

I/ PRESENTATION DU BESOIN

L'objet technique étudié est un chariot filoguidé appelé aussi V.A.G. (véhicule auto-guidé).

I-1/ EXPRESSION DU BESOIN

Le chariot filoguidé est utilisé pour assurer une continuité dans le transport de pièces, entre les différentes chaînes de montage d'une entreprise, avec un rendement maximal.

Le chariot est entièrement automatisé et peut fonctionner de manière autonome suivant une séquence programmée (appelé scénario). Il suit alors un parcours prédéterminé par un fil de guidage noyé dans le sol.

Le chariot filoguidé est employé dans les entreprises telles que PEUGEOT (Sochaux), la SNECMA (le Creusot), COCA-COLA (les Pennes Mirabeau)...

Nous nous pencherons plus précisément sur l'étude du chariot filoguidé fabriqué par la société BA SYSTEMES et utilisé dans l'entreprise PERRIER située à Vergèze.

I-2/ L'ENTREPRISE PERRIER



Historique :

L'histoire de l'eau de "Perrier" remonte au 1er siècle avant Jésus Christ. Les romains apprécient les bienfaits de la source des Bouillens et construisent un bassin afin de s'y baigner. L'aspect "Bouillonnant" de l'eau gazeuse est certainement à l'origine du nom "Les Bouillens".

C'est au XIX ème siècle (1847) qu'Alphonse Granier qui était maire de Vergèze commence l'exploitation de la source des Bouillens et attire donc les premiers curistes.

En 1888 le docteur Louis Perrier convaincu des ressources commerciales du site, en devient propriétaire et développe la mise en bouteille.

En 1903 Louis Perrier trouve un partenaire, Sir Saint John Harmsworth, qui rachète la société et donne à la bouteille une forme originale. En 1927, il décide de recouvrir la source et de créer un kiosque autour duquel les visiteurs pourront déguster des bouteilles Perrier.



L'usine se modernise sans cesse et s'enrichit d'une verrerie et d'une carrière. A partir de 1973, Perrier contrôle donc, du sable jusqu'à la bouteille pleine, la totalité du processus de fabrication.

Trajet suivi par l'eau :

L'eau de pluie tombe sur les garrigues calcaires et chemine dans le sous-sol. Après un long trajet souterrain, elle remonte à la surface par un dédale de failles et se charge de gaz carbonique. L'eau de Perrier arrive ainsi naturellement gazeuse à la surface.

L'eau est captée entre 70 et 100 mètres sous terre dans un revoir naturel calcaire.

Usine PERRIER :

L'usine fonctionne 24h sur 24h sauf la nuit pendant l'hiver. Chaque jour, Perrier produit en moyenne 3 000 000 de bouteilles soit 50 bouteilles par seconde. Pour acheminer ces produits aux quatre coins du globe, le site est doté d'une logistique adéquate. Ainsi, le site de Vergèze possède sa propre gare reliée au réseau S.N.C.F.

En plus des wagons, les bouteilles sont expédiées par camions et containers chargés sur des cargos qui sillonnent le globe.

Sa particularité est sa connexion directe à la verrerie qui permet une fabrication en continu depuis la bouteille en verre jusqu'aux expéditions des produits finis.

Selon les pays destinataires ou leurs formats (20cl, 33cl, 50cl, 75cl ou 100cl), les bouteilles sont conditionnées par carton, barquettes ou regroupées avec un film plastique.

Ces différents conditionnements sont ensuite disposés automatiquement sur une palette. La dernière phase est le houssage automatique de la palette.

Aujourd'hui, Perrier-Vittel SA (qui appartient au groupe Nestlé) est le numéro 1 mondial de l'eau embouteillée.

Les chariots filoguidés dans l'usine Perrier :

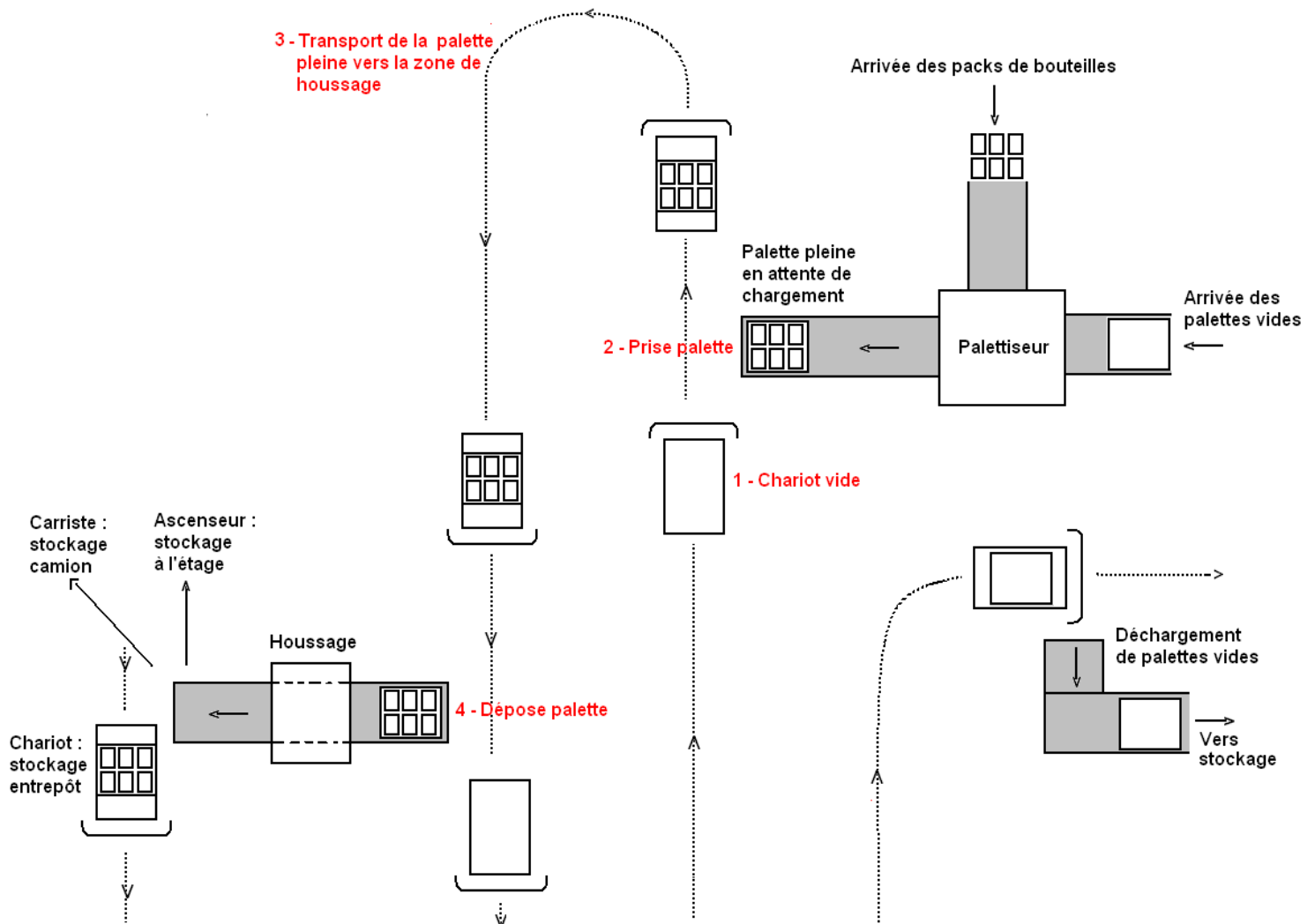
Dans l'unité de "verre consigné" (bouteilles destinées à l'hôtellerie, aux bars), 31 chariots filoguidés sont utilisés depuis 1989, et dans l'unité de "verre perdu" (bouteilles destinées aux supermarchés), 22 depuis 1991 plus 6 (de nouvelle génération) depuis 1998.

Ces chariots filoguidés ont remplacé les simples chariots élévateurs, ce qui a permis d'avoir un gain de productivité, une souplesse d'utilisation avec moins de personnel.

Ces chariots filoguidés sont destinés à transporter des palettes d'un poste de prise vers un poste de dépose. Les postes de prise et de dépose sont situés de part et d'autre et en bout d'une ligne de circulation.

Exemple de scénario : Prise de palettes au dock N° 4 et dépôt de palettes au dock N° 9.

I-3/ EXEMPLE DE PARCOURS DE CHARIOTS DANS L'USINE



I-4/ CONFIGURATION MATERIELLE DE L'OBJET TECHNIQUE

a- CHARIOT FILOGUIDE DE L'ENTREPRISE PERRIER: SYSTEME ETUDIE

a1- Photographie



a2- Caractéristiques techniques

Dimensions:

- longueur: 1 m 80
- largeur: 1 m 30
- hauteur: 0 m 90

Poids:

- à vide, sans batterie: 600 kg
- charge maximale autorisée: 1000 kg

Batterie:

- batterie de 48 V 350 Ah
- autonomie: 16 h
- poids : 550 kg
- recharge automatique sur patins

Vitesse:

- 7 vitesses différentes avec un maximum de 1 m/s sur ligne droite

contraintes extérieures:

- eau
- poussières
- vibrations

a3- Superviseur (Automate)

Un superviseur peut communiquer en permanence avec les chariots et les docks.
La communication avec les chariots se fait par ondes radio grâce à des antennes reliées au superviseur et réparties au plafond et grâce aux antennes embarquées sur les chariots.



La communication avec les docks se fait par réseau Ethernet.

Rôles du superviseur :

- Transmettre des scénarios aux chariots (un scénario correspond uniquement à un déplacement entre 2 docks selon un parcours défini) :

Exemple de 4 scénarios successifs :

Départ	Arrivée
Zone de recharge batterie	File d'attente N°1
File d'attente N°1	Prise de palette au dock N°4
Dock N°4	Dépose de palette au dock N°9
Dock N°9	File d'attente N°2

- S'assurer qu'il n'y a pas de problèmes lors de la prise ou de la dépose de palettes.

Exemples: - Le chariot vient faire une prise à une base où il n'y a pas de palettes à prendre.
- Le chariot vient faire une dépose sur une base déjà occupée par une palette.

a4- Fil de guidage

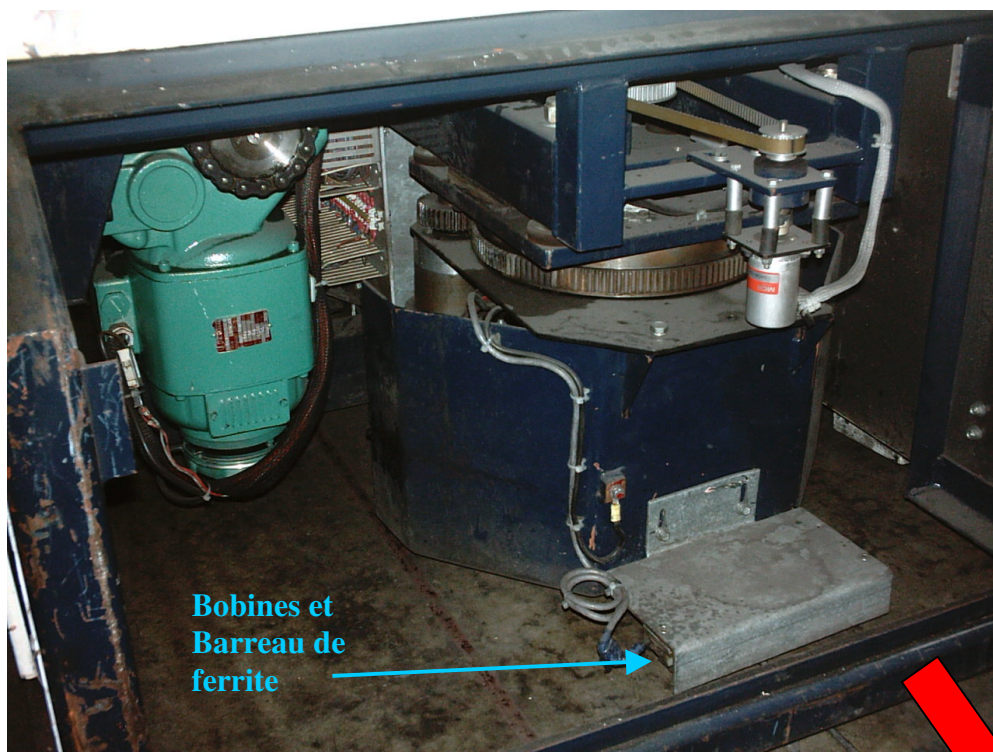
- enterré à 1 cm du sol
- section: 2,5 mm²
- courant alternatif sinusoïdal de 500 mA, 15 kHz
- résistance de 5 à 10 Ohms sur quelques centaines de mètres

Remarque: Si le fil de guidage est coupé, il existe des "détecteurs de coupure" qui déterminent l'emplacement de la coupure à quelques cm près.

a5- Constituants du chariot

Bobines de détection du fil de guidage

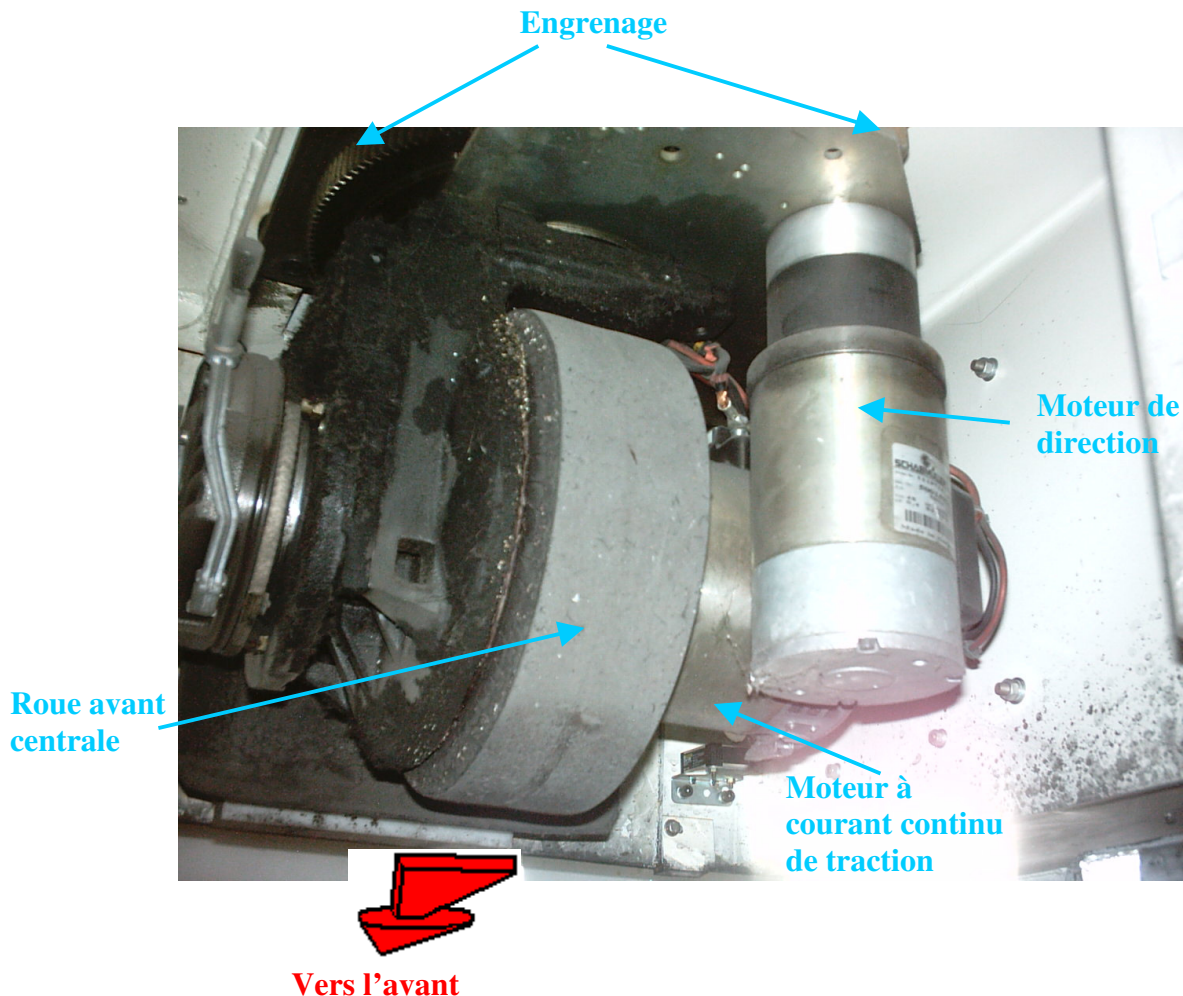
2 bobines situées aux extrémités d'un barreau de ferrite associées chacune à un condensateur ont une fréquence de résonance réglée sur la fréquence du courant alternatif circulant dans le fil de guidage. Elles détectent le champ magnétique généré par ce courant, ce qui permettra au microprocesseur de déterminer la position du chariot par rapport au fil de guidage, et par la suite, de rectifier, si nécessaire, le parcours du chariot.



Sens de déplacement

Roues et moteurs

- 1 roue avant centrale avec un système d'engrenage liant mécaniquement entre eux, le moteur de traction et le moteur de direction.

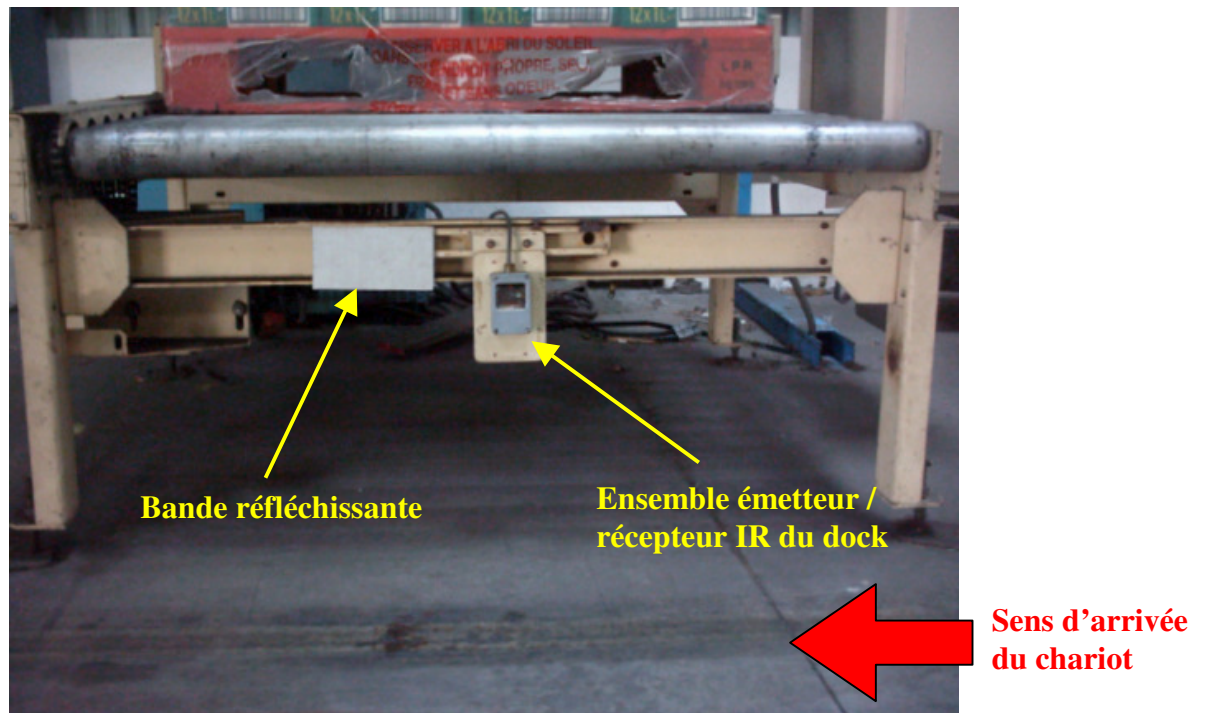


Remarque : Cet ensemble roue avant / moteurs, se trouve dans le carter bleu de la photo précédente. On observe également l'engrenage au dessus du carter.

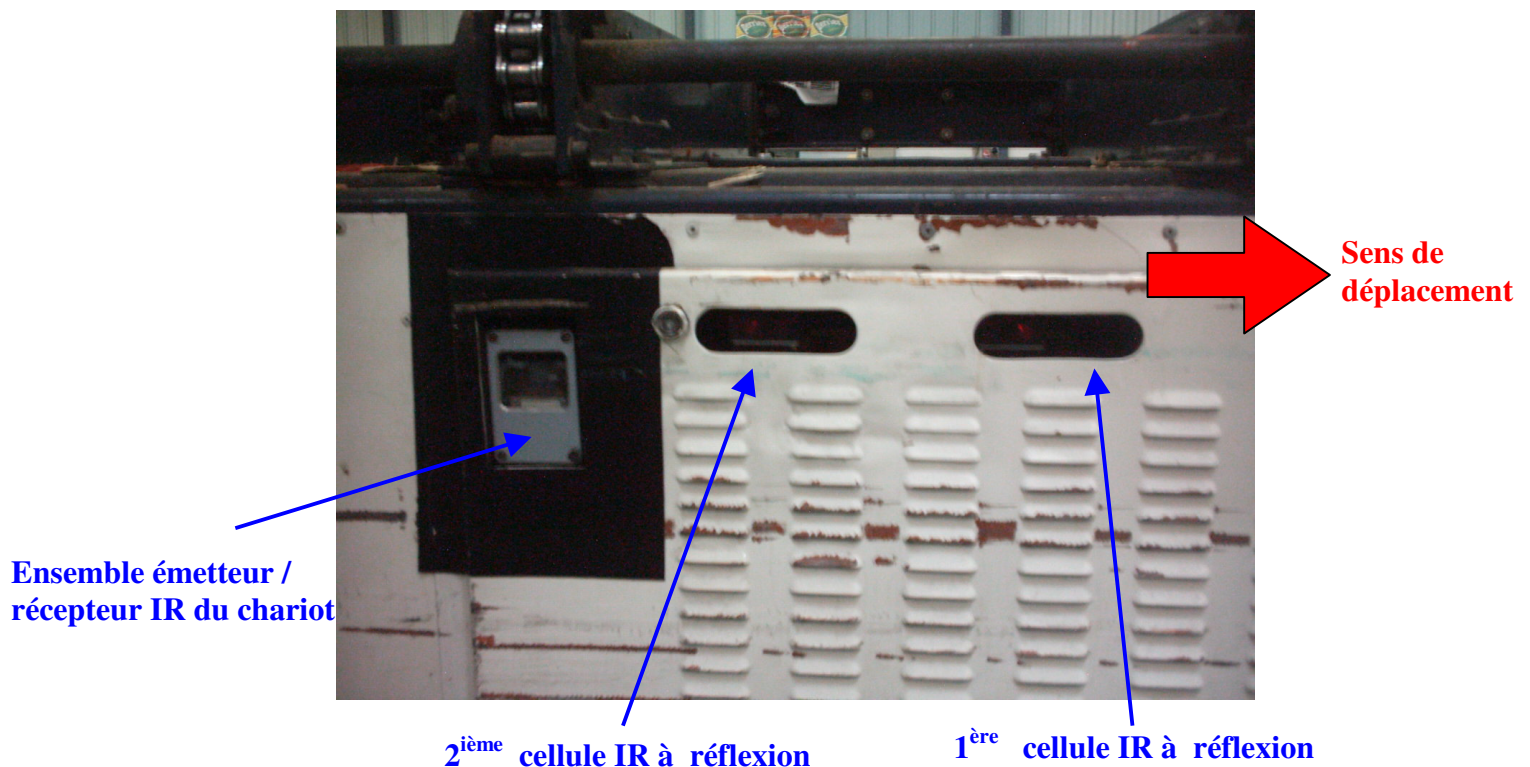
- 2 roues libres à l'arrière
- Le moteur de traction est un moteur à courant continu 48 V piloté par un variateur de vitesse 70 A qui entraîne le chariot avec 7 vitesses différentes possibles :
 - vitesse lente de départ
 - vitesse lente à l'approche d'un dock
 - vitesse lente dans les courbes
 - vitesse lente quand détection obstacle à distance
 - vitesse super lente de positionnement précis devant un dock
 - vitesse rapide (1 m/s) sur ligne droite
 - vitesse pour les tests de maintenance

Positionnement devant un dock : Poste de chargement ou de déchargement de palettes

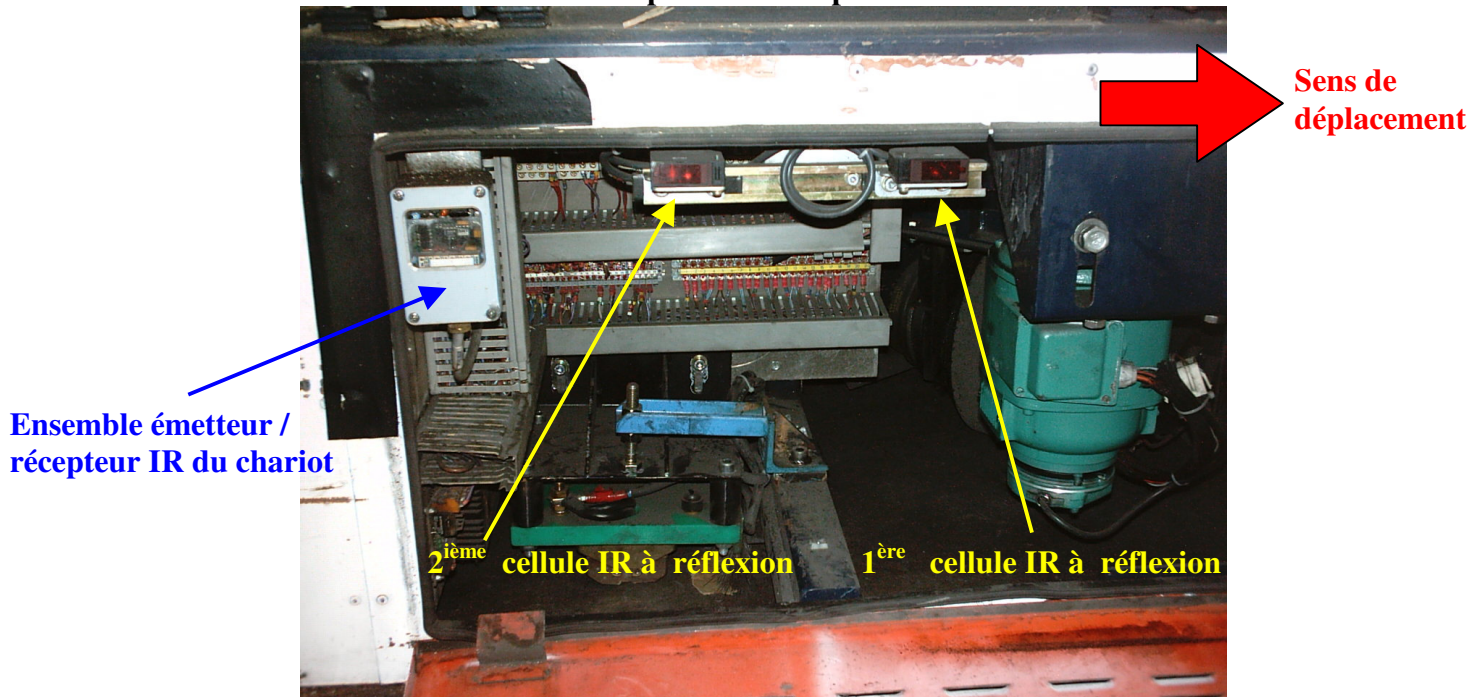
Le dock est muni d'un ensemble émetteur / récepteur Infra Rouge et d'une bande réfléchissante.



Le chariot est muni également sur son côté droit d'un même ensemble émetteur / récepteur IR et de 2 cellules infra rouge à réflexion.



Même photo avec capot ouvert



Le chargement (comme le déchargement) se fait par une procédure de type maître-esclave par les 2 ensembles émetteur / récepteur.

Cas d'un chargement de palette :

Lorsqu'une palette est en attente de chargement, le dock l'indique en allumant son émetteur IR.

A l'approche d'un dock (~3m) le chariot passe au dessus d'une « balise » au sol et la détecte, ce qui le fait passer en vitesse lente.



Lorsque la 1^{ère} cellule IR à réflexion du chariot passe devant la bande réfléchissante du dock, un ordre de ralentissement supplémentaire est donné. Lorsque c'est au tour de la 2^{ème} cellule à réflexion, le chariot s'arrête avec précision.

Les ensembles Emetteur / récepteur du dock et du chariot se situent alors en face l'un de l'autre et la communication peut commencer.

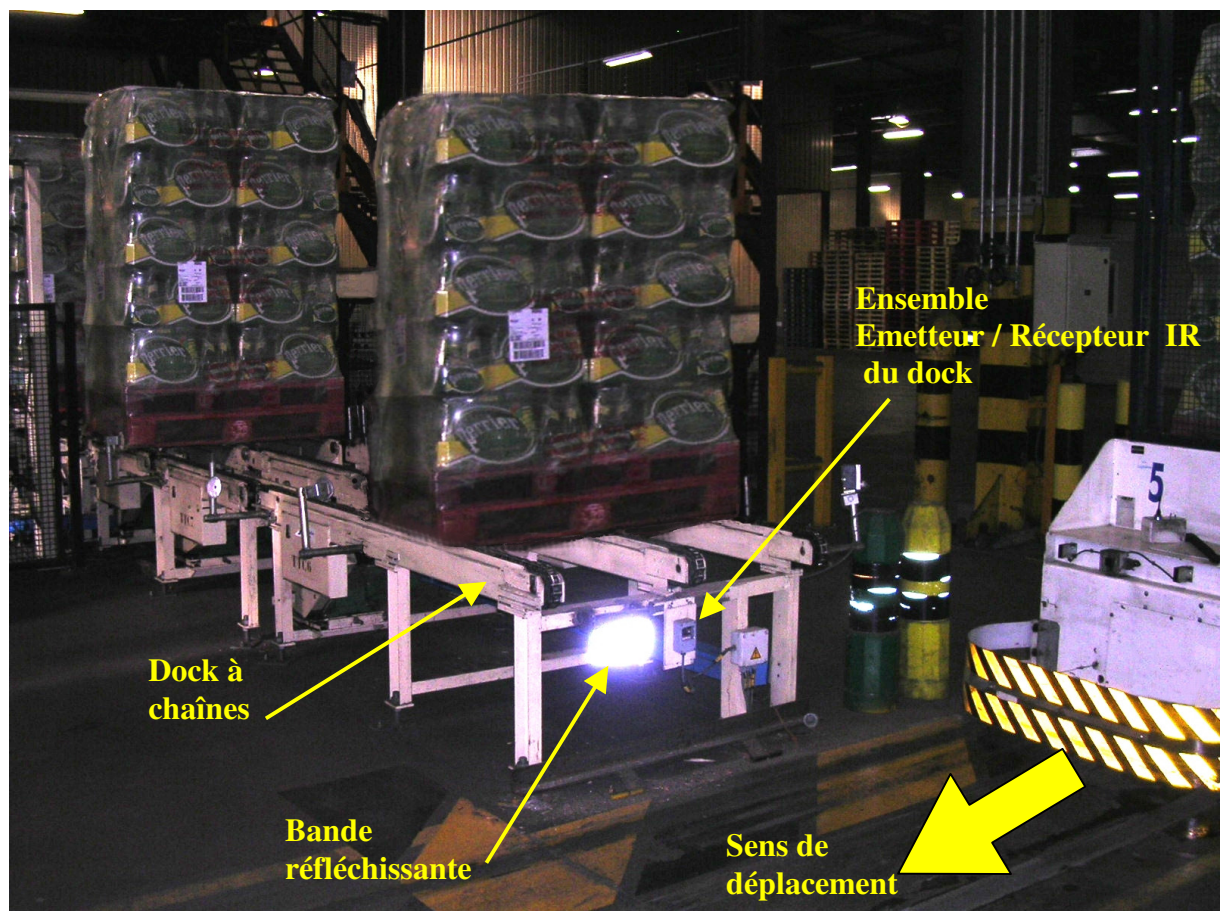
Le chariot indique au dock grâce à son émetteur IR qu'il est prêt à réceptionner la palette.

Les rouleaux ou les chaînes du dock et du chariot se mettent en marche pour transférer la palette.

Quand le superviseur est informé du bon déroulement du chargement de la palette, il éteint l'émetteur IR du dock et communique un nouveau scénario au chariot (transporter la palette vers un autre dock), celui-ci redémarre.

Chargement d'une palette sur le chariot :

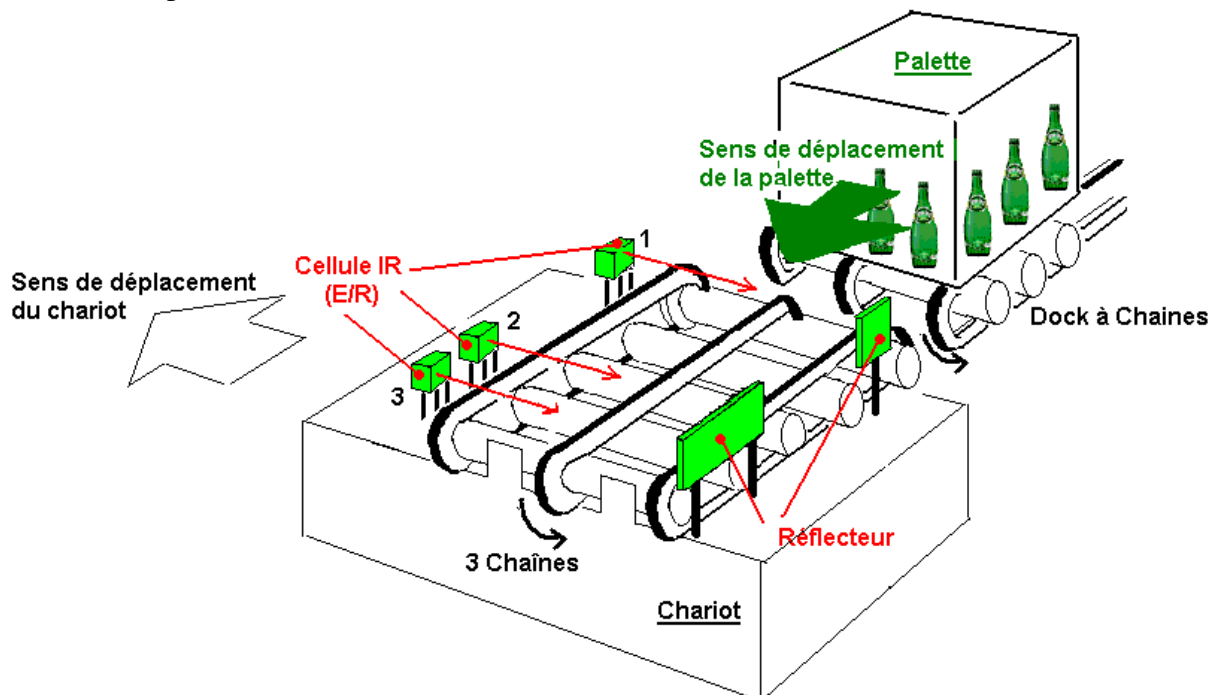
Initialement la palette est positionnée sur les rouleaux ou les chaînes du dock, en attente d'un chariot.



Quand un chariot est stoppé devant le dock, un ordre de chargement met en rotation les rouleaux ou les chaînes du dock et du chariot. Sur le chariot c'est un moteur à courant continu qui entraîne les rouleaux ou les chaînes. La palette est alors transférée du dock vers le chariot.



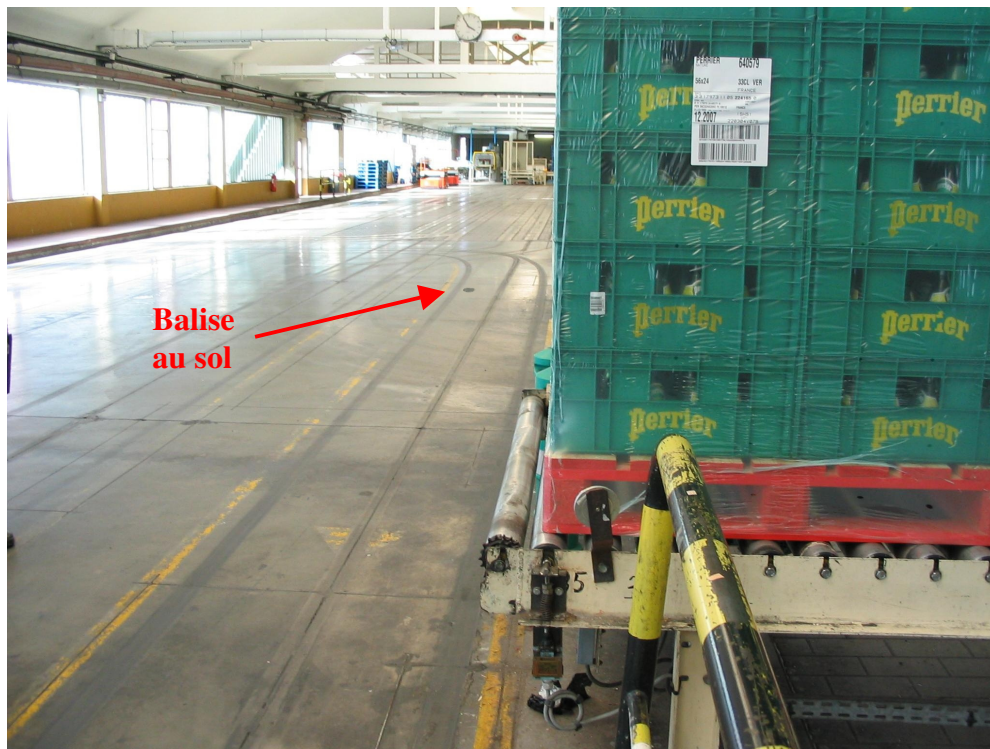
Détail sur la phase de transfert



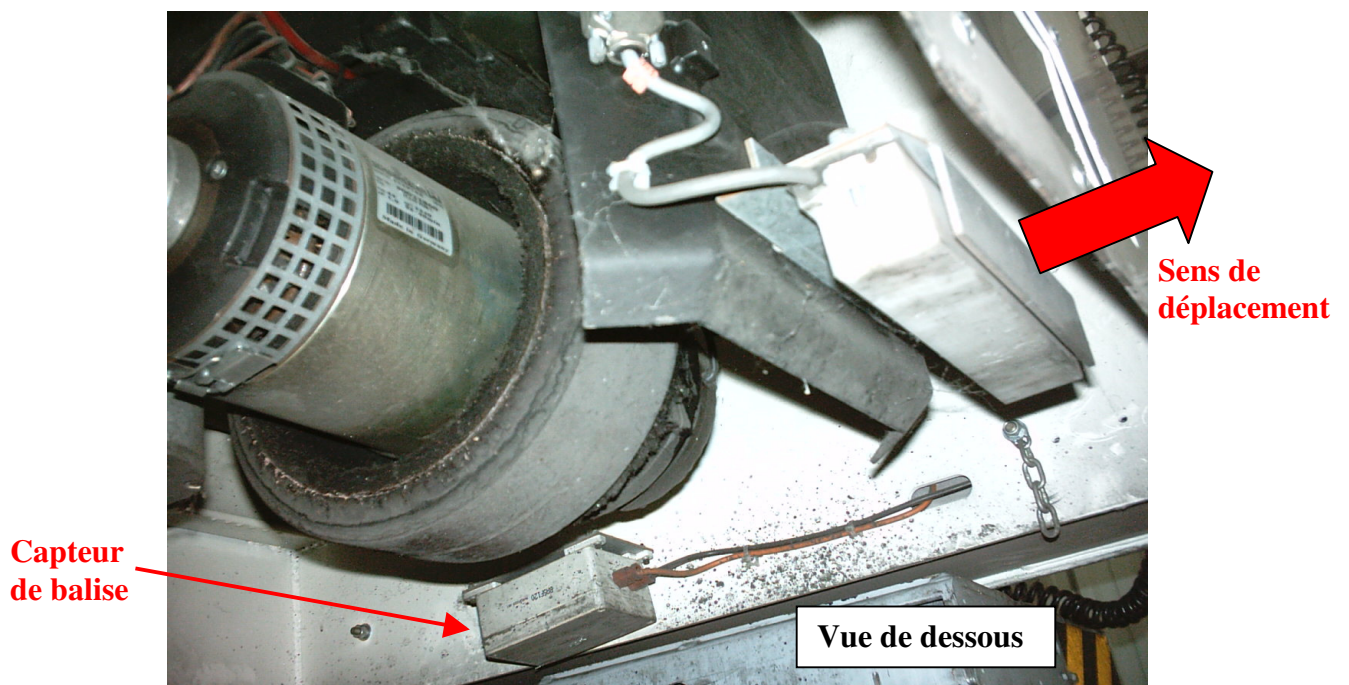
Le chariot dispose sur un côté de 3 cellules Infra Rouges à rétro réflexion (Emetteur / Récepteur) et sur l'autre côté de 2 réflecteurs. La cellule 2 sert uniquement à donner l'ordre de ralentir la rotation des rouleaux ou des chaînes quand la palette arrive presque en bout de course.

Sécurité : Une palette est considérée comme correctement positionnée au fond du chariot, si la cellule N° 1 est libérée, et si la cellule N° 3 est occultée.

Ordre de variation de vitesse



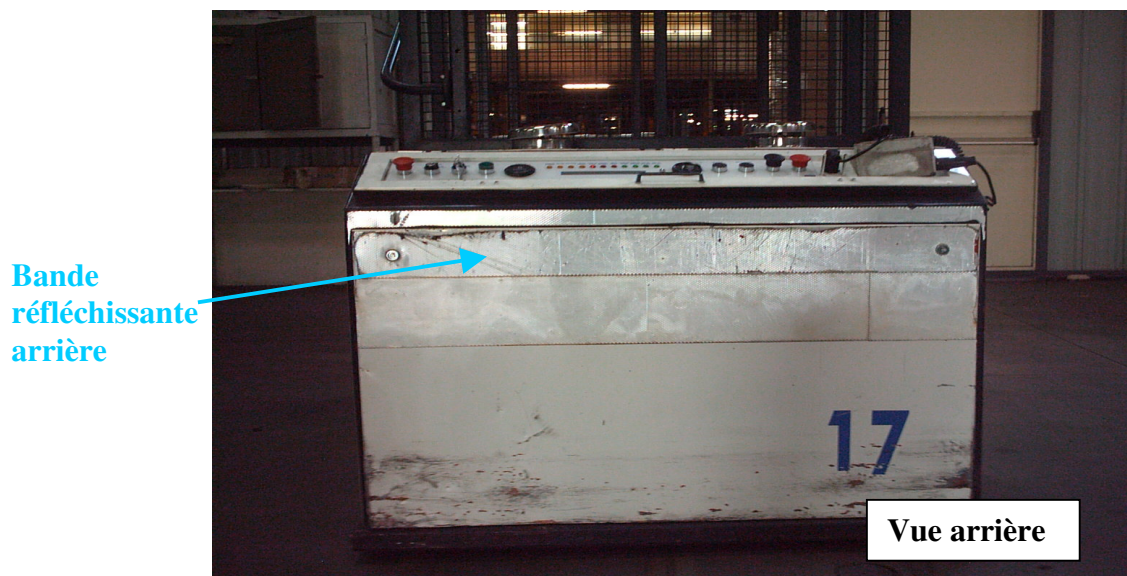
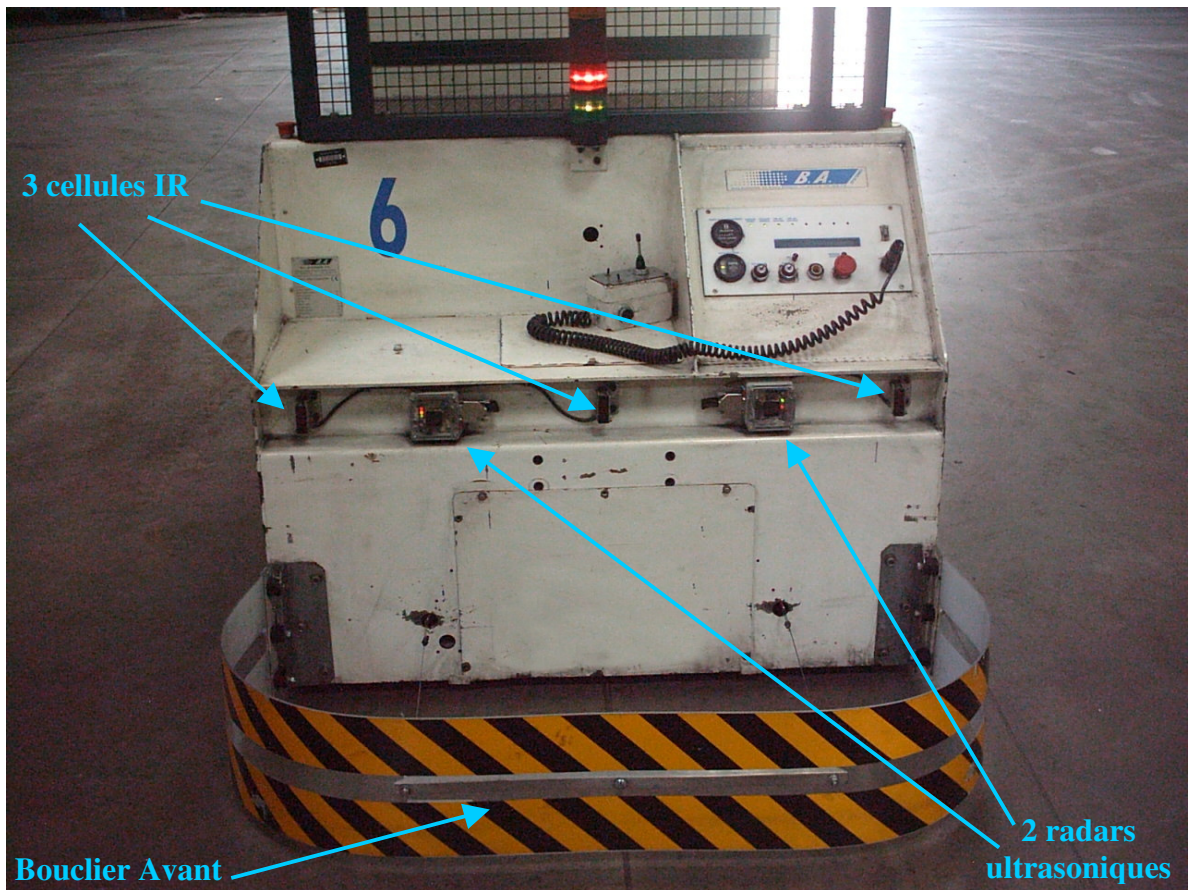
Des petites spires, appelées « balises » (10 cm de diamètre) sont enterrées dans le sol. Un capteur disposé sous le chariot permet de détecter leur présence par mesure de leur impédance.



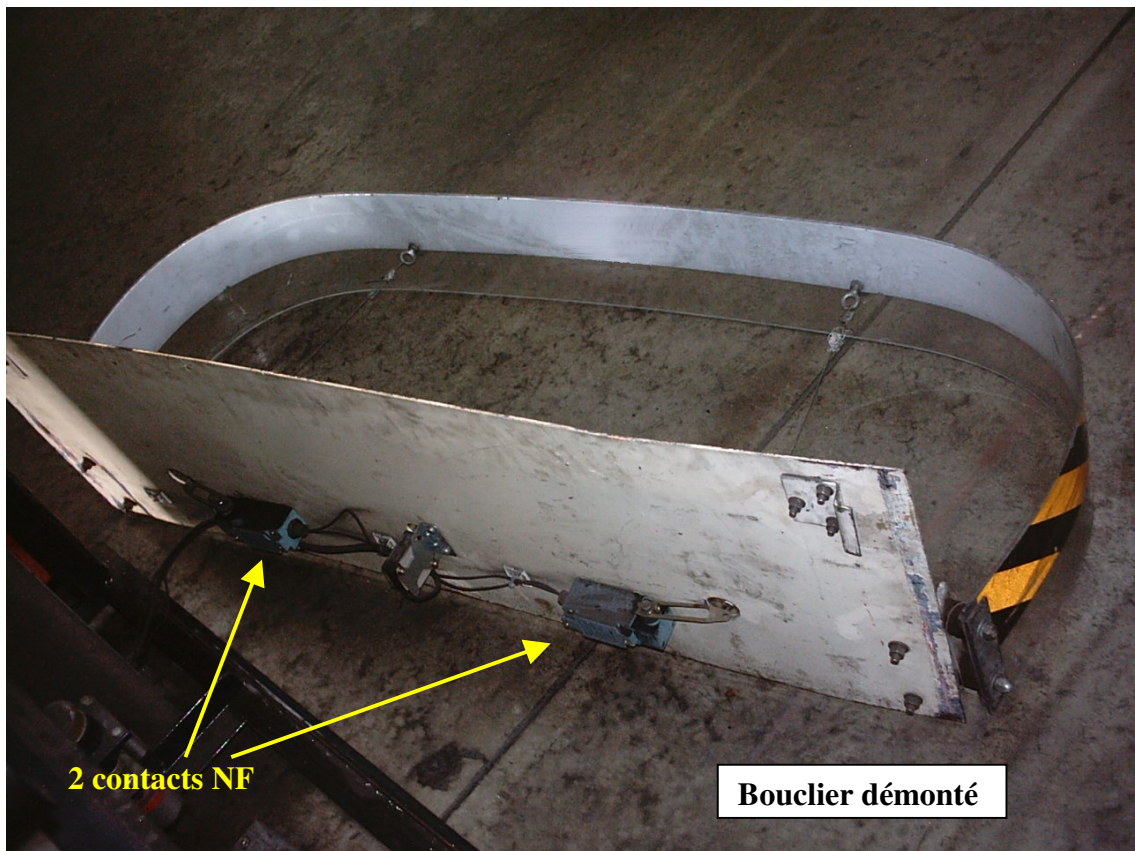
Selon son scénario, le chariot tient compte ou pas des balises détectées sur son parcours. Ces balises peuvent lui indiquer un changement de vitesse mais également un passage en « hors fil ».

Capteurs de sécurité à l'avant : Le chariot est équipé de :

- 3 Cellules IR détectant la bande blanche réfléchissante située à l'arrière du chariot qui le précède → Ralentissement → Si ces 2 types de capteurs sont activés le chariot s'arrête à 1 m du chariot qui le précède.
- 2 Radars ultrasoniques à l'avant (1 à droite et 1 à gauche) → Ralentissement en cas de détection d'obstacle à distance, la vitesse normale étant rétablie 3 s après l'élimination de celui-ci.



- 1 Bouclier à l'avant muni de 2 contacts de type NF (normalement fermé).
Si le bouclier est touché, il y a arrêt du chariot, puis le chariot redémarre automatiquement au bout d'un délai de 3 s après la disparition de l'obstacle.



Ces 2 contacts sécurité sont câblées en série.

Biper

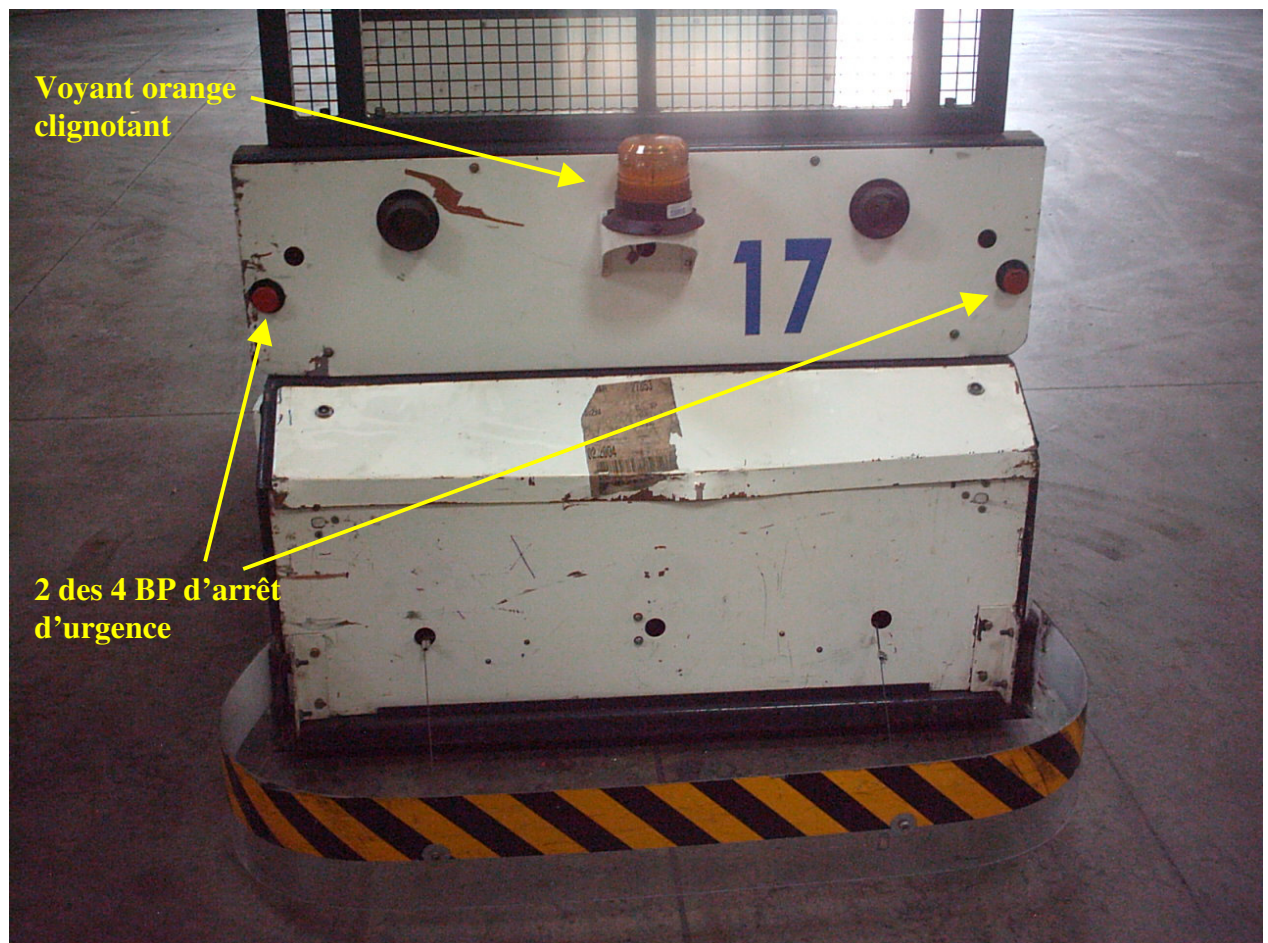
Le biper situé sous le capot arrière du chariot, sonne en cas de recul, de détection d'un défaut, ou de contact sur le bouclier avant.

Voyant

Tous les chariots disposent au moins d'un voyant orange qui clignote en cas de mouvement. Certains chariots possèdent également un voyant rouge pour signaler un défaut et un voyant vert pour indiquer sa mise sous tension.

Arrêt d'urgence

Une action sur l'un des 4 boutons poussoirs situés aux 4 coins du chariot, provoque un arrêt immédiat.

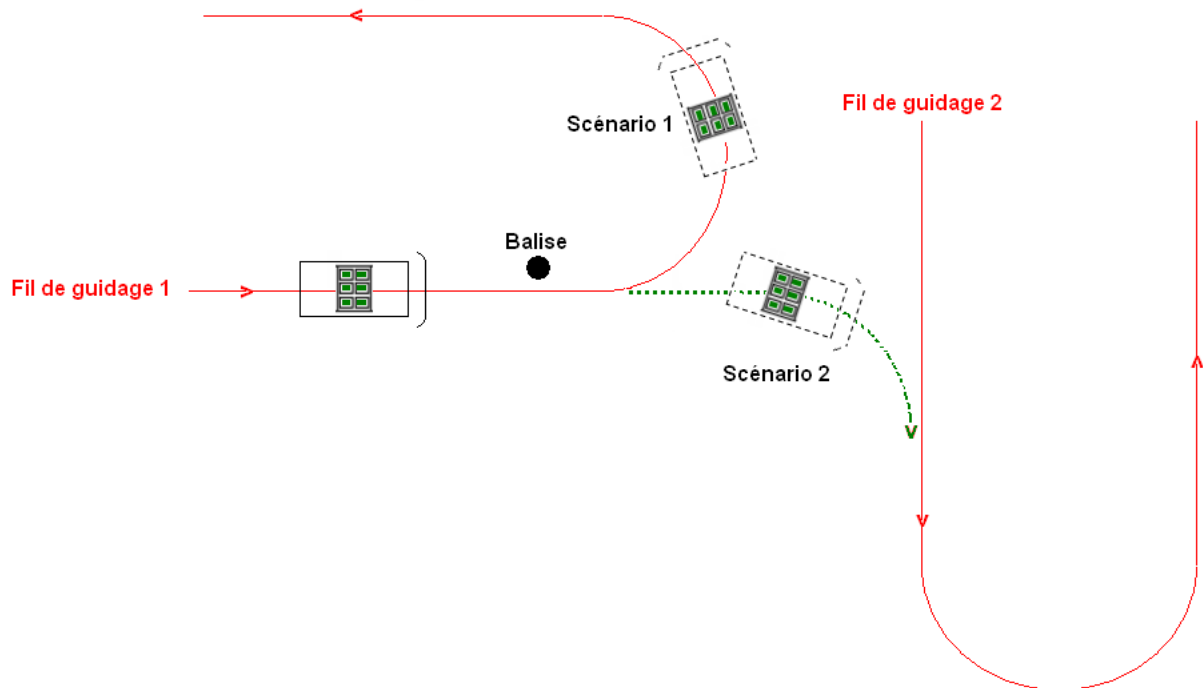


Fonctionnement en "hors fil"

Un chariot fonctionne en « hors fil » quand son parcours devient indépendant du fil de guidage. Cela est nécessaire quand il doit réaliser un virage à 90° et ou passer d'un parcours de fil à un autre.

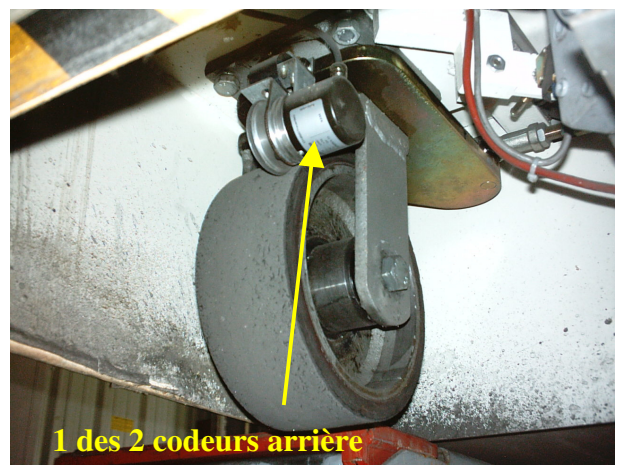
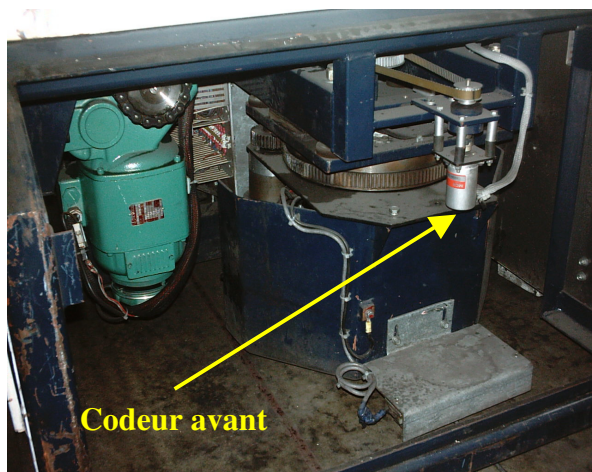
Quand le chariot rencontre une balise sur son parcours, son scénario lui indique s'il doit en tenir compte en effectuant une manœuvre particulière telle que :

- Scénario 1 : ralentissement dans la courbe.
- Scénario 2 : passage en « hors fil » pour changer de fil de guidage.



Pendant la phase de « hors fil », seuls des capteurs incrémentaux liés aux 3 roues, indiquent au chariot sa position relative :

- Un codeur incrémental à l'avant indique l'angle de rotation effectué par la roue avant.
- Deux codeurs incrémentaux à l'arrière, permettent d'évaluer par moyennage la distance parcourue.



Remarque :

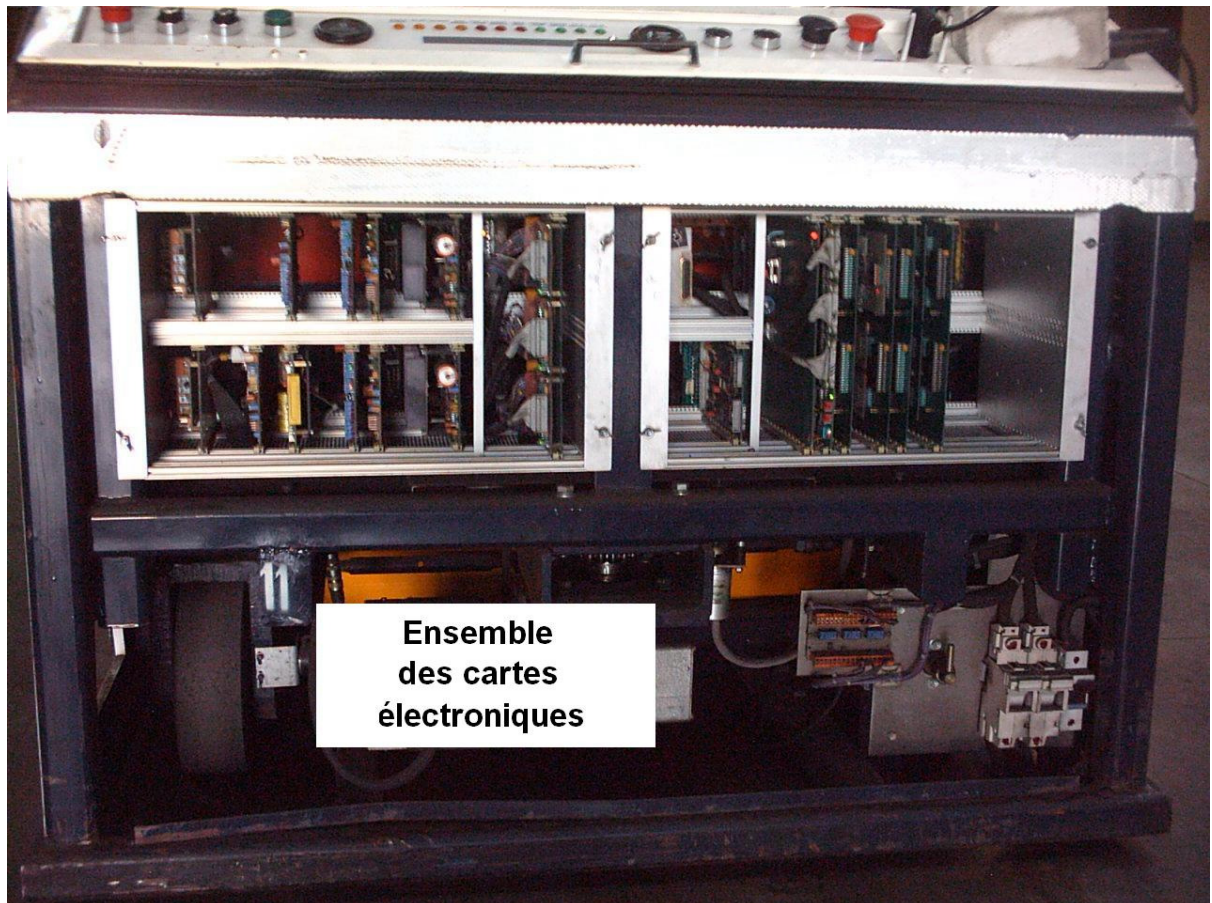
Le « hors fil » ne peut excéder 1,2 m par manque de précision des informations des codeurs.

Lorsque la phase de « hors fil » est terminée, le chariot recherche automatiquement le fil de guidage. Si le fil de guidage n'est pas trouvé, le chariot s'arrête et se met en défaut.

Programme

Les différentes cartes électroniques (capteurs, moteurs...) sont pilotées par un programme inscrit dans une EEPROM associée à un microprocesseur 6809 de MOTOROLA et des ports d'entrées / sorties 6821.

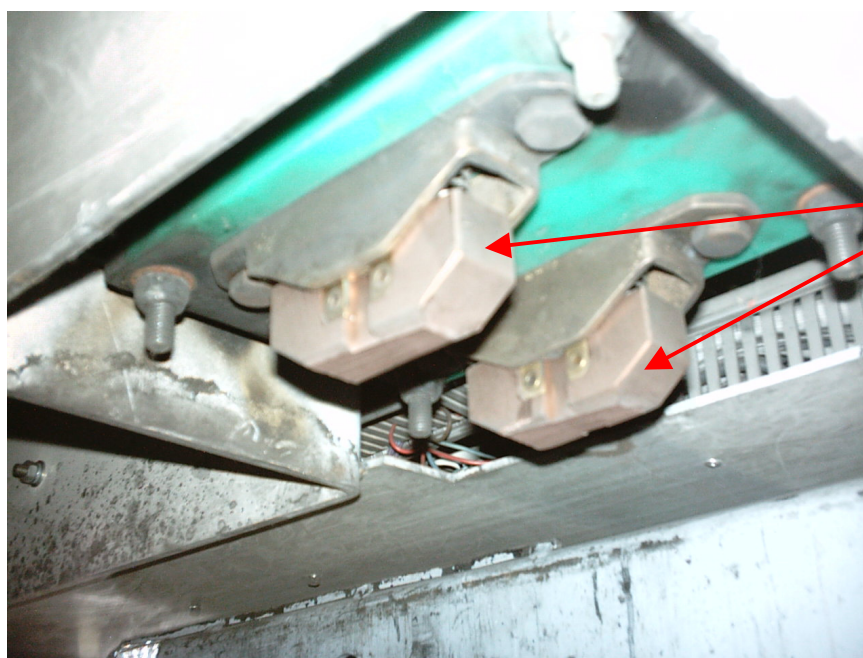
Vue arrière du chariot



Après que le superviseur ait transmis un scénario au chariot, celui-ci fonctionne en autonomie.

Recharge de la batterie

La recharge de la batterie est 100 % autonome (sauf rajout d'eau une fois par semaine). Elle se fait soit en fin de journée, soit quand la signalisation "Batterie Niveau Bas" est activée. L'envoi du chariot au poste de charge est géré par le superviseur. La durée de charge est de 8 h. La recharge est effectuée par des patins (contacts).



b- EVOLUTION DES CHARIOTS DANS L'USINE PERRIER

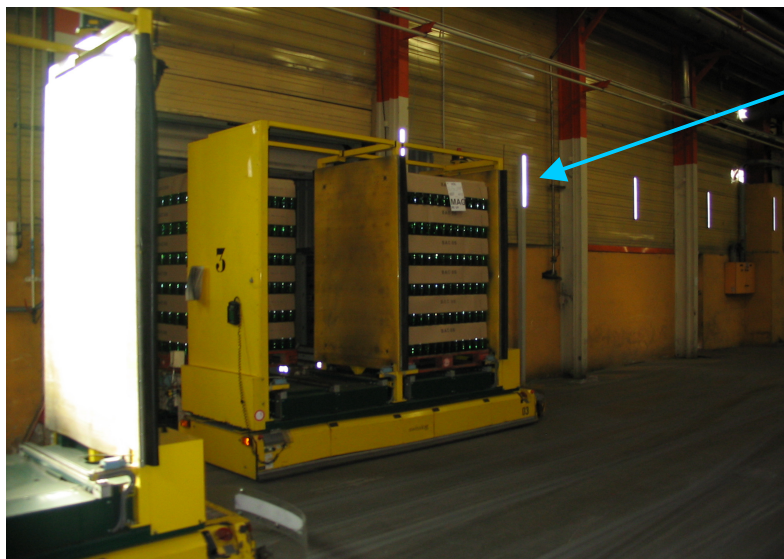
b1- 1^{ère} évolution

Chariot filoguidé avec une roue motrice et directrice à l'avant et deux directrices à l'arrière.
→ Lorsque le chariot fait un virage, il reste tangent au fil.

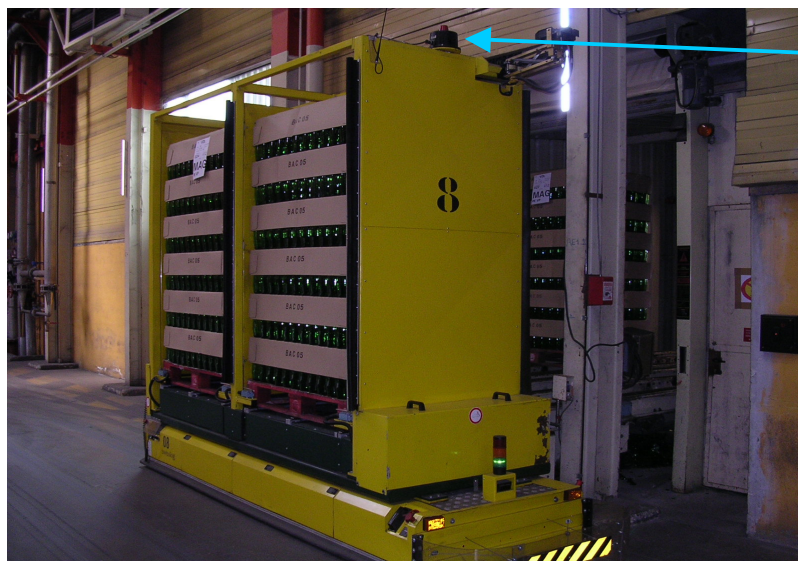
b2- 2^{ème} évolution: Nouvelle technologie

Le chariot est piloté par un système à guidage laser.

Une série de réflecteurs est posée avec grande précision sur les murs et le chariot dispose sur sa partie haute d'une tête laser tournante. Par triangularisation et grâce à la mémorisation d'une matrice avec un maillage de 5 mm par 5 mm qui représente l'usine virtuellement, le chariot sait se situer en permanence dans l'enceinte de l'usine.



Réflecteur

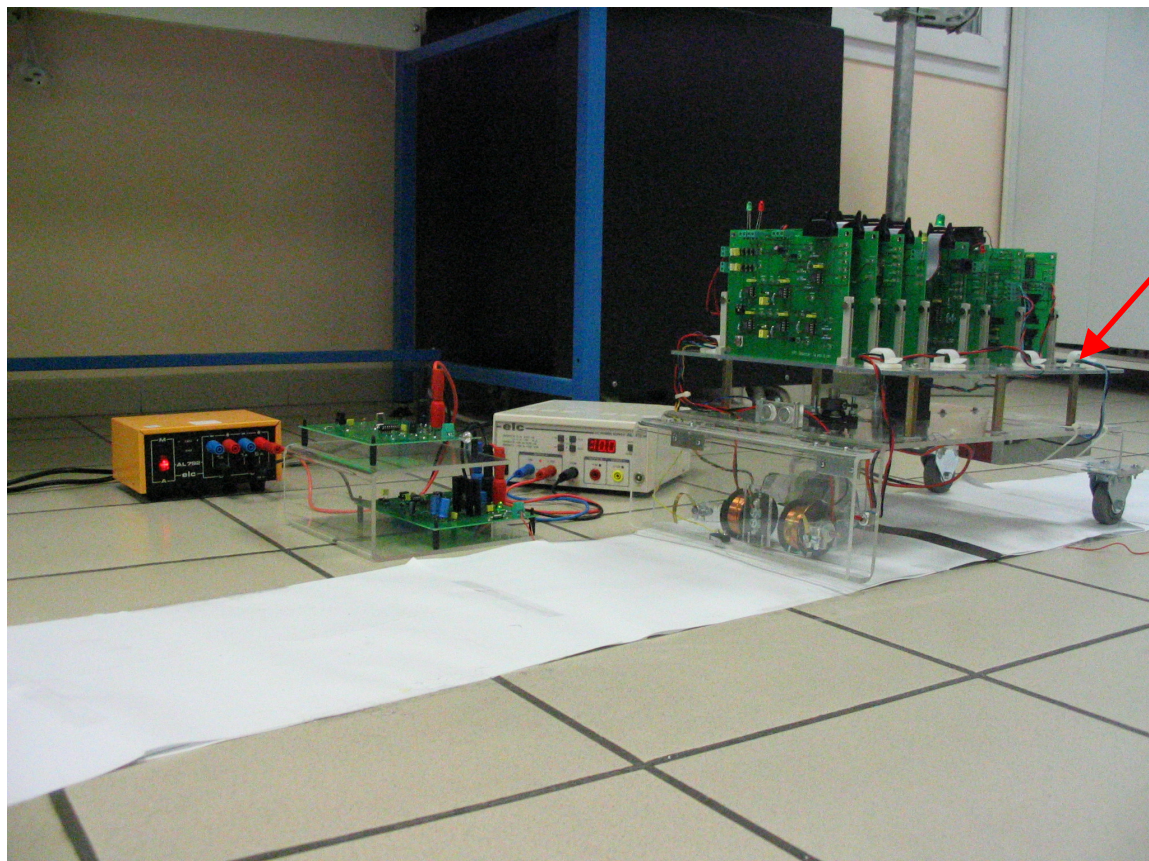


Tête laser
tournante

Avantages de cette solution

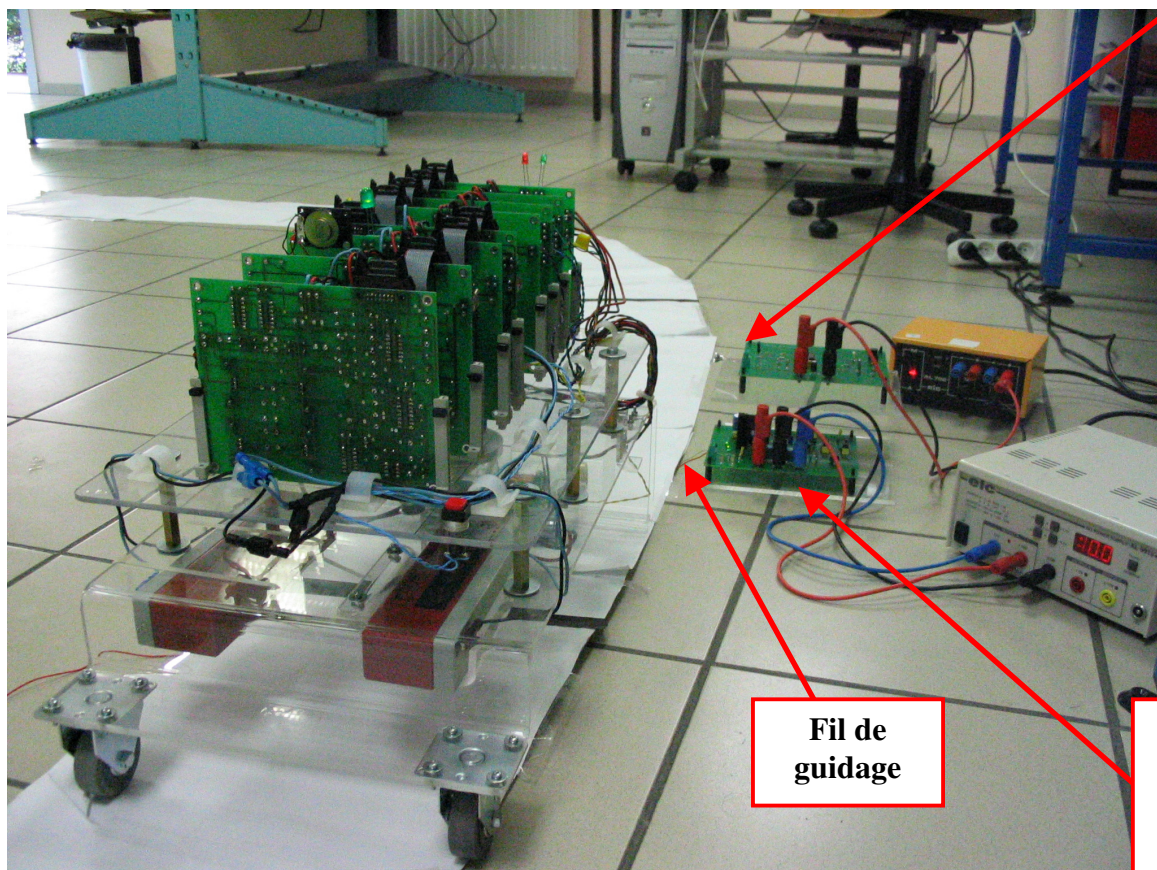
- Economie de la pose du fil de guidage à enterrer dans le sol.
- Modification aisée du parcours du chariot.

c- CHARIOT FILOGUIDE MAQUETISE



Chriot

Dock

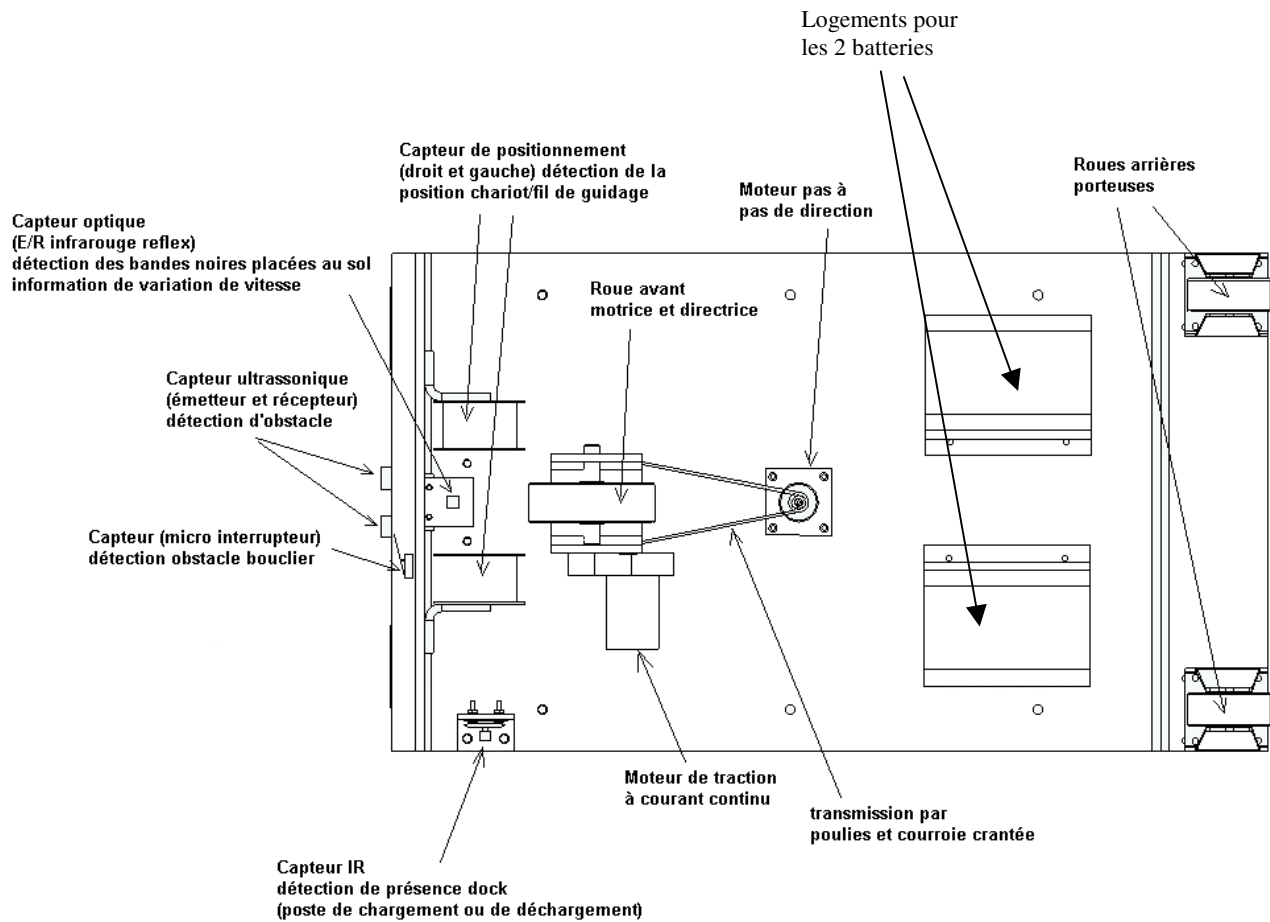


Fil de guidage

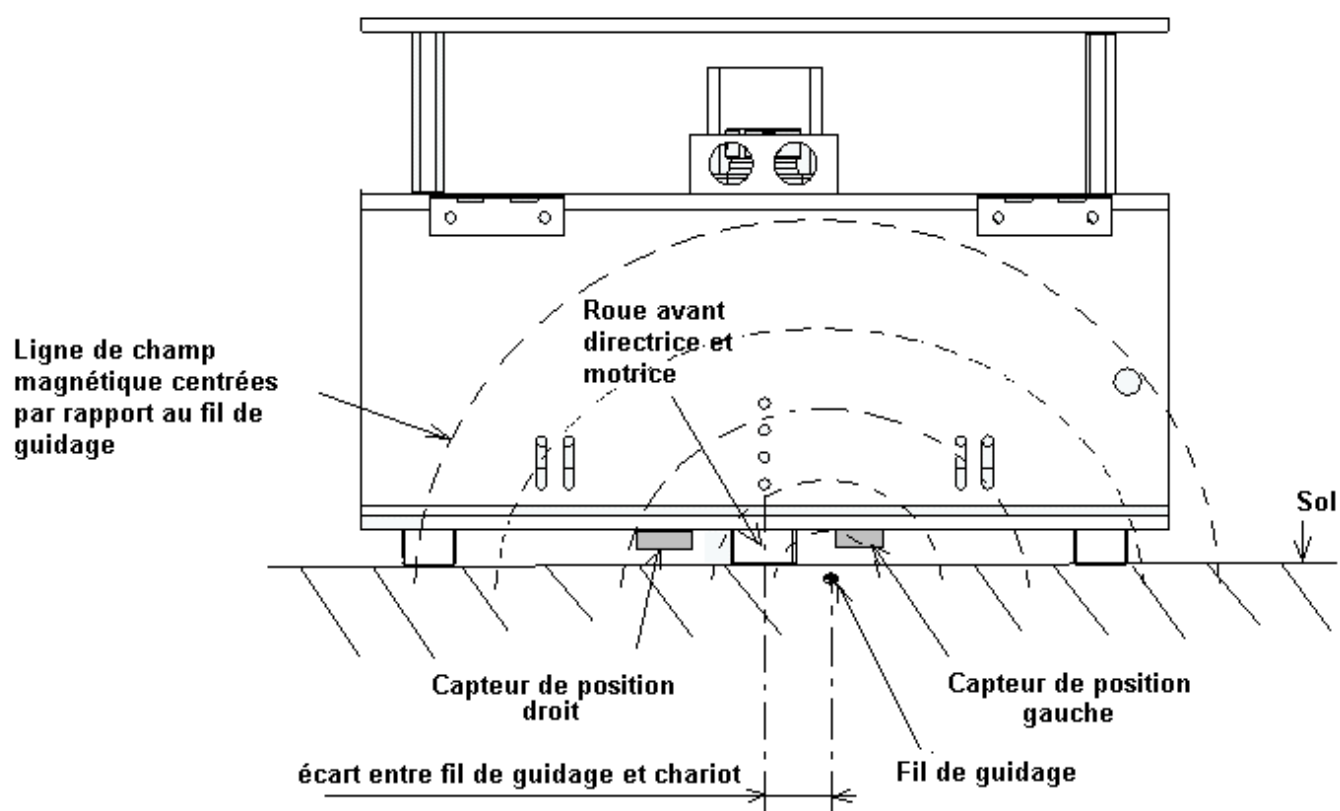
Carte alimentation du fil de guidage

DESCRIPTIF DU MATERIEL MECANIQUE ET ELECTRONIQUE

c1- Vue de dessous



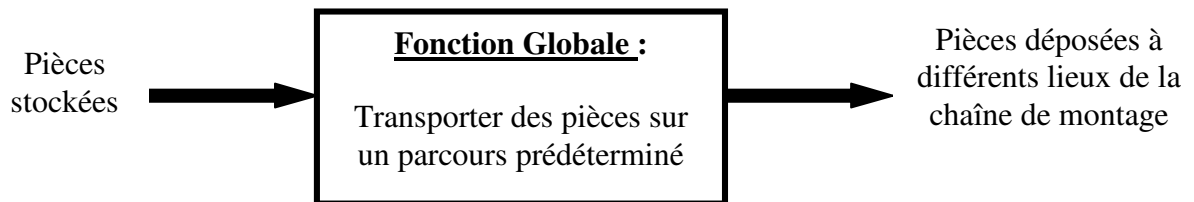
c2- Vue de face



II/ ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OBJET TECHNIQUE: **CHARIOT MAQUETISE**

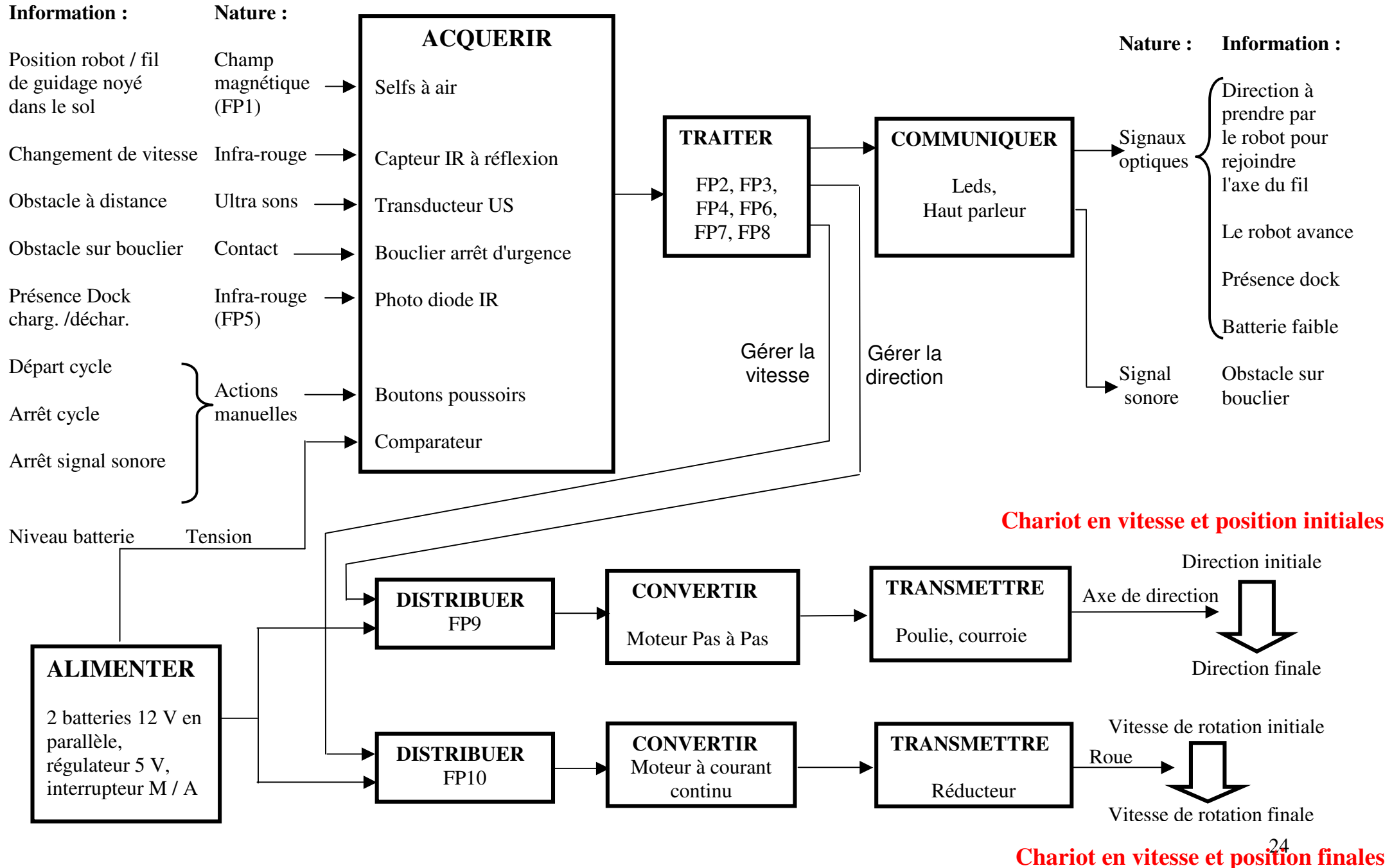
II-1/ SCHEMA FONCTIONNEL DE NIVEAU 1 DE L'O.T.

Matière d'œuvre: Nature matérielle



Quelques objets réalisant la même fonction globale:
Métro – T.G.V. – Téléphérique

II-2/ MODELE FONCTIONNEL DE L'O.T.



ETUDE DU MODELE FONCTIONNEL

Fil de guidage et ses capteurs

Un fil de guidage noyé dans le sol est parcouru par un courant sinusoïdal alternatif de quelques centaines de mA d'amplitude et de 15 kHz de fréquence. Il génère un champ magnétique qui est détecté par 2 ensembles (bobine + condensateur) situés de chaque côté du chariot.

En fonction de la position du chariot, l'intensité du signal mesuré par chacun des capteurs est différente. Un "calcul d'erreur" est alors effectué afin de déterminer avec précision, la position relative du chariot par rapport au fil de guidage.

Ainsi des signaux de "commande de direction" sont transmis au moteur pas à pas, pour que la roue avant directrice amène le chariot à se centrer par rapport au fil de guidage afin de suivre le parcours prédéterminé.

Roues et moteurs

- 1 roue avant centrale avec un système poulie / courroie liant mécaniquement entre eux le moteur de traction (moteur à Courant Continu) et le moteur de direction (moteur Pas à Pas).
- 2 roues libres à l'arrière.

Positionnement devant un dock

Les docks (postes de chargement ou de déchargement des palettes) émettent des signaux Infra Rouges. Quand le chariot muni d'un capteur Infra Rouge détecte la présence de l'un d'eux, un ordre d'arrêt est donné.

Pour simuler que la prise ou la pose de la palette est achevée, un appui sur le bouton poussoir BPfinchag empêchera l'émission du signal Infra Rouge à partir du dock et le chariot redémarrera à petite vitesse.

Ordre de variation de vitesse

En fonction de la géométrie du parcours, des bandes noires sont tracées sur le sol blanc.

Quand le capteur optique Infra Rouge à réflexion situé sous le chariot, détecte une bande noire, soit un ordre d'accélération est donné (ceci peut se produire, par exemple, dans le cas où le chariot peut se déplacer sur une longue ligne droite), soit un ordre de ralentissement est donné (ceci peut se produire, par exemple, à la proximité d'un virage ou d'un dock).

Au démarrage, le chariot démarre avec une petite vitesse (vitesse N° 1). A la détection de la 1^{ère} bande noire, il accélère (vitesse N° 2). A la détection de la 2^{ième} bande noire, il ralentit (vitesse N° 1), et ainsi de suite. Un calcul de la vitesse à transmettre au chariot est alors effectué. Ainsi des signaux de "commande de traction" à rapport cyclique variable sont transmis au moteur à Courant Continu, pour que la roue avant motrice amène le chariot à se déplacer à la vitesse désirée.

Capteurs de sécurité à l'avant

- Un capteur ultrasonique situé à l'avant du chariot permet de détecter un obstacle à distance (personne ou matériel). Dans ce cas un ordre d'arrêt est transmis. Le chariot redémarre uniquement quand 3s se sont écoulées après la disparition de l'obstacle.
- Un bouclier muni d'un contact normalement ouvert est placé à l'avant. Si le bouclier est touché, le chariot reçoit l'ordre de s'arrêter (Arrêt d'urgence), et une signalisation sonore retentit. Le redémarrage sera opérationnel qu'après la suppression de l'obstacle et l'appui sur le bouton poussoir "Départ Cycle".

Biper et voyant

Le chariot émet des informations sonores et lumineuses.

- Une sonnerie retentit s'il y a contact sur le bouclier avant.
- Un voyant rouge s'allume dès que le niveau de charge de la batterie est trop bas, c'est à dire inférieur à 10 V.
- Un voyant vert clignotant indique que le chariot est en mouvement.
- 2 voyants indiquent la position relative du chariot par rapport au fil de guidage (chariot trop à gauche ou trop à droite).
- 1 voyant jaune s'allume quand le chariot détecte la présence du dock.

Interrupteur "Marche / Arrêt"

Il permet l'alimentation en 5V et 12 V des cartes électroniques.

Bouton poussoir "Départ Cycle"

Un bouton poussoir "Départ Cycle" permet de lancer la séquence de fonctionnement du chariot.

Bouton poussoir "Arrêt cycle"

Le bouton poussoir Reset du PIC sert aussi d'arrêt d'urgence. Quand celui-ci est actionné, le programme est re-initialisé et le chariot est stoppé. Seul un appui sur le bouton poussoir "Départ Cycle" permettra de redémarrer le chariot en lançant une nouvelle séquence de fonctionnement.

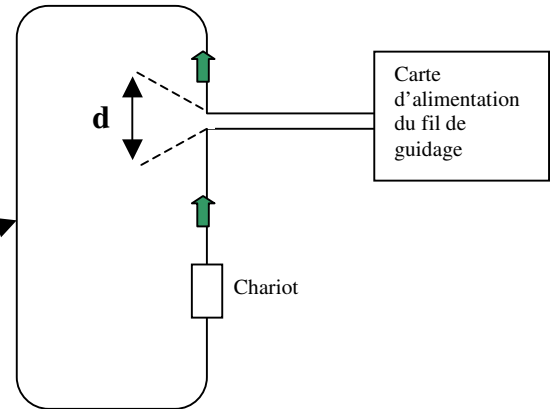
Bouton poussoir "Arrêt signal sonore"

Ce bouton poussoir permet d'arrêter la sonnerie indiquant un contact sur le bouclier avant.

Fonctionnement en hors fil

Ce type de fonctionnement en tant que tel n'est pas prévu. Mais le chariot peut fonctionner sans fil de guidage et franchir la distance « d », si celle-ci n'excède pas quelques centimètres.

Fil de guidage :
circuit en boucle



Programme

Les différentes cartes électroniques (capteurs, moteurs ...) sont pilotées par un programme inscrit dans un PIC 16F877 de MICROCHIP.

Batterie

Un ensemble de 2 batteries est embarqué sur le chariot. Il assure l'apport d'énergie électrique au chariot afin qu'il puisse se déplacer de façon autonome.

II-3/ COMPARAISON ENTRE LE CHARIOT DE LA SOCIETE PERRIER ET LE CHARIOT MAQUETISE

Compléter le tableau suivant :

	Sté PERRIER	Chariot didactisé	Remarques éventuelles
Présence d'un superviseur ?			
Roues			
Liaison mécanique entre les 2 moteurs			
Positionnement devant un dock et Redémarrage			
Zone de chargement des palettes sur le chariot et le dock			
Ordre de variation de vitesse			
Nbr de vitesses différentes			
Capteurs de sécurité situés à l'avant			
Voyant			
Biper			
Marche et Arrêt d'urgence			
Fonctionnement en « hors fil »			
Programme			

Recharge de la batterie

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: r

STACK:

12
1263
4422
2547