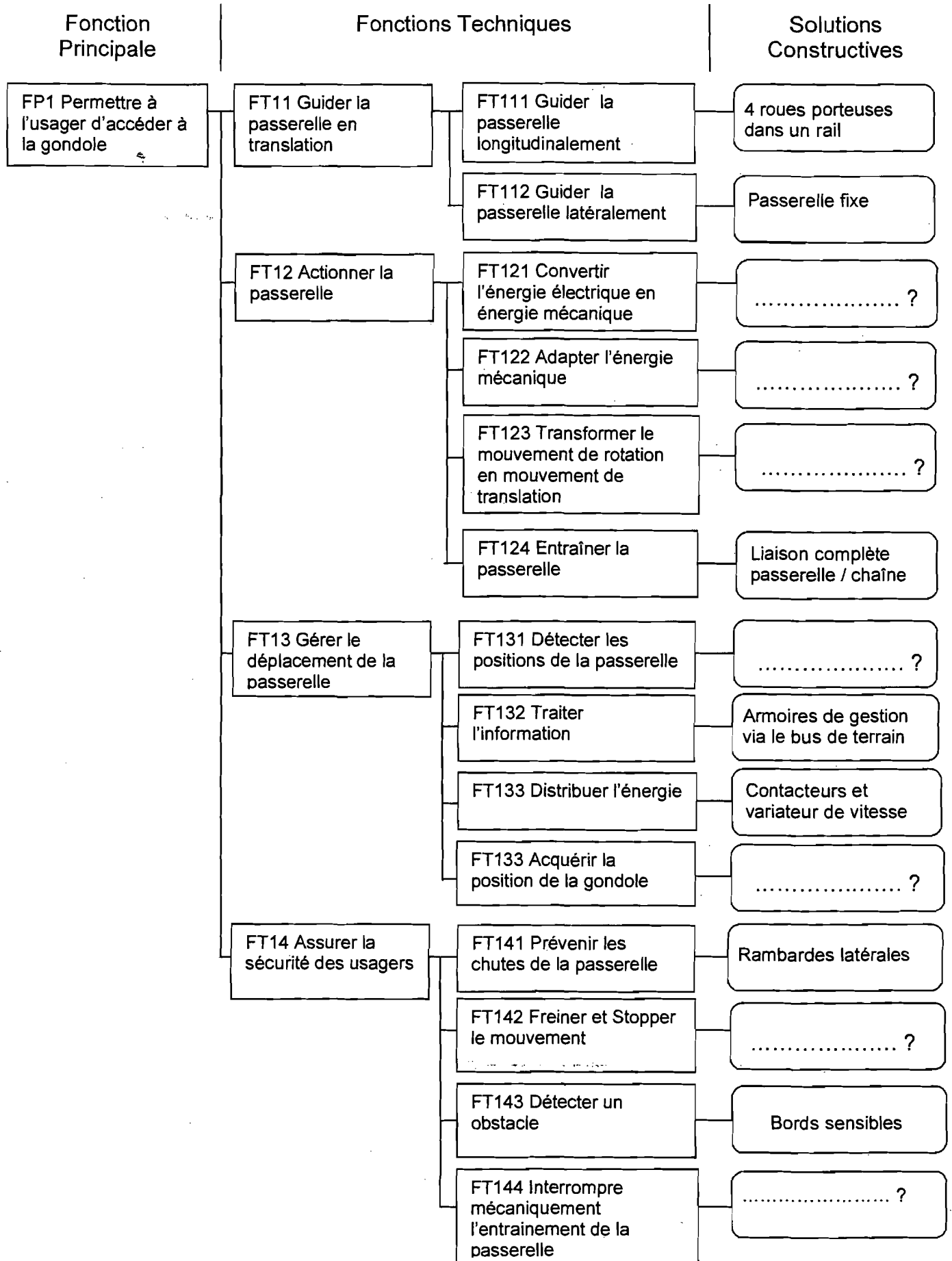
Clapet anti-retour	Clapet anti-retour avec ressort	Vanne à commande électrique	Vanne à commande manuelle

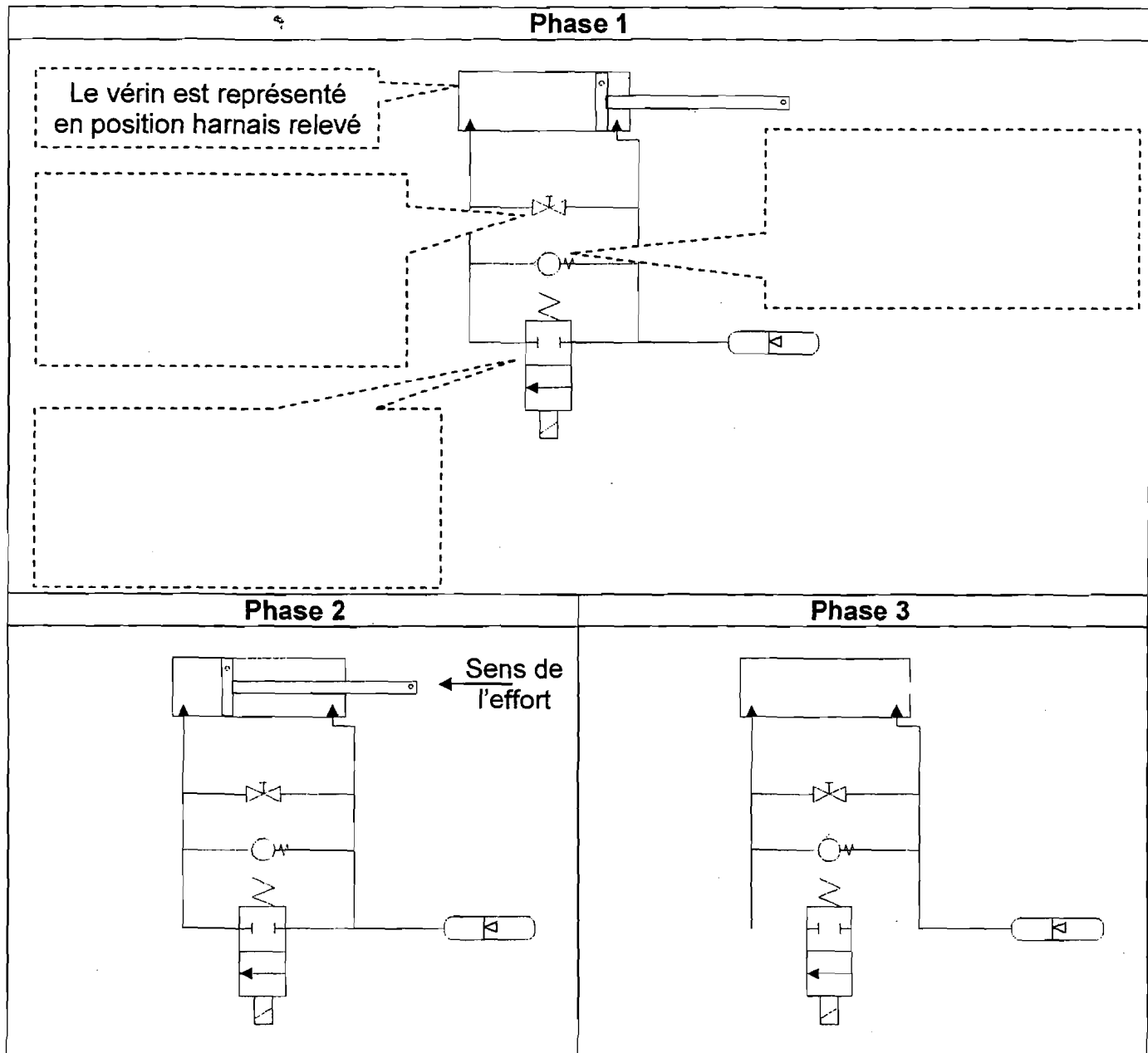
Topologie du réseau de communication



DOCUMENT REPONSE N°1

Question n°2

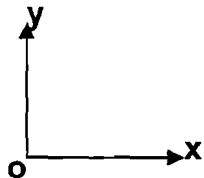


Question n°10

DOCUMENT REPONSE N°3

Questions n°12

Echelle des forces: 10mm \rightarrow 1000 N



harnais

Direction de \vec{F}

G

C

B

vérin

gondole

