

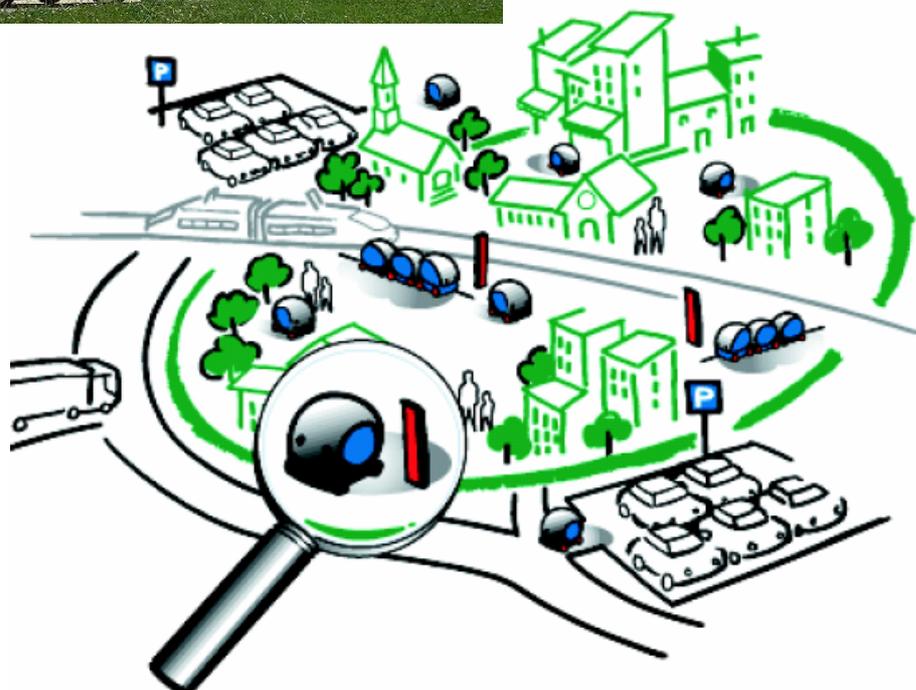
CONCOURS GENERAL DES LYCEES

SESSION 2007

Sciences de l'ingénieur

Durée : 5 heures

Système de transport individuel intelligent



CONTENU DU DOSSIER :

DOSSIER QUESTIONS :	document de 11 pages
DOSSIER TECHNIQUE :	documents DT01 à DT13
DOCUMENTS REPOSES :	feuilles réponses DR01 à DR05

Système de transport individuel intelligent

1. PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1. INTRODUCTION :

Depuis le début des années 90, des instituts de recherche tels que l'INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique) ont engagé d'importantes études sur les flottes de véhicules automatiques intelligents. Ce nouveau système de transport public individuel s'appuie sur des petits véhicules électriques conçus spécialement pour desservir des zones d'accès difficiles :

- Centres urbains historiques ;
- Gares et aéroports ;
- Campus universitaires ;
- Complexes hôteliers ;
- Sites industriels.

Ces véhicules sont particulièrement aisés d'utilisation :

- Contrôle d'accès par carte ;
- Pilotage à l'aide d'un joystick ;
- Service poste à poste (prise et dépose du véhicule en tout lieu) ;
- Parking et charge automatique des batteries ;
- Système de supervision centralisée...



Fig 1 : Véhicules autonomes en situation urbaine

La suite du sujet traitera de la proposition technique d'une entreprise (ici le fournisseur), en réponse à un appel d'offre européen défini par un CCTP (cahier de clauses techniques particulières). Ce projet concerne le transport de personnes sur un site industriel existant.

1.2. ELEMENTS EXTRAITS DU CCTP :

Une importante entreprise (ici le client) de réalisation de mobiliers d'extérieur, essentiellement en bois, souhaite équiper son site industriel de véhicules propres et autonomes pour la visite de son site. En relation fréquente avec des élus et des collectivités territoriales, elle privilégie la transparence et la qualité de ses productions, associées à une image de protection de l'environnement. Elle proscrie l'usage de pistes goudronnées au profit de chemins gravillonnés s'intégrant mieux à son site paysager bordé par un cours d'eau.

Caractéristiques de l'équipement :

- Nombre de véhicules de la flotte : environ 10 ;
- Capacité de charge : 4 personnes ou 300 kg ;
- Autonomie : > 30 km ;
- Vitesse moyenne en extérieur : 16 km/h ;
- Coût prévisionnel global : 250 k€ ;
- Le document DT01 représente le plan d'implantation du site à équiper.

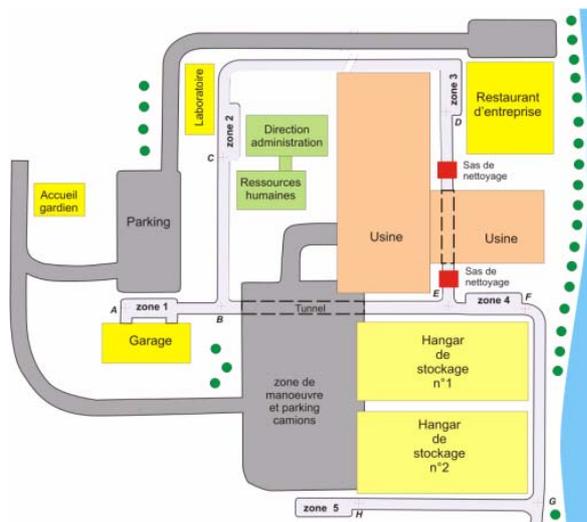


Fig 2 : Circuit pour voitures autonomes

1.3. PRESENTATION DE LA SOLUTION ROBUCAR

La société française ROBOSOFT qui est spécialisée dans les solutions de robotique, commercialise plusieurs types de bases électriques autonomes à roues, sans conducteur et filoguidées, destinées à évoluer dans des milieux sains ou hostiles, ou à accomplir des missions spécifiques (transports dangereux, déminage, explorations ...).

La solution retenue ici est la base « Robucar ». Elle se décline en plusieurs versions suivant l'utilisation finale que réclame le client. A cet égard, le document DT01 présente les caractéristiques techniques des

deux principales déclinaisons de la gamme Robucar, une version route d'une part et une version tout terrain d'autre part.

Deux ponts identiques et indépendants, caractéristiques de cette gamme, constituent la partie cycle du Robucar (DT01, DT02 et Fig 4).

Un pont comporte :

- deux roues entraînées chacune par un motoréducteur électrique 48V et ralenties par un frein électromagnétique à manque de courant ;
- une commande de braquage mue par un vérin électrique 48V ;
- un dispositif de suspension à 2 triangles superposés (type Mac Pherson).

Sur chaque pont, les motoréducteurs et le vérin sont gérés par un calculateur à microcontrôleur.

Un bus de terrain assure la liaison entre les deux calculateurs et un PC embarqué. Celui-ci communique à l'occasion avec le PC extérieur de supervision par une liaison sans fil (DT06, DT07 et Fig 5).

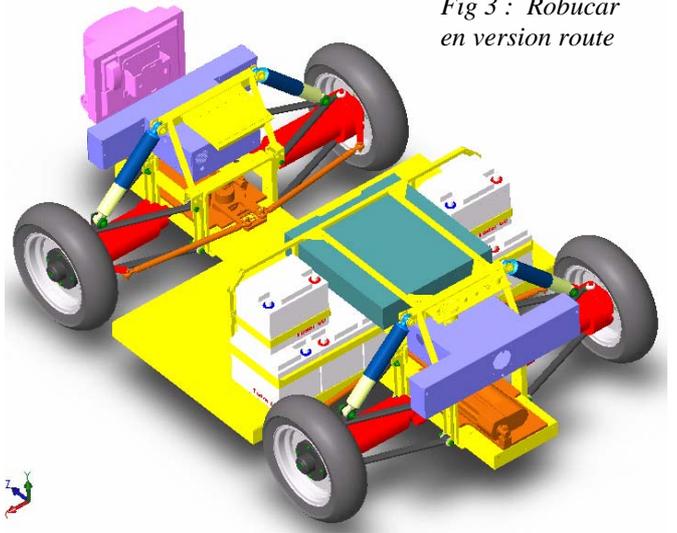


Fig 3 : Robucar en version route

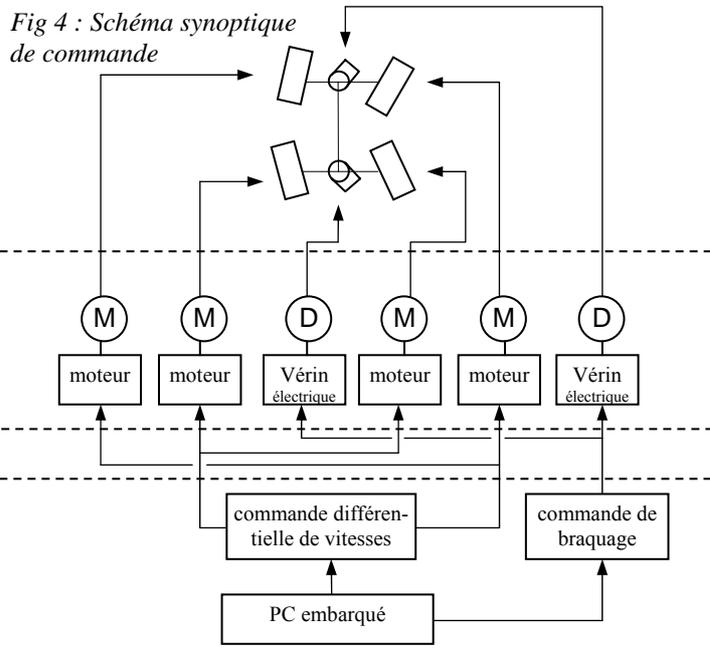
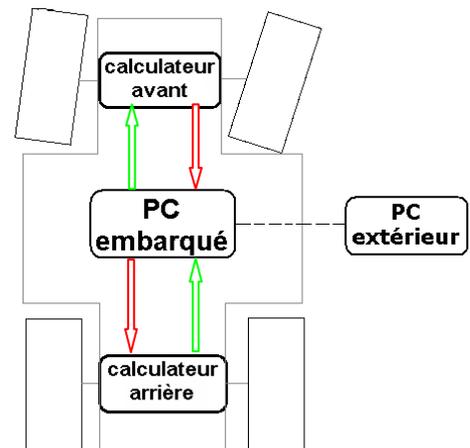


Fig 5 : Organisation de la communication



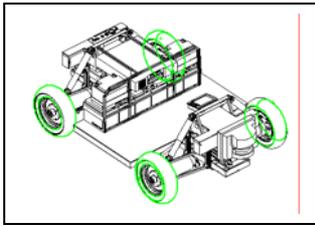
1.4. EXPRESSION DU BESOIN :

Le groupe de pilotage du fournisseur, chargé du suivi du projet, met en évidence une liste de contraintes sur lesquelles il conviendra d'être particulièrement vigilant :

- C1. Franchir le dos d'âne à l'entrée et à la sortie des sas de nettoyage des roues ;
- C2. Gravier les pentes maximales du circuit ;
- C3. Respecter la norme d'accélération SAE J227C imposée sur les véhicules électriques (DT03) ;
- C4. Assurer la trajectoire dans les courbes sur revêtement gravillonné ;
- C5. Réaliser un demi-tour dans les zones d'arrêt ou de demi-tour ;
- C6. Accepter le guidage par technologie laser à l'intérieur des enceintes industrielles ;
- C7. Prendre en compte le recyclage des batteries.

Le jour de la présentation du projet par le fournisseur (Robosoft) au client, les ingénieurs retiennent la démarche suivante : faire faire un tour de piste au client.

➔ Question 1A : A partir de l'analyse du circuit, identifier parmi les 7 contraintes, celles qui sont mobilisées dans les 3 colonnes non remplies du tableau (DR05).



2. ETUDE DE LA PROPULSION

L'objet de cette étude consiste à valider les solutions techniques retenues par le constructeur pour satisfaire les conditions :

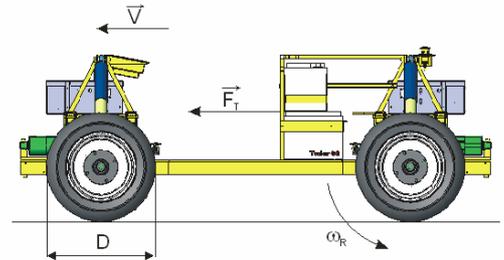
- C2 Gravier les pentes maximales du circuit ;
- C3 Respecter la norme d'accélération SAE J227C imposée sur les véhicules électriques.

2.1. ETUDE PRELIMINAIRE ; EXPRESSION DU COUPLE D'UN MOTEUR (version « route » du Robucar) :

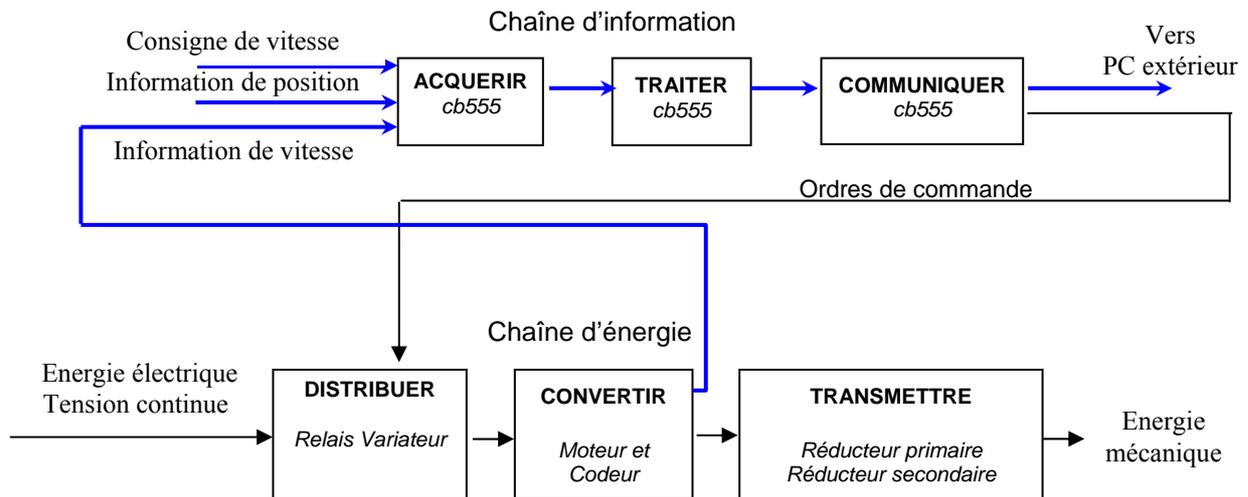
On appelle F_T la force de propulsion nécessaire pour faire avancer le véhicule.

Le véhicule est entraîné en ligne droite par les quatre moteurs de roues.

→ Question 2A : En reprenant les définitions de la puissance mécanique, déterminer la relation entre le couple C_R à fournir à chaque roue et la force de propulsion dans le cas d'une répartition égale de l'énergie sur chaque roue.



On se limitera par la suite à l'étude de la motorisation sur une roue. Les chaînes d'information et d'énergie de la motorisation sont représentées ci-dessous sous forme d'un schéma bloc.



Le document DT02 donne les caractéristiques du moteur électrique.

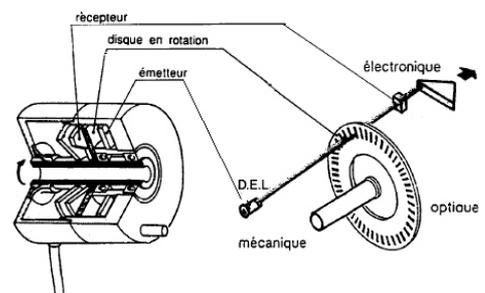
→ Question 2B :

- Déterminer le rapport de transmission théorique $r_T = \frac{\omega_{ROUE/CHASSIS}}{\omega_{MOTEUR/CHASSIS}}$ entre la vitesse de rotation d'une roue et la vitesse de rotation du moteur pour obtenir la vitesse maxi précisée dans les caractéristiques du Robucar.
- Exprimer le couple C_M que doit fournir l'arbre moteur sur l'arbre du réducteur en fonction du couple fourni par l'arbre de sortie du réducteur sur une roue.
- Exprimer enfin le couple C_M en fonction de la force de propulsion F_T .

2.2. CONTROLE DE LA VITESSE DE ROTATION D'UNE ROUE (DT02, DT06, DT07, DT08) :

La mesure de la rotation du moteur est réalisée par un codeur incrémental fixé sur l'arbre du moteur. Les 2 pistes du disque rotatif sont divisées en intervalles d'angles égaux alternativement opaques et transparents.

Le rapport de réduction global choisi par le constructeur entre un moteur et une roue est de 15.



→ Question 2C :

- Le codeur incrémental choisi est le GI338 1 22 41 15. Indiquer les caractéristiques du signal de sortie.
- Vérifier sa compatibilité en vitesse avec le moteur.
- Calculer la fréquence de commutation de l'étage de sortie du codeur pour la vitesse maximale de Robucar.
- Le véhicule se déplace à sa vitesse maximale et le codeur tourne dans le sens horaire. Tracer les signaux A et B fournis par le codeur. Indiquer les valeurs particulières.

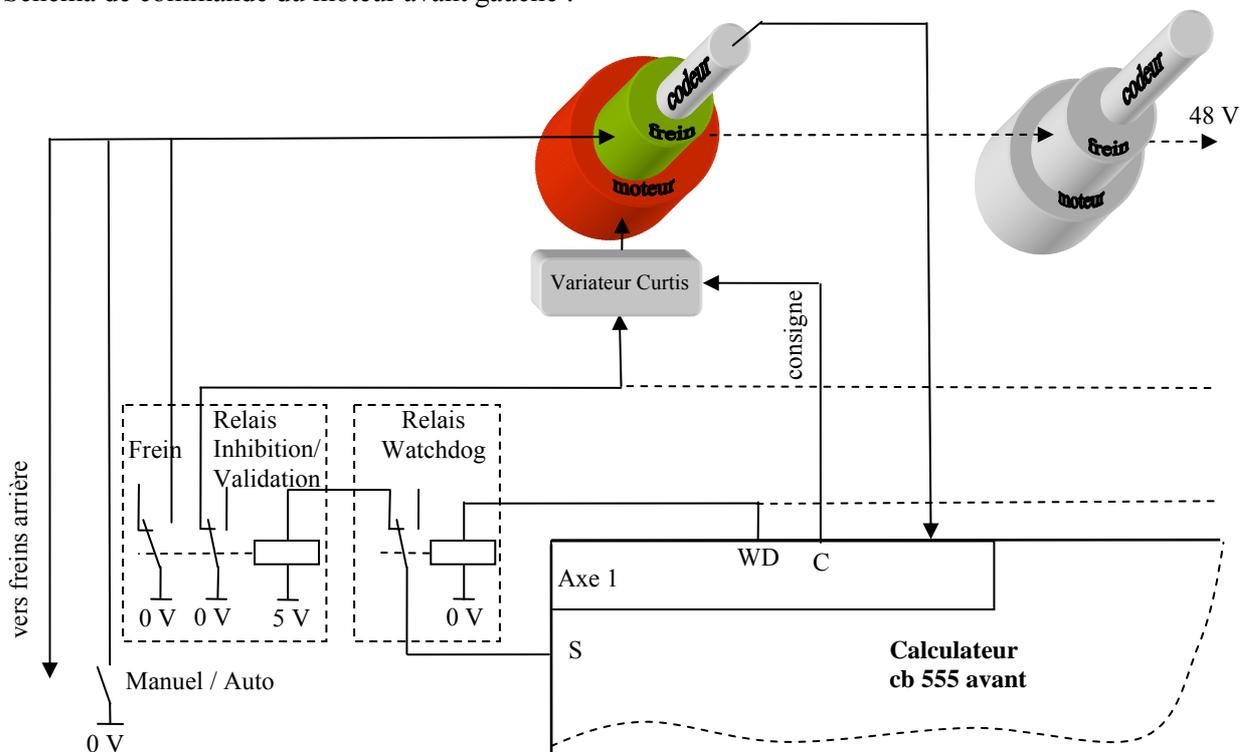
→ Question 2D :

- Compléter l'algorithme (DR05) permettant de détecter le sens de rotation de la roue.
- Quelle est la précision dans le contrôle du déplacement du véhicule (en mm) ?

2.3. COMMANDE D'UN MOTEUR : (DT06 ET DT11)

Le véhicule à l'arrêt a les freins serrés. Avant de commander les moteurs pour démarrer, il est nécessaire de débloquer les freins.

Schéma de commande du moteur avant gauche :



→ Question 2E :

- Quel est le type de signal aux bornes C, WD et S ?
- Quels doivent être les états de ces signaux, lors du démarrage ? Justifier la réponse.

En cas de problème du calculateur (logiciel ou matériel), le chien de garde (watchdog) passe à son état actif.

→ Question 2F : Quelle est la conséquence sur le fonctionnement du véhicule ?

2.4. VERIFICATION DE LA CONDITION C2 - FRANCHISSEMENT D'UNE RAMPE :

Suivant les situations rencontrées, la force de propulsion est la somme de plusieurs composantes parmi celles énumérées ci-dessous :

- La force de pénétration dans l'air (on la négligera ici étant donnée la faible vitesse du véhicule) ;
- La force de résistance au roulement : $F_R = m.g.\lambda$;
Avec m : masse du véhicule, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ et λ coefficient dépendant de la nature et du gonflage du pneu. On prendra ici $\lambda = 12 \times 10^{-3}$;
- La force F_p nécessaire pour vaincre une rampe à vitesse constante ;

- La force F_A nécessaire pour passer en terrain plat, de l'arrêt à la vitesse de 24 km/h en 18 secondes (cycle normalisé SAE J227C). Ce test est effectué « véhicule chargé ».

Le document DT01 précise la pente maximale que doit franchir le Robucar à vide.

→ Question 2G : Déterminer la force de propulsion F_{T1} totale nécessaire lors du franchissement de cette pente à vitesse constante (vitesse maximale du Robucar). Calculer le couple C_{M1} et la puissance P_{M1} correspondante d'un moteur.

2.5. VERIFICATION DE LA CONDITION C3 - ACCELERATION EN PLAT (CYCLE NORMALISE SAE J227C) :

On conserve les données énoncées en 2.4

→ Question 2H :

- Calculer l'accélération supposée constante dans les conditions de test SAE J227C (DT03). Déterminer dans ces conditions, la distance parcourue et le temps nécessaire pour que le Robucar atteigne sa vitesse maximale.
- Déterminer la force de propulsion F_A correspondant à cette accélération. F_A dépend-elle de la vitesse atteinte par le véhicule ?
- Déterminer la force de propulsion F_{T2} totale.
- Calculer le couple C_{M2} et la puissance P_{M2} correspondante d'un moteur.

→ Question 2I : Le moteur (DT02) est-il correctement dimensionné du point de vue des critères énoncés dans les conditions C2 et C3 ?

2.6. COMPOSITION DE LA CHAINE CINEMATIQUE DE REDUCTION DE VITESSE :

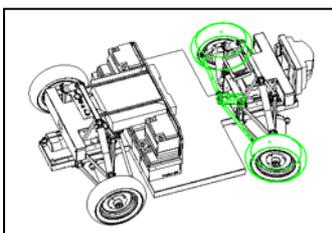
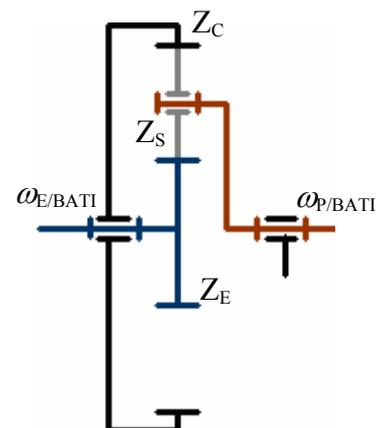
La chaîne cinématique de réduction de vitesse entre un moteur et une roue, est composée des éléments suivants (DT02) :

- Un train épicycloïdal à engrenages à un étage (réducteur primaire) ;
- Un réducteur de type « Cyclo » (réducteur secondaire non étudié ici).

→ Question 2J : Déterminer le nombre de dents Z_C de la couronne du réducteur primaire. Déterminer ensuite le rapport de réduction du train épicycloïdal à partir de la formule de Willis donnée ci-dessous.

$$\text{Formule de Willis : } \frac{\omega_{E/BATI} - \omega_{P/BATI}}{\omega_{P/BATI}} = \frac{Z_C}{Z_E}$$

En déduire le rapport de réduction global du motoréducteur choisi par le constructeur afin de satisfaire la condition de vitesse maximale.



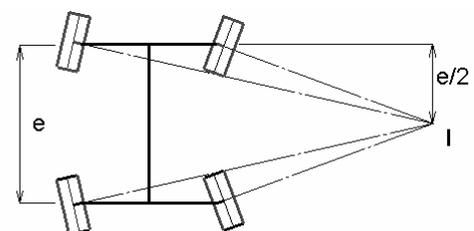
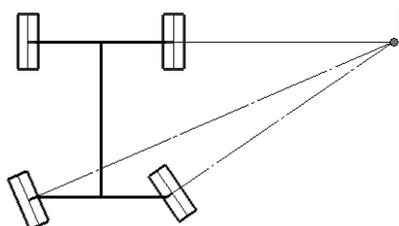
3. ETUDE DES CONTRAINTES LIEES A LA DIRECTION

L'objet de cette étude consiste à valider les solutions techniques retenues par le constructeur pour satisfaire les conditions :

- C4 Assurer la trajectoire dans les courbes sur revêtement gravillonné ;
- C5 Réaliser un demi-tour dans les zones précisées sur le document DT01.

3.1. CINEMATIQUE DE DIRECTION :

Les roues suivent, en virage, des trajectoires circulaires de rayons différents, c'est le braquage différentiel. Le braquage est dit idéal lorsque les axes de rotation des quatre roues convergent vers un point commun I (centre de giration du châssis), les roues décrivant des arcs de cercle autour de ce point. La figure ci-dessous représente le braquage différentiel idéal à deux et quatre roues.



→ Question 3A : Expliquer pourquoi le mode braquage idéal est recherché ?

3.2. BRAQUAGE AVEC UN PONT DIRECTIONNEL (DT05) :

Le document DR04 représente le schéma simplifié de la direction en position « roues droites ».

→ Question 3B :

- Tracer sur le document DR04 le schéma de la direction en position braquage maximal. Mesurer sur l'épure les angles maximaux de rotation des roues droite et gauche et du codeur absolu par rapport à la position « roues droites ».
- La position braquage maximal étudiée, correspond-elle à un braquage différentiel idéal ?

→ Question 3C : Rechercher graphiquement à partir des courbes du document DT05 les positions pour lesquelles la direction se trouve en braquage différentiel idéal. Préciser les angles de pivotement et la position du point I.

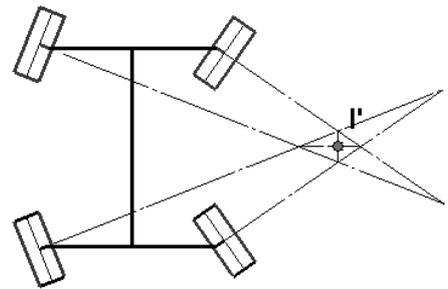
→ Question 3D : Valider la solution technique retenue au regard de la contrainte C4 (DT01).

3.3. BRAQUAGE AVEC DEUX PONTS DIRECTIONNELS :

La figure ci-contre définit le centre instantané de rotation approché dans le cas d'un braquage différentiel non idéal à quatre roues.

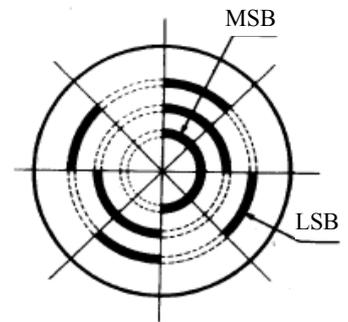
→ Question 3E :

- Vérifier à partir du document DT05 s'il existe pour cette cinématique à quatre roues directionnelles, une position de braquage différentiel idéal ?
- Compléter le tableau du document DR05 et valider la solution technique retenue au regard de la contrainte C5.



3.4. CONTROLE DU BRAQUAGE D'UNE ROUE DU PONT AVANT (DT02 ET DT09) :

Sur un pont de direction, le codeur absolu binaire est solidaire de l'axe de pivotement de la roue avant et envoie en permanence sa position au calculateur. Le disque du codeur absolu binaire comporte n pistes et chaque piste a son propre système de lecture (diodes émettrice et réceptrice). Pour chaque position angulaire de l'axe, le disque fournit un code binaire sur n bits. L'exemple d'un codeur 3 pistes codées en binaire est présenté ci-contre :



→ Question 3F :

- Le codeur absolu choisi est le GA240 A 12 WO 02, indiquer les caractéristiques du signal de sortie (type, valeur, codage).
- Calculer le nombre de pas par tour du codeur.

→ Question 3G :

- Le codeur absolu tourne de 25° lors d'un braquage maximum. Calculer le nombre de pas correspondant.
- Représenter le mot binaire fourni par le codeur absolu pour ses deux rotations extrêmes (-25° et $+25^\circ$). On considère que le mot fourni est égal à 0 en position médiane.
- Quelle est la précision dans le contrôle du braquage en degrés ?

→ Question 3H : Justifier le choix des codeurs incrémental et absolu respectivement pour le contrôle de la vitesse et de la direction.

3.5. VITESSE DIFFERENTIELLE DES ROUES :

Lors d'un virage du Robucar, chaque roue possède une fréquence de rotation différente. Cet effet est compensé sur un véhicule classique par un ou plusieurs différentiels mécaniques.

→ *Question 3I : Expliquer la solution pluritechnologique retenue par le constructeur pour obtenir des rotations différentes sur chaque roue.*

De manière à optimiser le comportement du véhicule en virage imposé par la condition C4, on doit connaître la vitesse de rotation à donner à chaque roue pour une vitesse imposée du véhicule. La vitesse de référence est la vitesse tangentielle V_T du centre géométrique du Robucar (DT05).

→ *Question 3J :*

- Déterminer dans le cas d'un braquage à gauche avec les roues avant, la relation alphanumérique donnant la vitesse tangentielle du point de contact de la roue B avec le sol en fonction de V_T , des longueurs I_X et I_Y et des données géométriques du véhicule.
- Donner en pourcentage, dans le cas d'un braquage différentiel d'angle $\theta_1 = 27^\circ$, la valeur de la vitesse tangentielle du point de contact de la roue B avec le sol, par rapport à la vitesse V_T .
- Déterminer dans ces conditions la fréquence de rotation de la roue B du Robucar par rapport au sol pour une vitesse en virage de $V_T = 8 \text{ Km/h}$.
- Compléter le tableau récapitulatif du document DR05.

3.6. VERIFICATION DU VERIN ELECTRIQUE LINEAIRE DANS LE CAS D'UN BRAQUAGE A L'ARRET :

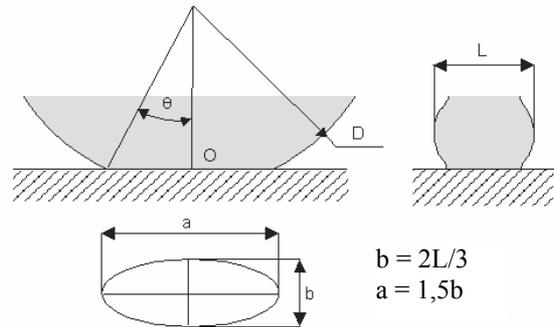
Afin de remplir la condition de fonctionnement C5, le véhicule doit pouvoir braquer à l'arrêt et en charge. Dans ce cas, le principal effort que doit vaincre le vérin électrique commandant la direction, est l'effort de frottement de pivotement des roues sur le sol. Le contact roue-sol peut être assimilé à un contact hertzien ayant pour surface d'appui une ellipse. On montre que dans ces conditions, le couple C_p de pivotement est proportionnel au périmètre P de la zone d'appui, f est le coefficient de frottement et F la charge normale au contact.

$$\text{Couple de pivotement : } C_p = \frac{3}{32} f.P.F$$

$$\text{Périmètre approché d'une ellipse : } P = \pi \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}}$$

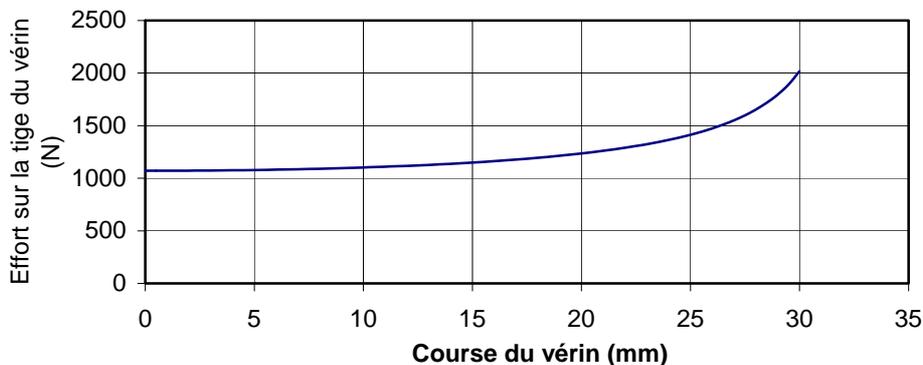
Coefficient de frottement pneu-sol : $f = 0,7$

Les dimensions de l'ellipse varient en fonction de la largeur L du pneu, du gonflage et de la charge.



→ *Question 3K : Déterminer le couple de pivotement exercé sur chaque roue du Robucar lorsque celui-ci est en charge maximale. On considèrera que le centre de gravité du Robucar chargé se situe à égale distance des deux essieux, dans le plan de symétrie transversal du véhicule.*

Le graphique ci-dessous donne l'effort exercé sur le vérin électrique lors du braquage.



→ Question 3L :

- Pour quelle position de braquage l'effort est-il maximal ? A partir des renseignements donnés dans les documents DT01 et DT04, vérifier si le vérin électrique choisi pour le Robucar peut supporter cet effort.
- L'effort statique de braquage sur le Robucar TT est-il le même que sur le Robucar classique ?

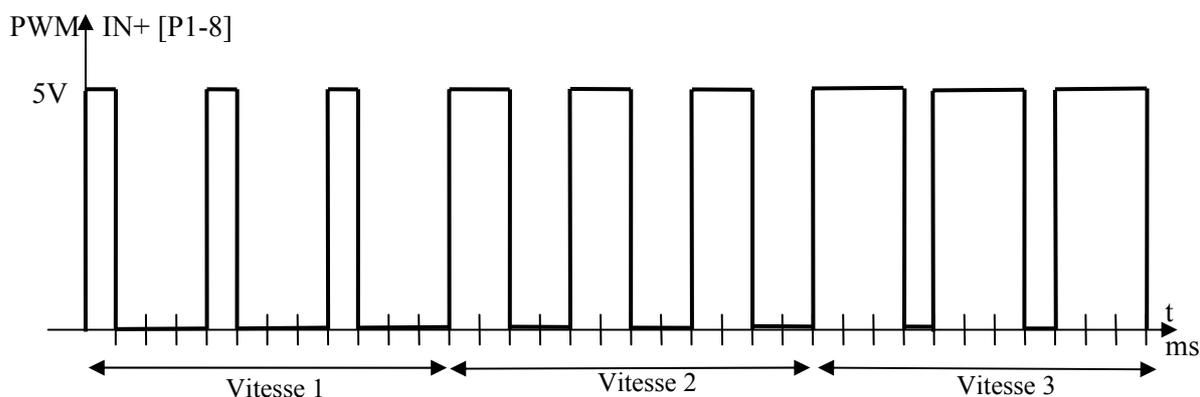
3.7. ETUDE DU VARIATEUR DE VITESSE DU VERIN DE DIRECTION (DT04, DT06, DT10) :

Pour éviter un glissement des roues sur un sol gravillonné, il est nécessaire de limiter la vitesse de pivotement des roues, c'est-à-dire limiter la vitesse de sortie de la tige du vérin à 20 mm/s.

Dans ces conditions de braquage, le vérin peut atteindre par ailleurs les performances de vitesse de sortie de tige maximale annoncées sur le document DT04.

La commande du moteur du vérin est réalisée en PWM (Pulse Width Modulation ou modulation d'impulsion en durée). Le nombre de pas du rapport cyclique fixé par le calculateur est de 256.

Le signal ci-dessous représente un relevé des signaux PWM pour 3 vitesses différentes.



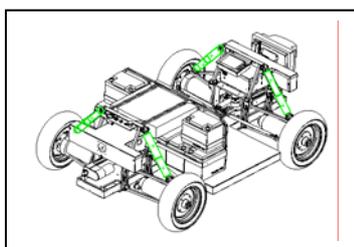
→ Question 3M :

- Quelles sont les grandeurs constantes et variables dans ce chronogramme ? Quelle sera la valeur de la tension moyenne d'alimentation du moteur pour chacune des vitesses ?
- On dispose d'un vérin (Réf : DA36-05B65M10) 36V alimenté en 48V. Préciser les caractéristiques de ce signal pour limiter V_{moyen} à 36V.
- Déterminer le rapport cyclique pour que la vitesse maximale du vérin soit de 20 mm/s à pleine charge.
- Calculer le quantum (ou résolution) en pleine charge de ce variateur en mm/s.

La commande de puissance utilise un pont en H constitué de quatre transistors MOSFET.

→ Question 3N :

- Compléter, sur le document DR05, la table de vérité des signaux et des composants permettant les 3 cas de fonctionnement. On considère l'entrée PWM IN+ toujours au niveau logique 1.
- Toutes les entrées et sorties sont dites optocouplées. Expliquer ce principe et son avantage.



4. ETUDE DU FRANCHISSEMENT

L'objet de cette étude consiste à valider la solution technique retenue par le constructeur pour satisfaire la condition C1 de franchissement du dos d'âne situé à l'entrée du sas de nettoyage des roues.

Pour cela il est nécessaire de vérifier que la raideur des suspensions est suffisante pour obtenir une garde au sol minimale de 80 mm, véhicule en charge.

La validation sera restreinte dans cette partie à l'étude du véhicule à l'arrêt, roues en position droite.

4.1. ETUDE PRELIMINAIRE DU VEHICULE NON CHARGE :

Le schéma ES1 du document réponse DR01 représente le schéma de la suspension avant-gauche en position non chargée.

→ Question 4A. A partir des données du constructeur et des documents techniques (DT01 et DT03) :

- Déterminer l'action exercée par le sol sur la roue avant-gauche.
- Déterminer par une étude graphique sur le document DR01, l'effort exercé par la suspension 5+6 sur le châssis 1 pour maintenir le châssis du véhicule à 180 mm du sol (position du schéma, véhicule non chargé).

4.2. ETUDE DU VEHICULE EN CHARGE :

Le schéma partiel ES2 du document réponse DR01 représente la suspension avant gauche en position chargée. La garde au sol est imposée par la condition de franchissement C1. Cette condition doit être respectée dans le cas d'une surcharge du véhicule de 100 Kg au-delà de la capacité de charge maximale autorisée (DT01). Le centre de gravité du Robucar chargé se situe à égale distance des deux essieux et dans le plan de symétrie transversal du véhicule.

→ Question 4B. A partir du schéma ES1, des données du constructeur et des documents techniques (DT01 et DT03), sur le document DR01 :

- Compléter le schéma de la suspension en position chargée.
- Déterminer l'effort exercé par le sol sur la roue ainsi que la distance EF.
- Déterminer par une étude graphique, l'effort exercé par la suspension 5+6 sur le châssis 1 lorsque le véhicule est en charge.

4.3. VERIFICATION ET MODIFICATION DE LA SUSPENSION INITIALE A RESSORT :

Dans un premier temps, le constructeur a implanté une suspension à ressort de compression (DR02).

→ Question 4C. A partir des deux études précédentes :

- Déterminer la raideur K (N/mm) du ressort à mettre en place pour cette suspension.
- Parmi les ressorts proposés sur le document DR02, entourer celui qui correspond le mieux aux caractéristiques recherchées. En déduire sa longueur libre L_0 et compléter en conséquence les valeurs des cotes D_h , et X sur le dessin de l'amortisseur non réglable (DR02).

Le centre de gravité du véhicule n'est pas situé entre les deux essieux, mais décalé vers la partie avant du véhicule. De manière à pouvoir ajuster la position et la distance du châssis par rapport au sol, le constructeur prévoit un réglage sur chaque suspension. Ce réglage permet d'ajuster la longueur en charge L du ressort de plus ou moins 10 mm par rapport à la position donnée sur le document DR02. Le réglage doit pouvoir être réalisé sur le véhicule monté en utilisant un outillage standard. Il doit enfin prévoir un blocage sécurisé en position à cause des vibrations et des chocs.

→ Question 4D : Proposer sur le document DR02 le croquis d'une solution répondant aux conditions énoncées précédemment. On pourra prévoir des pièces rapportées. On indiquera tous les renseignements nécessaires à la compréhension de la solution mise en œuvre.

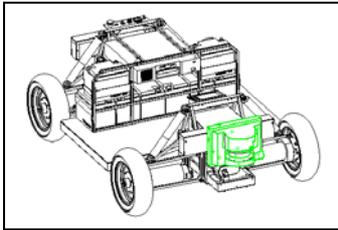
4.4. ETUDE D'UNE VARIANTE AVEC SUSPENSION OLEOPNEUMATIQUE :

Dans un deuxième temps, de manière à améliorer le confort des personnes transportées avec le Robucar, le fournisseur propose en option des suspensions oléopneumatiques.

Le comportement en raideur non linéaire de cette suspension ainsi que ses dimensions sont données sur le document DR03.

→ Question 4E :

- Ajouter sur le graphique du document DR03 la courbe (droite) de raideur du ressort choisi précédemment. On fera apparaître en abscisse la longueur courante du ressort.
- En conservant les données d'efforts (véhicule à vide puis en charge) des questions précédentes, déterminer :
 - La distance EF si le véhicule est à vide ;
 - La course de l'amortisseur entre véhicule à vide et véhicule en charge.
- La condition C1 de franchissement d'obstacle est-elle validée avec cette suspension ?



5. GESTION DES INFORMATIONS ET DES ENERGIES

L'objet de cette étude consiste à valider la solution technique retenue par le constructeur pour satisfaire les conditions :

- C6 Accepter le guidage par technologie laser à l'intérieur des enceintes industrielles ;
- C7 Prendre en compte le recyclage des batteries.

5.1. ETUDE DU LASER LMS221 (DT12) :

En extérieur, le véhicule est filoguidé lors de ses déplacements, il suit un fil noyé dans le sol et parcouru par un courant détecté par deux capteurs inductifs.

A l'intérieur des hangars, le véhicule doit effectuer des trajets modifiables suivant les zones de fabrication et le guidage doit être fiable malgré les perturbations électromagnétiques : il est réalisé par un laser et des balises réfléchissantes.

Le laser est relié au PC embarqué par une liaison série.

Constitution du message transmis pour une résolution angulaire de 1° :

STX	ADR	L LSO	L MSO	Com	NM LSO	NM MSO	D 0° LSO	D 0° MSO	D 1° LSO	D 1° MSO	D... suite	CRC LSO	CRC MSO
-----	-----	----------	----------	-----	-----------	-----------	-------------	-------------	-------------	-------------	---------------	------------	------------

Chaque caractère est codé en hexadécimal sur 1 ou 2 octets.

Dans le cas de codage sur 2 octets, l'octet de poids faible (LSO) est transmis en premier.

La donnée est codée sur n octets suivant la résolution choisie.

Description des caractères du message :

Désignation	Format (en bits)	Remarques
STX	8	Start : suivant code ASCII
ADR	8	Adresse destinataire : PC → Laser \$00, Laser → PC \$81
L	16	Longueur totale du message (en octets) hors Checksum
Com	8	Commande : \$B0 fonctionnement continu, \$A0 arrêt
NM	16	Nombre maximal de mesures (suivant résolution)
D	n x 16	Donnée : mesure de tous les secteurs par balayage
CRC	16	Contrôle Checksum de bonne transmission

Code ASCII								
\$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	FF	FS	,	<	L	\	l	|
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
F	SI	US	/	?	O	<	o	DEL

→ Question 5A : Compléter, sur le document DR05, le contenu du message envoyé par le laser vers le PC embarqué lors de son fonctionnement pour une résolution angulaire de 0,25° et un angle de mesure de 100°.

La donnée X et le contrôle Y ne sont pas à définir. On justifiera les résultats obtenus.

→ Question 5B : Dans le cas d'un angle de mesure de 180°, on devra transmettre 729 octets. Calculer la vitesse de transmission à paramétrer (en bit/s) pour que la durée de transmission des données ne dépasse pas 200 ms et la sélectionner parmi celles proposées en DT12.

5.2. ETUDE ENERGETIQUE (DT13) :

→ Question 5C : La gestion du véhicule est-elle toujours assurée par le PC embarqué en cas d'incident nécessitant un arrêt d'urgence ?

→ Question 5D :

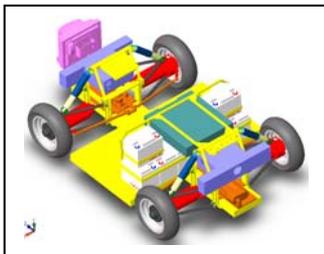
- Justifier le principe de branchement des batteries choisi par le constructeur.

- Présenter sous forme de tableau le bilan des puissances maximales consommées par le Robucar suivant le modèle du document DR05.
- Valider le choix du fusible et calculer l'autonomie des batteries.
- Le constructeur annonce un temps d'utilisation de 4 heures en condition moyenne, que peut-on en conclure ?

Le client étant sensibilisé au problème de protection de l'environnement, il a demandé au fournisseur de lui présenter tous les types de batteries possibles afin d'en comparer les avantages et inconvénients.

	Pb	Ni-Cd	Ni-MH	Ni-Zn	Li-ion
Energie massique (Wh/kg)	30	50	65	80	100
Nombre de cycles de charge – décharge	500	1500	2000	1500	1500
Sécurité de fonctionnement	T bonne	T bonne	T bonne	T bonne	Mauvaise
Décharge profonde	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Mise en parallèle	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Conditions de recyclage	Bonnes	Bonnes	Mauvaises	Bonnes	Mauvaises
Coût (€/kWh)	150	350	650	210	1000

→ Question 5E : A partir du tableau fourni ci-dessus, proposer un argumentaire permettant au client d'effectuer le choix du meilleur rapport qualité/prix.

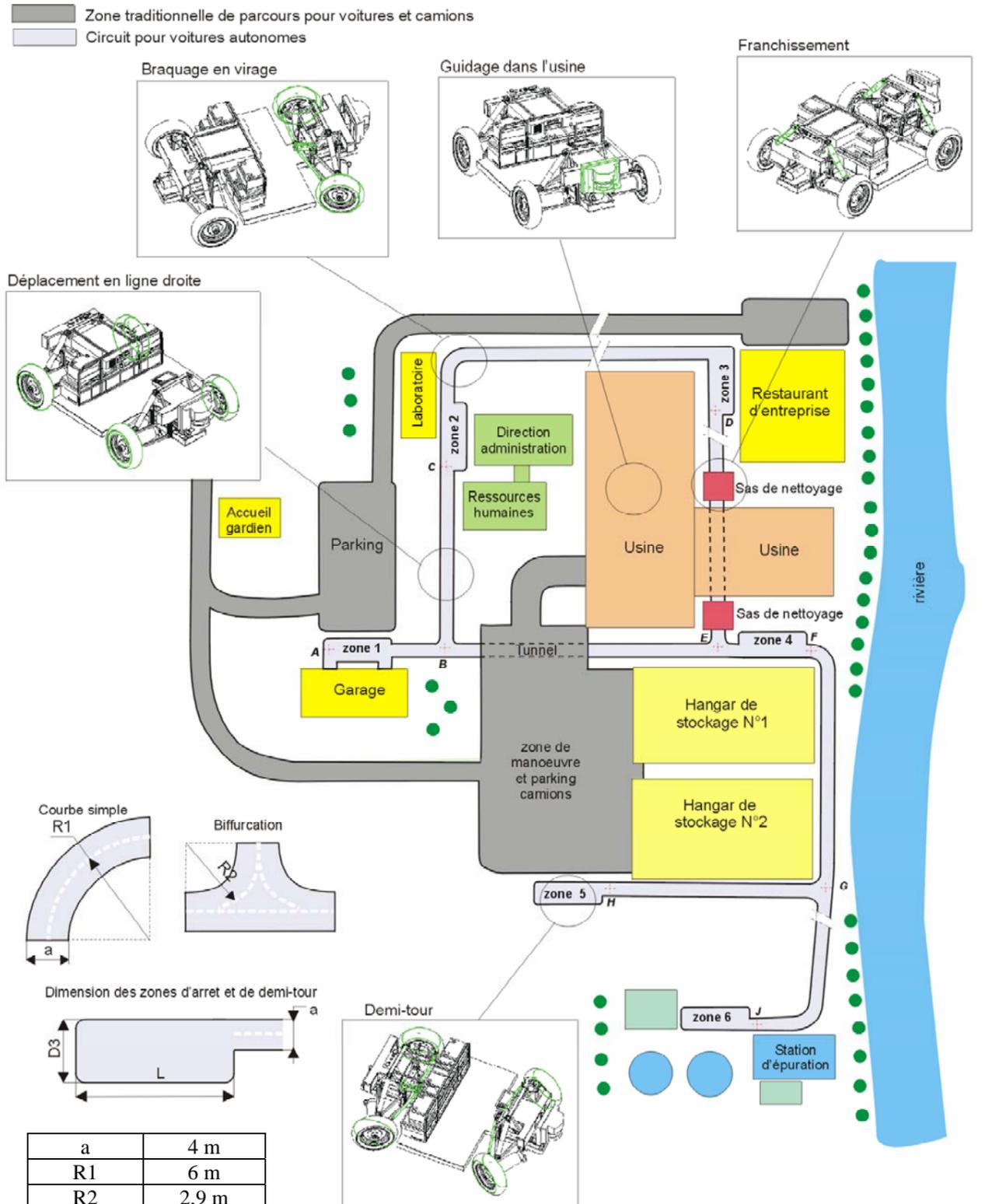


6. SYNTHESE

Dans l'avenir on désire augmenter le flux de circulation pour transporter plus de voyageurs dans les zones extérieures sans encombrer les voies. Pour cela il est envisagé de constituer des trains de plusieurs véhicules (5 véhicules). Une solution idéale serait de les accrocher de manière virtuelle. Le véhicule suiveur sera accroché au véhicule précédent qui aura l'initiative de la conduite.

→ Question 6A : Définir les paramètres et conditions nécessaires à cet accrochage (capteurs, composants, modes de repérage...). Proposer des solutions pour gérer la direction, la vitesse et la sécurité du train de véhicules.

Plan d'implantation du site client



Pente maximale à gravir : 10%

Extrait des caractéristiques techniques de la série Robucar



Robucar : version carrossée 4 places

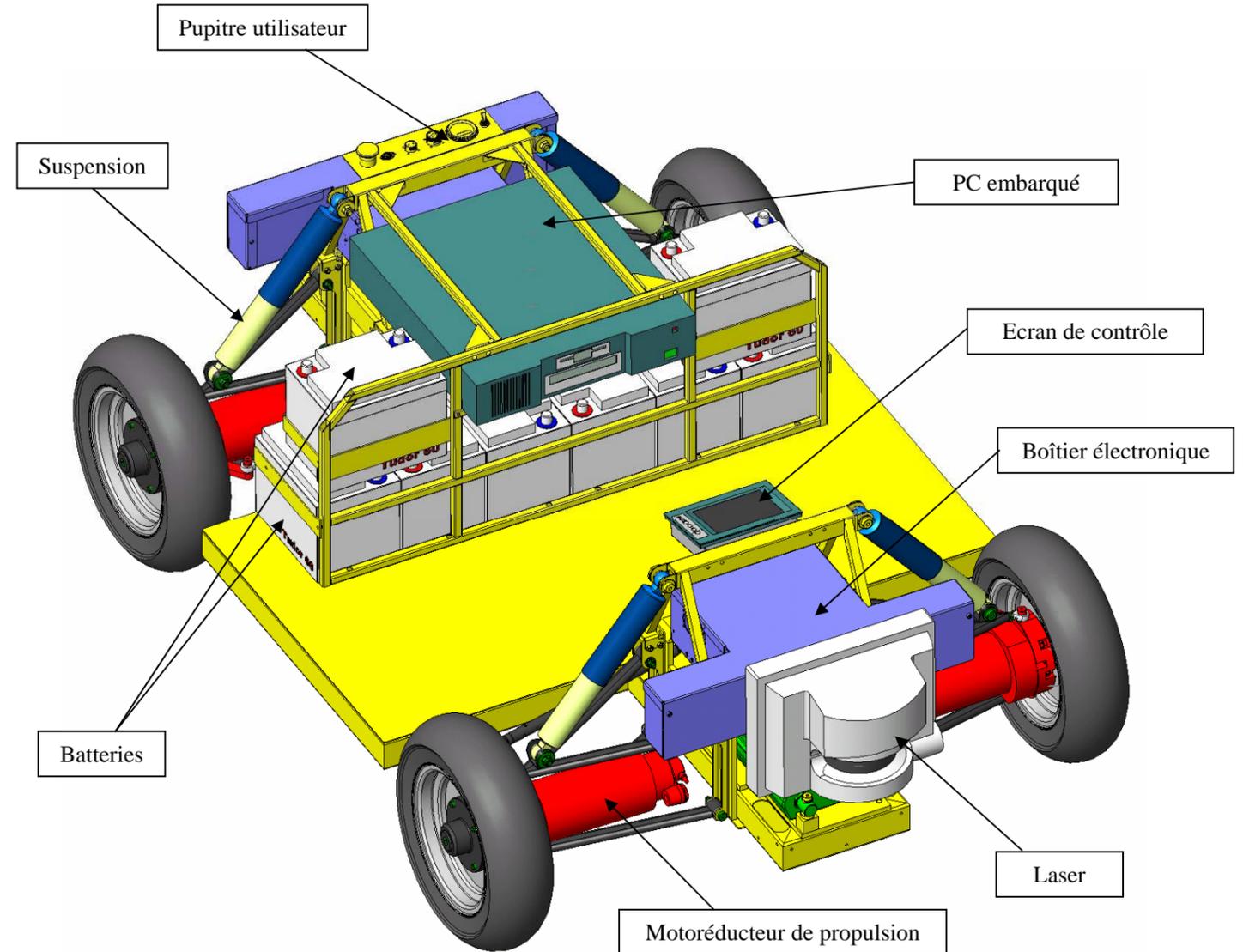


Robucar dans sa version route



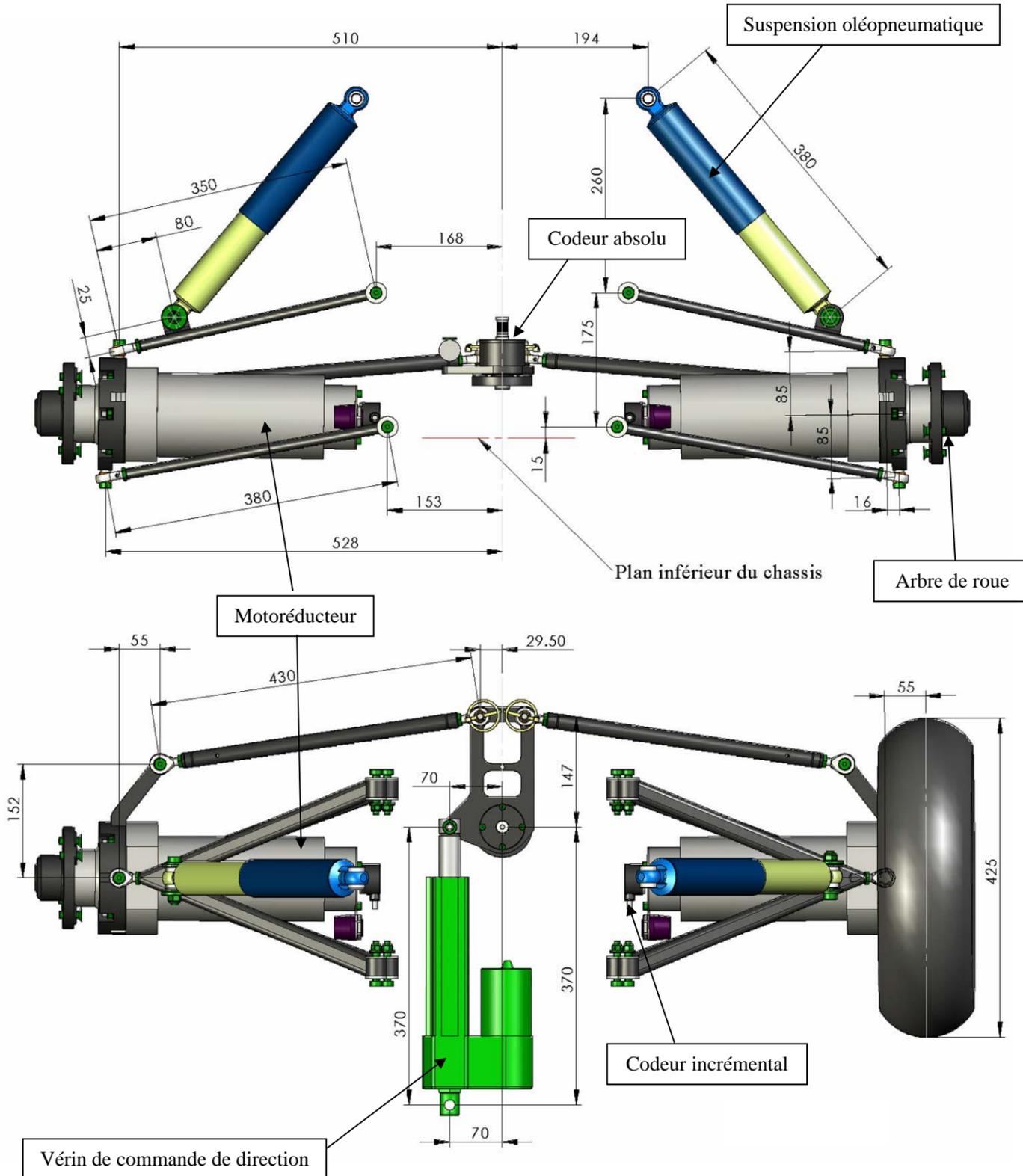
Robucar TT (tous terrains)

	Robucar	Robucar TT
Vitesse maxi de déplacement	18 Km/h	10 Km/h
Poids à vide (avec batteries)	350 Kg	300 Kg
Capacité de charge	300 Kg	300 Kg
Garde au sol à vide	180 mm	350 mm
Roues (Diam x Larg)	425 x 125	630 x 280
Vérin électrique de direction	Electrac type DA36-05B65M10	

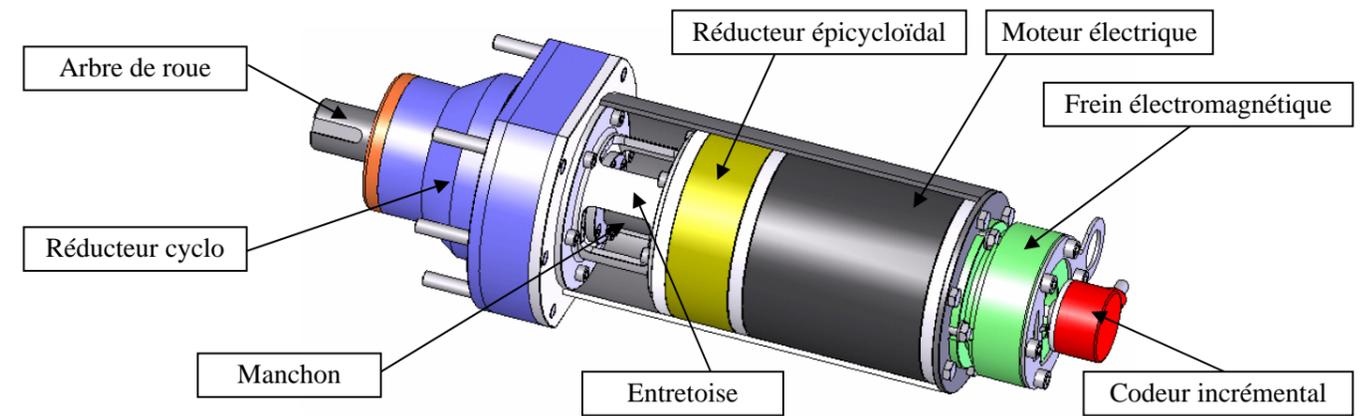


Détails de la direction et de la suspension du pont arrière du Robucar

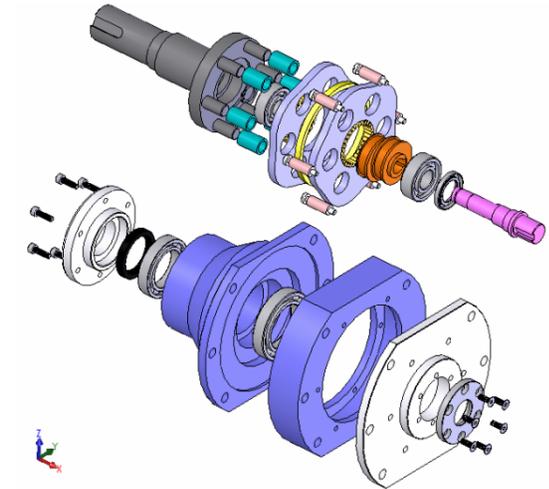
Châssis non représenté
Pont représenté en position non chargé



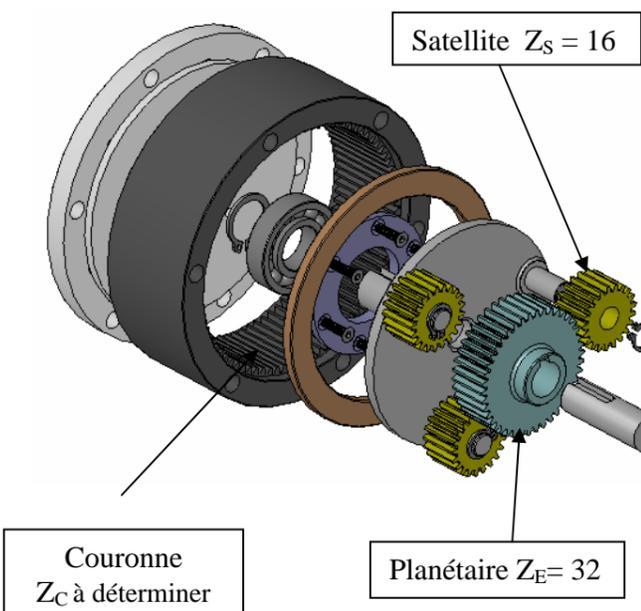
Détail du motoréducteur

**Réducteur cyclo :**

Equivalent : SUMITOMO
Série : CYCLO 6000
Référence : CNF 6100/SY
Vitesse d'entrée Maxi : 1750 tr/mn
Puissance de sortie : 1796 W
Couple de sortie : 145 N.m
Charge radiale : 5180 N
 $\eta_{CYCLO} = 0,88$
Rapport de réduction : 5

**Train épicycloïdal :**

$\eta_{TRAIN} = 0,9$

**Moteur électrique**

MP100S B14
Moteur à courant continu
48 V
 $P_m = 900 \text{ W}$
 $\eta_{MOTEUR} = 0,9$
Vitesse : 3500 tr/mn
Protection IP20-IP44

**Frein électromagnétique**

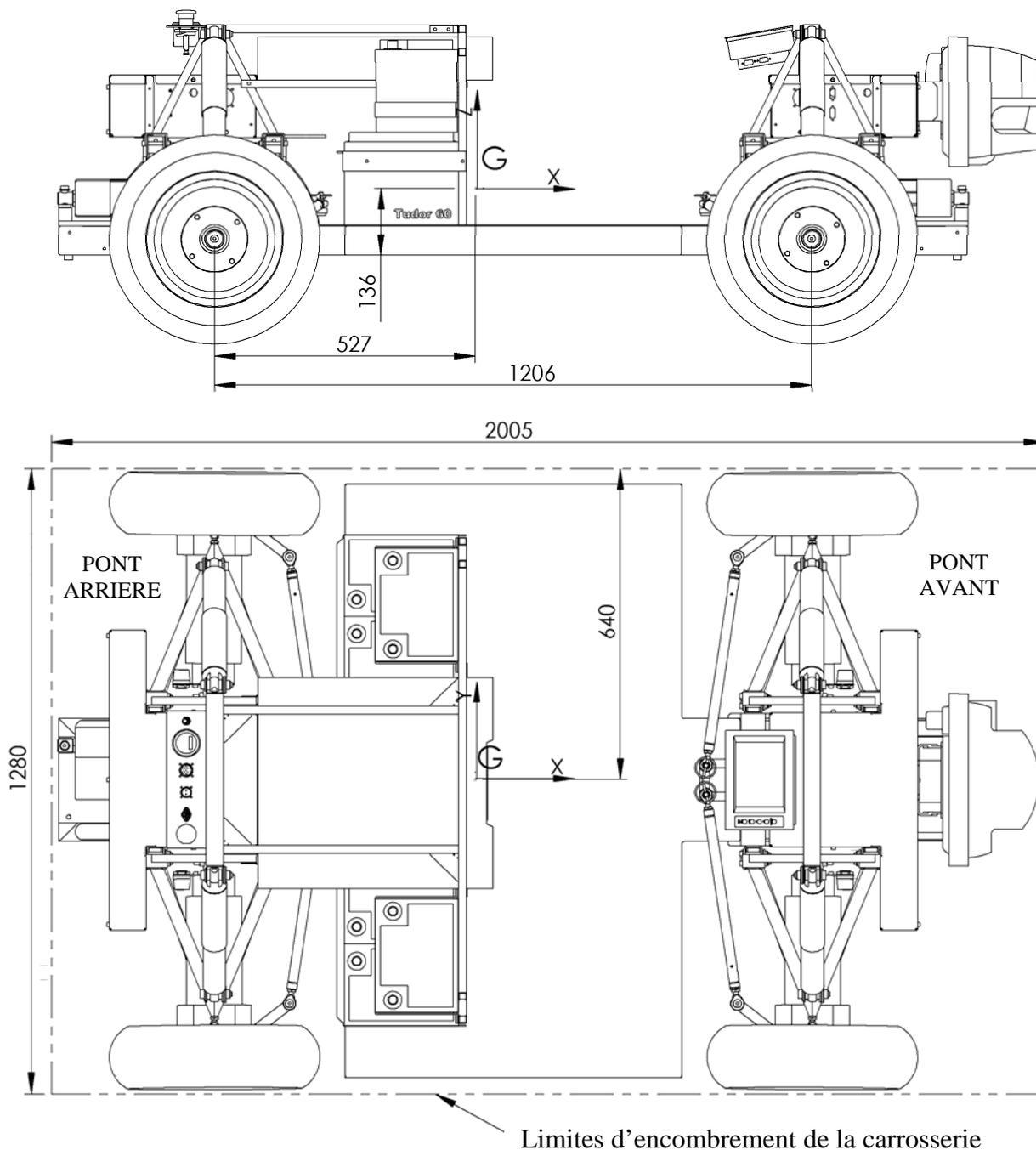
SB-28 DELTRAN
Frein de sécurité à manque
de courant
Tension : 24 V
Résistance : 36 Ω
Puissance 20 W
Couple de freinage : 9 N.m



DOCUMENT DT03

Plan d'ensemble du Robucar (carrosserie et siège enlevés)

G : centre de gravité du robucar non chargé



Extrait de la norme SAE J227C imposée sur les véhicules électriques

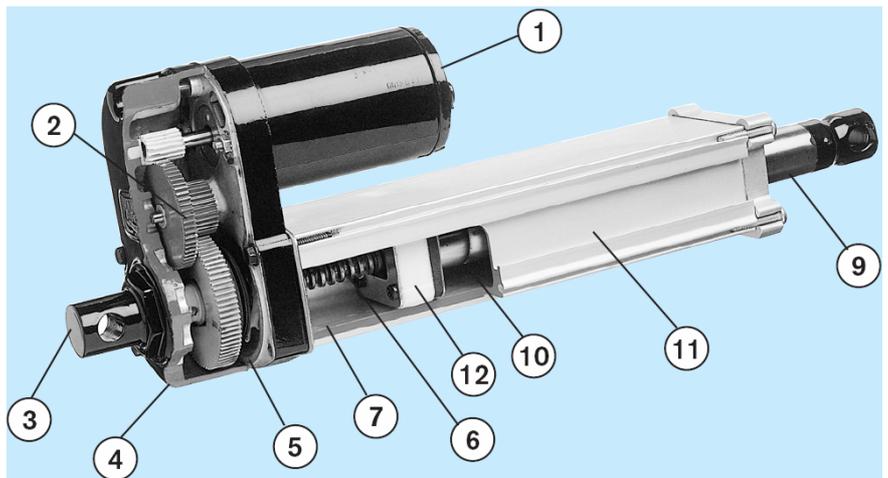
Le cycle normalisé SAE J227C impose aux véhicules à moteur électrique de pouvoir accepter lors du démarrage une accélération minimale.

Le véhicule doit être capable de passer de l'arrêt complet à une vitesse de 24 km/h en une durée maximale de 18 secondes.

Ce test est effectué sur terrain plat.

DOCUMENT DT04 Caractéristiques du vérin électrique

- 1 - Moteur CC + protection thermique
- 2 - Train d'engrenages
- 3 - Chape à incréments de 30°
- 4 - Boîtier de réduction étanche
- 5 - Embrayage de surcharge
- 6 - Vis ACME ou vis à billes
- 7 - Ecran à billes avec frein de maintien
- 9 - Tube d'extension acier inox
- 10 - Ecran
- 11 - Tube de protection profilé alu
- 12 - Dispositif anti-rotation

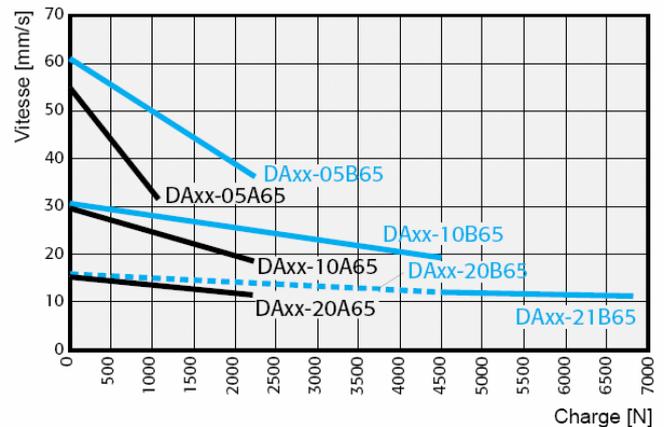
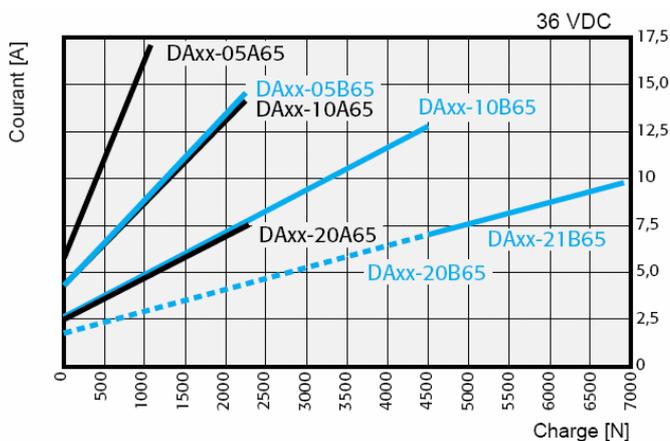


Sens de déplacement de la tige
 Sortie : tension positive
 Rentrée : tension négative

Exemple de désignation	DA	24	-	20A65	M	25
Type de vérin LA14	DA					
Tension d'alimentation 24 Vcc 36 Vcc		24 36				
Tiret			-			
Rapport de réduction / type / diamètre / pas de vis 5:1 / vis acme / 15,88 mm / 5,08 mm 10:1 / vis acme / 15,88 mm / 5,08 mm 20:1 / vis acme / 15,88 mm / 5,08 mm 5:1 / vis à billes / 15,88 mm / 5,08 mm 10:1 / vis à billes / 15,88 mm / 5,08 mm 20:1 / vis à billes / 15,88 mm / 5,08 mm 20:1 / vis à billes / 15,88 mm / 5,08 mm avec engrenages cémentés				05A65 10A65 20A65 05B65 10B65 20B65 21B65		
Unités Métriques					M	
Course 5 cm 10 cm 15 cm 20 cm						05 10 15 20

Tableau des valeurs limites

Modele	Charge dynamique max. [N]	Vitesse à charge min. [mm/s]	Vitesse à charge max. [mm/s]
DA24-05A65	1100	54	32
DA36-05A65	1100	54	32
DA24-05B65	2250	61	37
DA36-05B65	2250	61	37
DA24-10A65	2250	30	18
DA36-10A65	2250	30	18
DA24-10B65	4500	30	19
DA36-10B65	4500	30	19
DA24-20A65	2250	15	12
DA36-20A65	2250	15	12
DA24-20B65	4500	15	12
DA36-20B65	4500	15	12
DA24-21B65	6800	15	11
DA36-21B65	6800	15	11

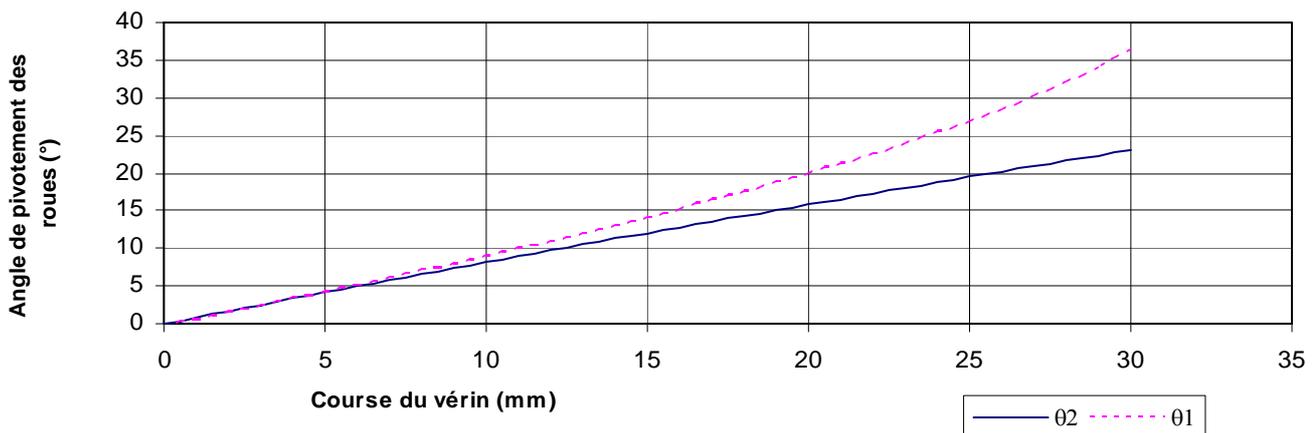
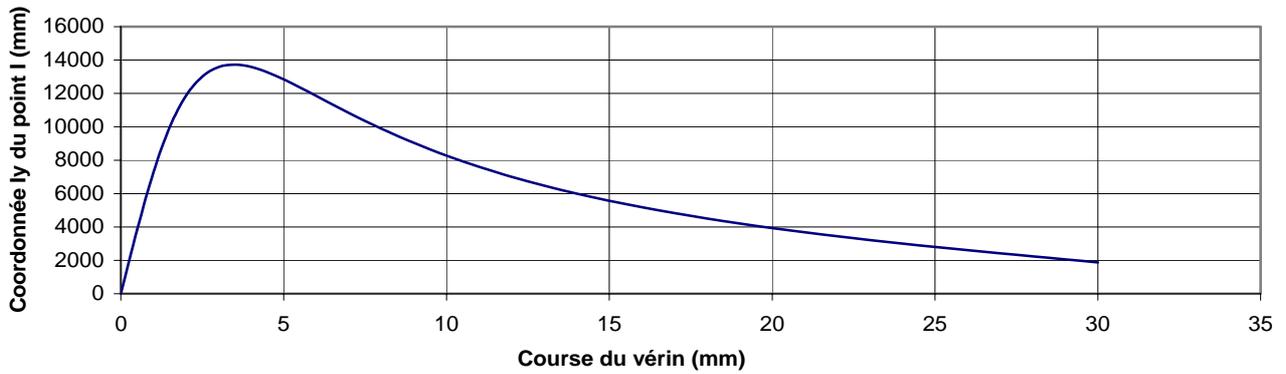
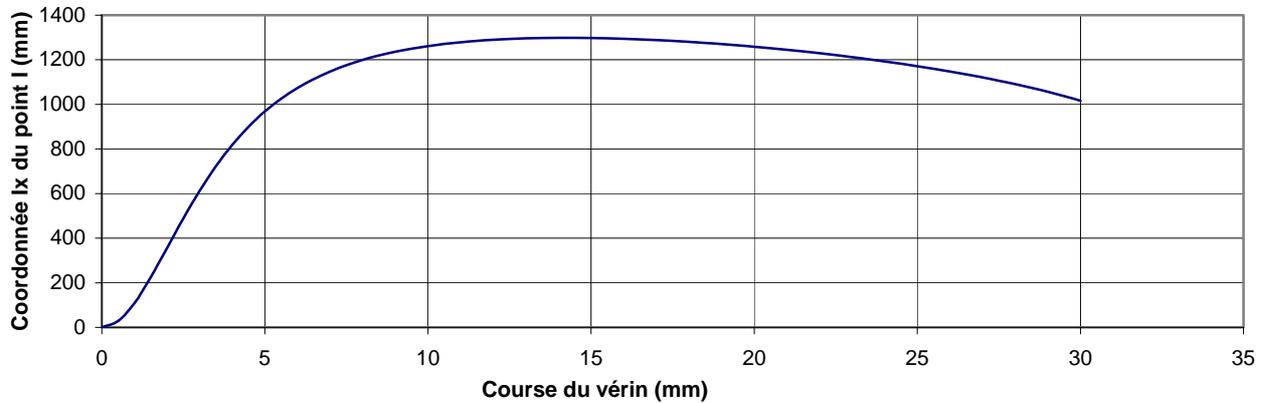
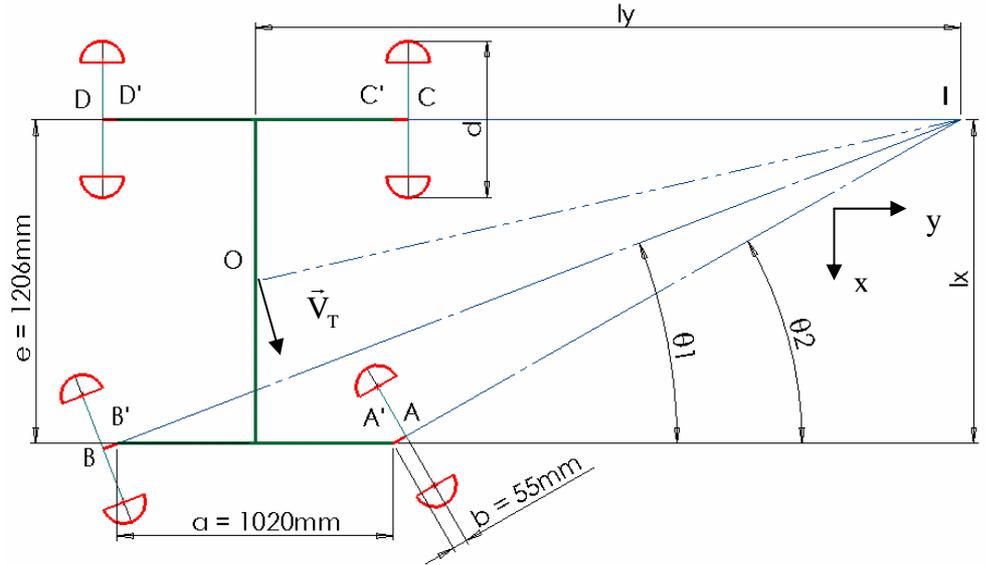


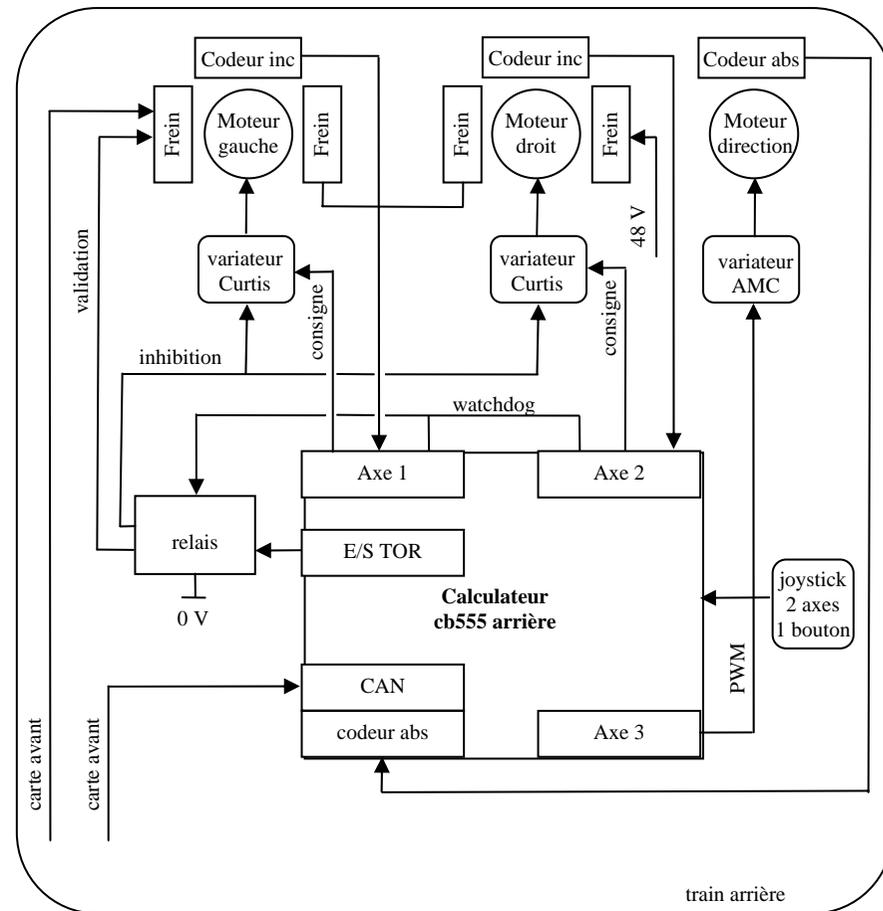
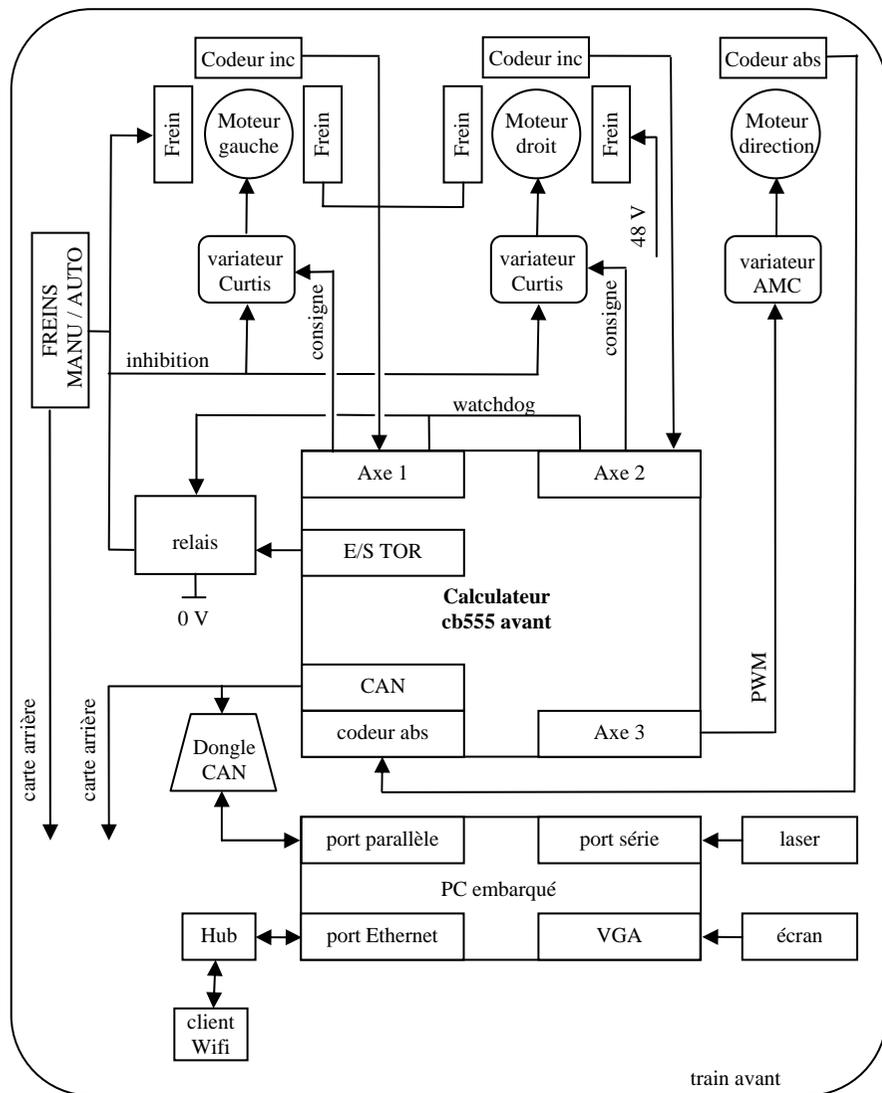
DOCUMENT DT05

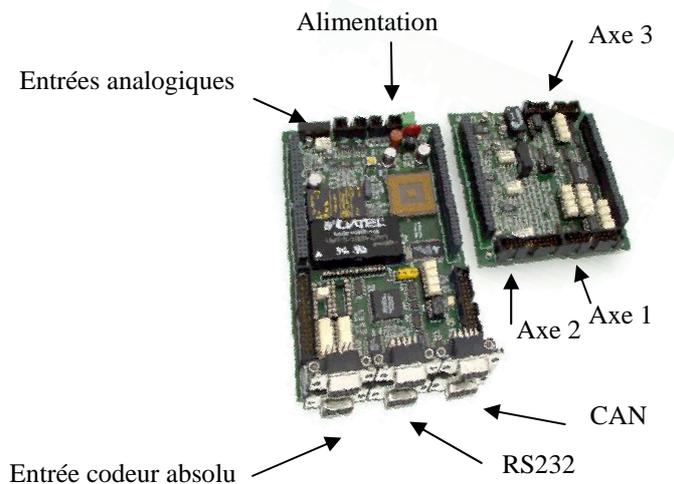
Caractéristiques cinématiques de la direction du Robucar

e : empattement
 d : diamètre de roue
 a : distance entre pivots
 b : déport entre pivot et contact au sol de la roue

O : centre géométrique du véhicule
 V_T : vitesse tangentielle du centre géométrique du véhicule
 θ_1 : angle de rotation roue avant droite
 θ_2 : angle de rotation roue avant gauche







Caractéristiques principales de la carte contrôleur cb 555	
Contient un microprocesseur MPC 555 (MOTOROLA)	<ul style="list-style-type: none"> • PowerPC 32 bits 40 MHz • 26 ko Fast RAM et 6 ko TPU Microcode RAM • 448 ko Flash EEPROM avec programmation en 5V • double alimentation (3,3V/400 mA, 5V/50 mA) • -40° C à 125° C
CONTROLE DES AXES	
4 Axes indépendants	Entrée codeur incrémental Sortie PWM Sortie analogique 0-5V Sortie Watchdog ou Inhibit
ENTREES	
7 Entrées analogiques	Pour potentiomètre, joystick
2 Convertisseurs A/N 16 voies résolution 10 bits	
16 Entrées logiques	
Entrée liaison série synchrone	Pour interface de codeur absolu
SORTIES	
20 Sorties logiques	
COMMUNICATION	
2 Entrées liaison série synchrone	Pour une connexion RS232
2 Bus CAN	Utilisé pour un réseau cb555
AUTRES CARACTERISTIQUES	
Alimentation	Non régulé : 18-60 VDC – 2A
Interface BDM	Autorise la programmation de mémoire
SECURITE	
Chien de garde interne	Watchdog
Contrôle de court circuit	

PC embarqué :
Pentium IV 2,4 Ghz – 256 Mo – 4 Go
Ecran tactile
Alimentation : 48 VDC – 300 W

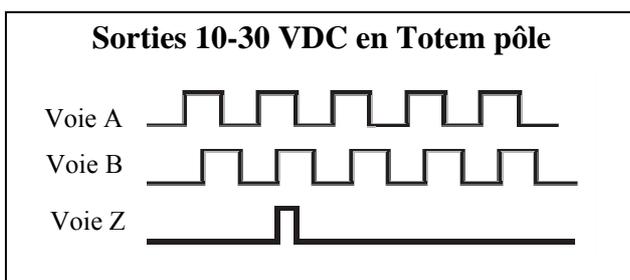
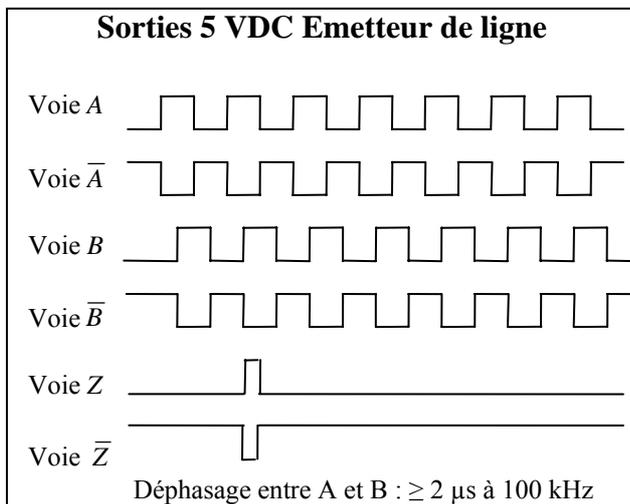




- Résolution jusqu'à 2048 impulsions
- Sorties A, B, Z en Totem pôle NPN et PNP
Sorties $A\bar{A}$, $B\bar{B}$, $Z\bar{Z}$ en Emetteur de ligne pour RS422
- Faible encombrement
- Serrage concentrique par bague

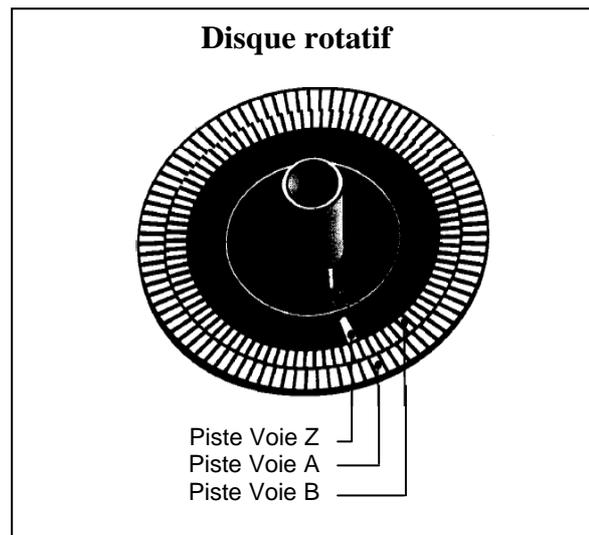
Caractéristiques électriques

Alimentation 5 VDC \pm 10 % ou 10-30 VDC
Consommation 60 mA
Fréquence de commutation maxi 100 kHz
Diagramme des sorties
 pour une rotation en sens horaire et vue sur l'axe



Caractéristiques mécaniques

Vitesse maxi 12 000 tr/min
Couple $\leq 0,2 \text{ N.cm}$
Moment d'inertie $3 \times 10^{-7} \text{ kgm}^2$
Vibration IEC68 $\leq 100 \text{ m/s}^2$ 16 ... 2000 Hz
Choc IEC68 $\leq 500 \text{ m/s}^2$ 11ms
Poids 100 g
Température d'utilisation $-25^\circ \dots +85^\circ$
Humidité relative 95 % sans condensation
Protection IP64



Références de commande

Affectation des couleurs du câble

10-30 VDC	5 VDC
Totem pôle	Emetteur de ligne
Voie A vert	Voie A vert
	Voie \bar{A} rouge
Voie B jaune	Voie B jaune
	Voie \bar{B} bleu
Voie Z rose	Voie Z rose
	Voie \bar{Z} gris
+U alim. brun	+U alim. brun
0V alim. blanc	0V alim. blanc

Exécution			
0	Alésage \varnothing 6 mm, pour pige \varnothing 3 mm (non fournie)		
1	Alésage \varnothing 6 mm, avec ressort anti-rotation		
Sorties et alimentation			
22	Emetteur de ligne, alimentation 5 VDC		
60	Totem pôle, alimentation 10-30 VDC		
Raccordement			
41	Presse-étoupe radial avec câble blindé de 1 m		
Résolution (nombre d'impulsions par tour)			
49	5 imp	09	250 imp
39	50	13	360
40	60	14	400
41	100	15	500
06	200	22	1000
23	1024 imp	24	1250
26	1500	28	2000
29	2048		

GI338. □ □ □ □ □

DOCUMENT DT09 Codeur absolu monotour 13 bits



- Résolution 13 bits
- Code gray ou binaire
- Sorties en Totem pôle NPN et PNP protégées
- Positionnement électrique du zéro
- Fonction ENABLE pour mettre les sorties codeur en haute impédance
- Faible consommation

Caractéristiques électriques

Alimentation	10 à 30 VDC
Consommation	60 mA
Fréquence de commutation	800 kHz max
Précision	± ½ LSB
Caractéristiques des sorties	
Niveau haut	≥ U alim – 3.5 V pour I = 20 mA
Niveau bas	≤ 0.5 V pour I = 20 mA
Charge max.	30 mA par sortie

Caractéristiques mécaniques

Vitesse maxi	10 000 tr/min
Couple	≤ 1 N.cm
Moment d'inertie	1,45 x 10 ⁻⁶ kgm ²
Vibration IEC68	≤ 100 m/s ² 16 ... 2000 Hz
Choc IEC68	≤ 2000 m/s ² 6ms
Poids	250 g
Température d'utilisation	-25° +85°
Humidité relative	95 % sans condensation
Protection	IP64

Caractéristiques des entrées

Niveau haut ≥ 0,7 Ualim, niveau bas ≤ 0,3 V

Entrée ZERO

Permet le calage à zéro du codeur.

Entrée reliée par une résistance de rappel interne de 10 kΩ au 0V. Le calage à zéro du codeur est réalisé en envoyant une impulsion +U alim sur l'entrée zéro.

Entrée V/R

Sélection du sens d'évolution du code.

Entrée reliée par une résistance de rappel interne de 10 k à U alim : code croissant pour la rotation dans le sens horaire

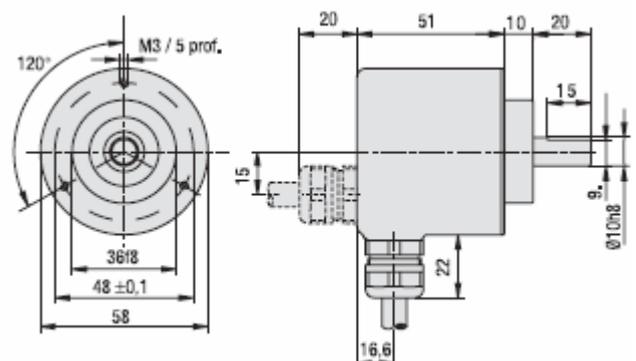
Affectation des couleurs du câble

Borne	Cable	Designation
1	violet	2 ^e / D0
2	blanc/brun	2 ^e / D1
3	blanc/vert	2 ^e / D2
4	blanc/jaune	2 ^e / D3
5	blanc/gris	2 ^e / D4
6	blanc/rose	2 ^e / D5
7	blanc/bleu	2 ^e / D6
8	blanc/rouge	2 ^e / D7
9	blanc/noir	2 ^e / D8
10	brun/vert	2 ^e / D9
11	brun/jaune	2 ^e / D10
12	brun/gris	2 ^e / D11
13	brun/rose	2 ^e / D12
14	vert/gris	—
15	bleu	0V alim.
16	bleu/jaune	DV
17	brun	V/R
18	rose	STORE
19	rouge	+ U alim.
20	rouge/jaune	ZERO
21	jaune	ENABLE

Références de commande

GA240 à bride standard	
0	Axe Ø 10 mm
A	Axe Ø 10 mm + joint d'étanchéité
Code et résolution	
10	Code Gray 13 bits, alimentation 10-30 VDC
12	Code binaire 13 bits, alimentation 10-30 VDC
Raccordement	
61	Presse-étoupe radial avec câble blindé de 1 m
C1	Embase radiale mâle
W0	Embase radiale mâle + connecteur femelle

GA240. □ □ □ 02



DOCUMENT DT10 Variateur AMC 30A8DD

Description :

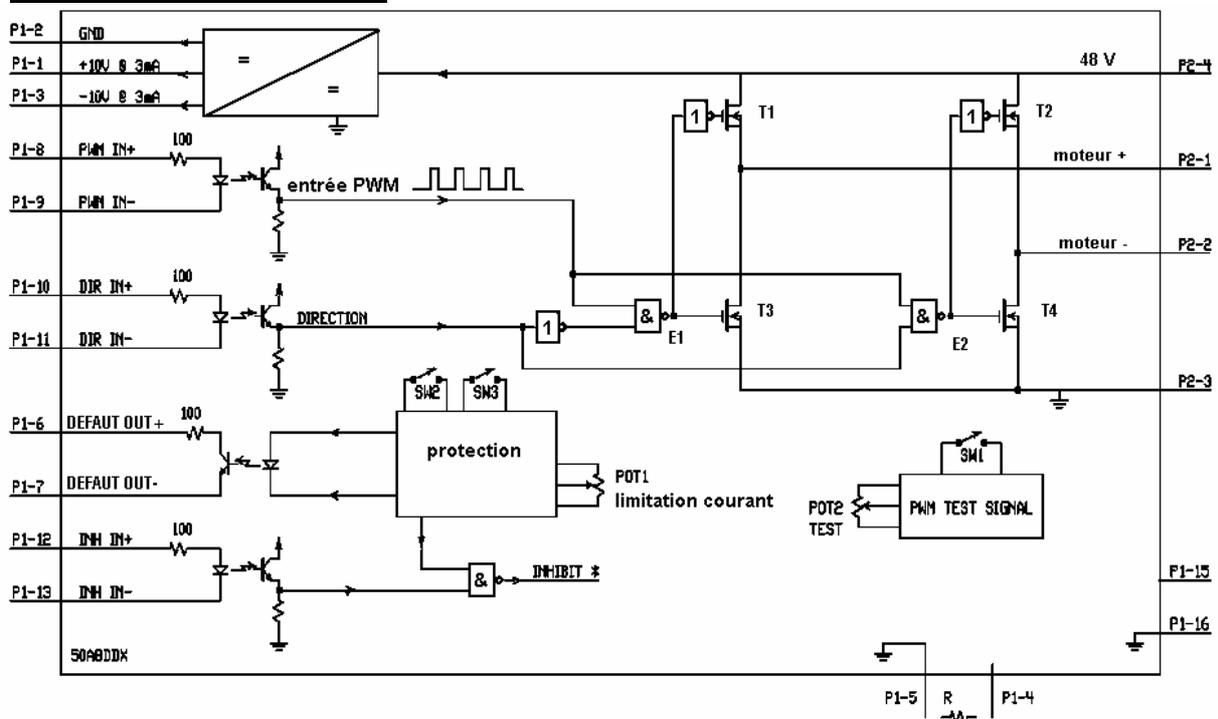
Les modèles AMC 30A8DD sont des variateurs à modulation de largeur d'impulsion (PWM) pour moteur à courant continu, la vitesse étant proportionnelle à la valeur moyenne de la tension d'alimentation. Ils sont protégés contre les surtensions, les courts-circuits de moteur et d'alimentation. Ils sont compatibles avec les contrôleurs possédant une sortie PWM. Ils nécessitent une alimentation non régulée car ils alimentent en interne leurs circuits logiques.



Caractéristiques :

- Tension d'alimentation continue de 20 à 80V, courant maximum 15A
- Puissance dissipée pour un courant maximum continu 60W
- Fréquence maximale de découpage 20kHz

Schéma structurel interne :



Broche	Désignation	Description	Entrée/sortie
P1-1	+ 10V 3mA	Utilisation externe	S
P1-2	M	Masse	
P1-3	-10V 3mA	Utilisation externe	S
P1-6	DEFAULT OUT +	Défaut de court circuit ou surtension	S optocouplée
P1-7	DEFAULT OUT -		
P1-8	PWM IN +	Modulation d'impulsion en durée	E optocouplée
P1-9	PWM IN -		
P1-10	DIR IN +	Direction	E optocouplée
P1-11	DIR IN -		
P2-1	Moteur +	Connexion Moteur Vérin	S
P2-2	Moteur -		S
P2-3	M	Masse	S

Transistor MOS

- VGS = '0' Le transistor est bloqué, interrupteur ouvert entre D et S.
- VGS = '1' Le transistor est saturé, interrupteur fermé entre D et S.

Les entrées P1-2, P1-9 et P1-11 sont reliées entre elles.

DOCUMENT DT11 Variateur de vitesse à microprocesseur

MODELES 1227

CURTIS



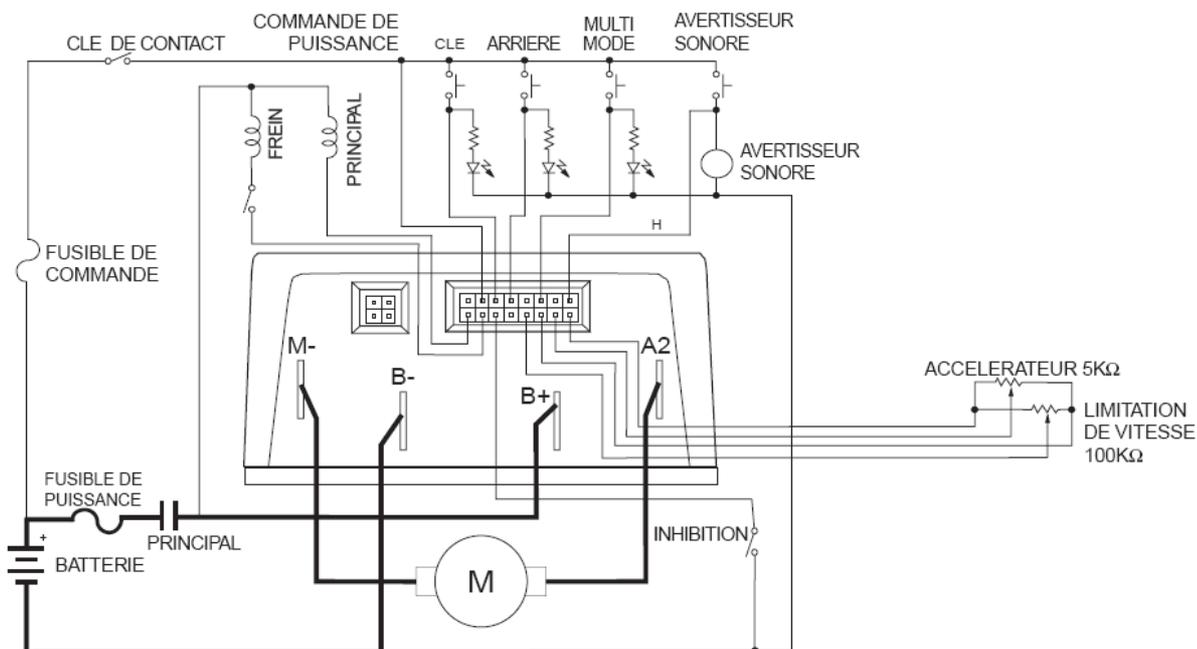
Description :

Les modèles Curtis PMC 1227 sont des variateurs électroniques de vitesse programmables qui assurent une commande souple et silencieuse de la vitesse moteur. Ces variateurs 4 quadrants (pont en H) fournissent une puissance équivalente en accélération et décélération pour la marche avant et la marche arrière.

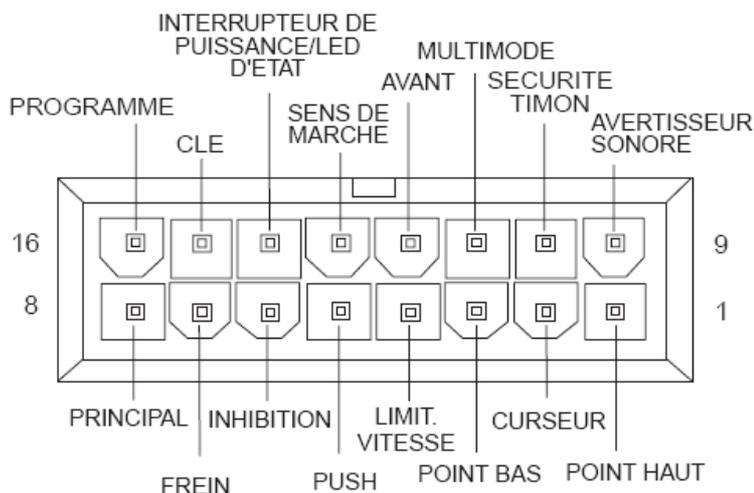
Caractéristiques :

- Technologie à transistors MOSFET (pont en H) offrant une grande souplesse de commande en marche avant/arrière, ainsi qu'en freinage. Le fonctionnement à haute fréquence rend l'utilisation très efficace et silencieuse.
- Signal de consigne (accélérateur) fourni par un potentiomètre 5kΩ ou une tension analogique comprise entre 0 et 5 V. L'inversion du sens de marche peut se faire automatiquement par la position de l'accélérateur (point milieu pour la position repos) ou bien par un interrupteur.
- Tension nominale 48V (de 35V à 64V), courant limite 100A.
- Puissance dissipée pour un courant maximum continu 60W.

Schéma de câblage type:



Brochage du connecteur :



**Description :**

Le laser LMS émet des impulsions laser qui sont réfléchies par un objet. Le temps mis entre l'émission et la réception de l'impulsion est directement proportionnel à la distance entre le laser et l'objet.

Il peut être connecté sur une interface série standard (RS232) ou différentielle (RS422).

Pour permettre son fonctionnement à basse température, un système de chauffage est intégré et déclenché par un thermostat à une température $\leq 10^{\circ}\text{C}$.

Caractéristiques du LMS221 :

Ouverture angulaire	100 / 180 °
Résolution angulaire	1 ... 0,25 °
Temps de réponse	13 ... 520 ms
Résolution	10 mm
Température d'utilisation	-30 °C ... +50 °C
Portée	80 m
Interface de données	RS 232, RS 422
Vitesses de transmission des données	9,6 / 19,2 / 38,4 / 500 kb/s
Sorties commutées	3 PNP type 24 VDC
Tension d'alimentation	24 VDC +/- 15% 2,5A
Alimentation résistante chauffante	24 VDC, non régulé, 5A
Dimensions (L x l x H)	194 x 352 x 266 mm , 9kg

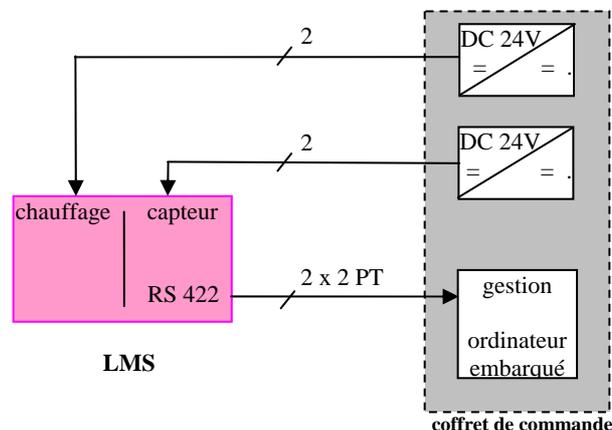
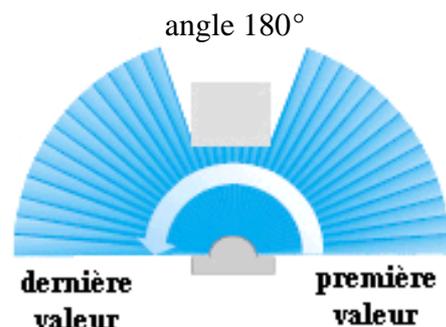
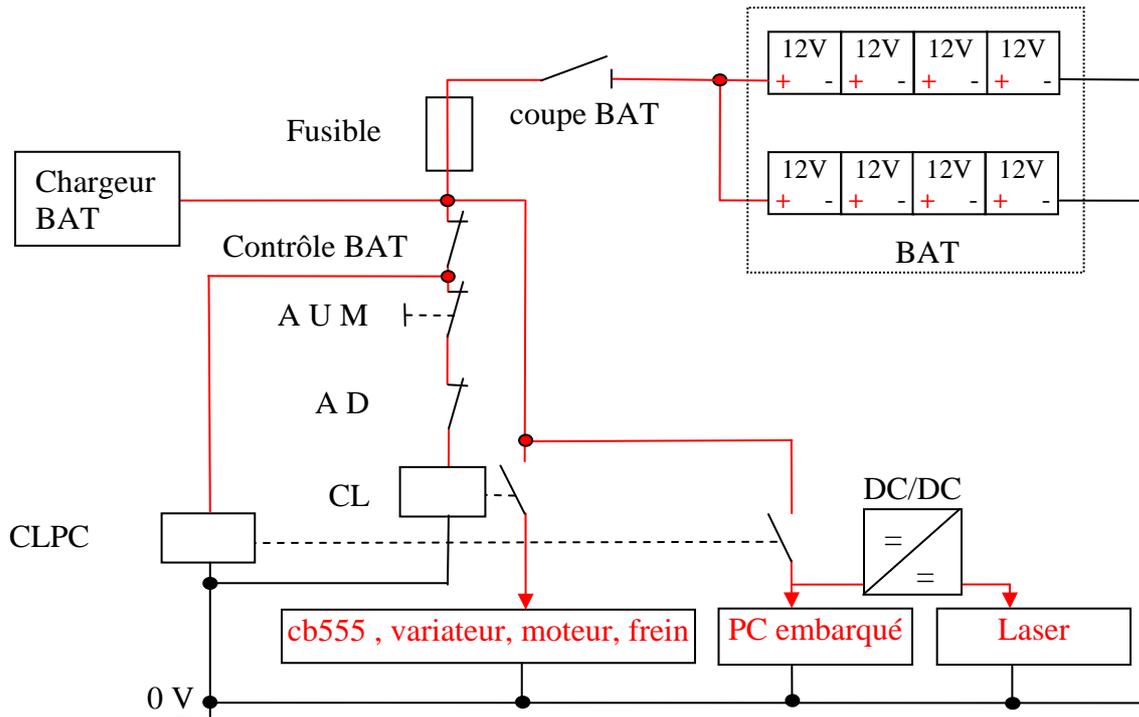
Schéma fonctionnel**Détection d'un objet par scrutation**

Tableau des mesures effectuées par le laser

Angle de mesure	Résolution angulaire	Mesures
100°	1°	0° 1° 2° 3° 100°
100°	0,5°	0° 0,5° 1° 100°
100°	0,25°	0° 0,25° 0,5° 100°
180°	1°	0° 1° 2° 3° 180°
180°	0,5°	0° 0,5° 1° 180°





BAT : 8 batteries au plomb à recombinaison de gaz (sans entretien) 110 Ah

Fusible : fusible principal 180 A

Coupe BAT : sectionneur principal

Chargeur BAT : chargeur de batterie 48V - 7.5A

Contrôle BAT : contrôleur de décharge des batteries avec indication du niveau restant

AUM : Arrêt d'Urgence Manuel

AD : Arrêt à Distance, permet de couper la puissance à distance par la télécommande

CL : Contacteur de Ligne 180 A - 48 V

CLPC : Contacteur de Ligne 10 A - 48 V

DC/DC : Convertisseur continu-continu 48/24V - 10A

Le panneau utilisateur se trouve à l'arrière du robuCAR,



Il comprend :

- un interrupteur pour relâcher les freins **A**
- l'indicateur du niveau de batterie **B**
- le connecteur de l'arrêt à distance **C**
- le connecteur pour le chargeur de batteries **D**
- le connecteur du joystick **E**
- l'arrêt d'urgence manuel **F**

DOCUMENT REPOSE DR01

Schéma ES1

Véhicule Robucar non chargé

$F_{M0 \rightarrow 4} =$

$F_{F1 \rightarrow 6} =$

$EF =$

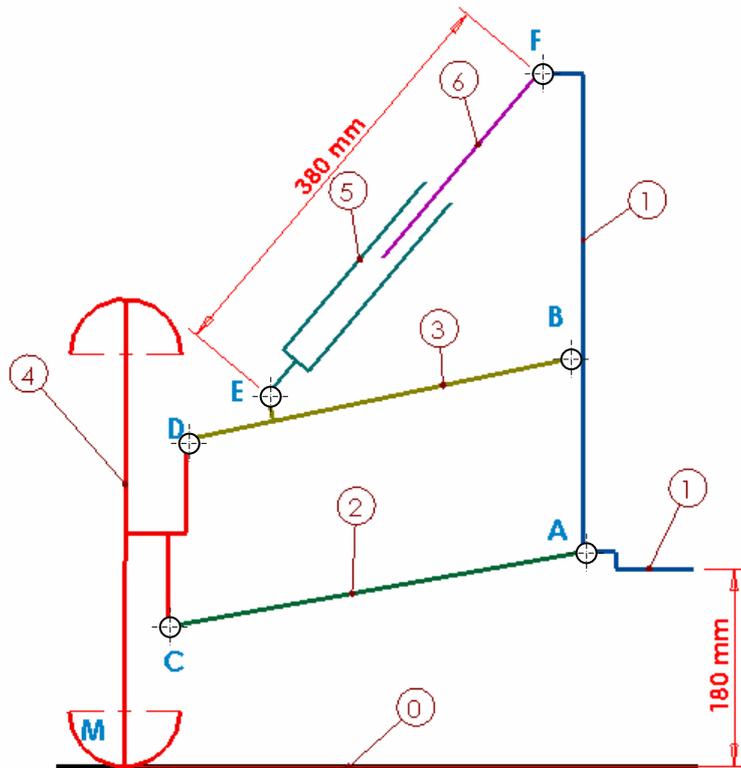


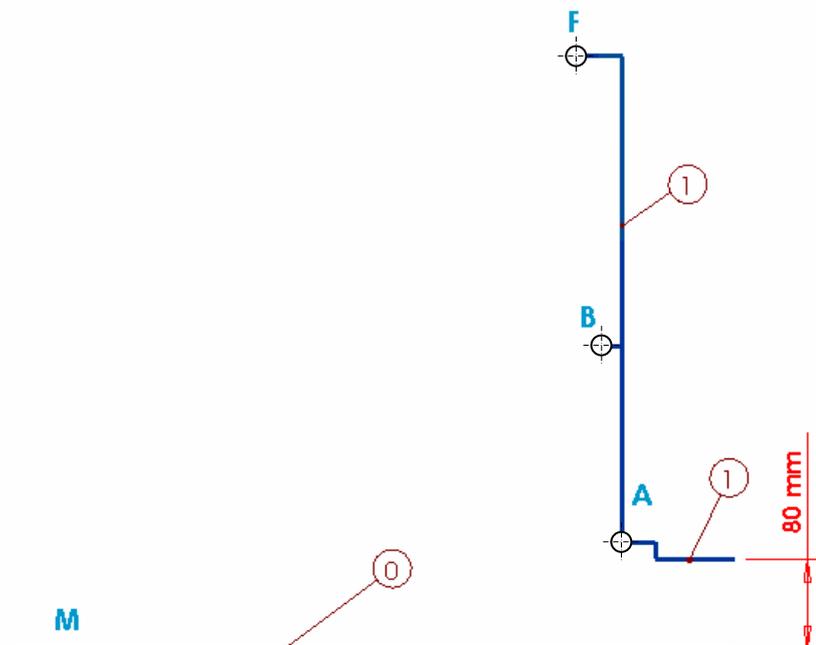
Schéma ES2

Véhicule Robucar chargé

$F_{M0 \rightarrow 4} =$

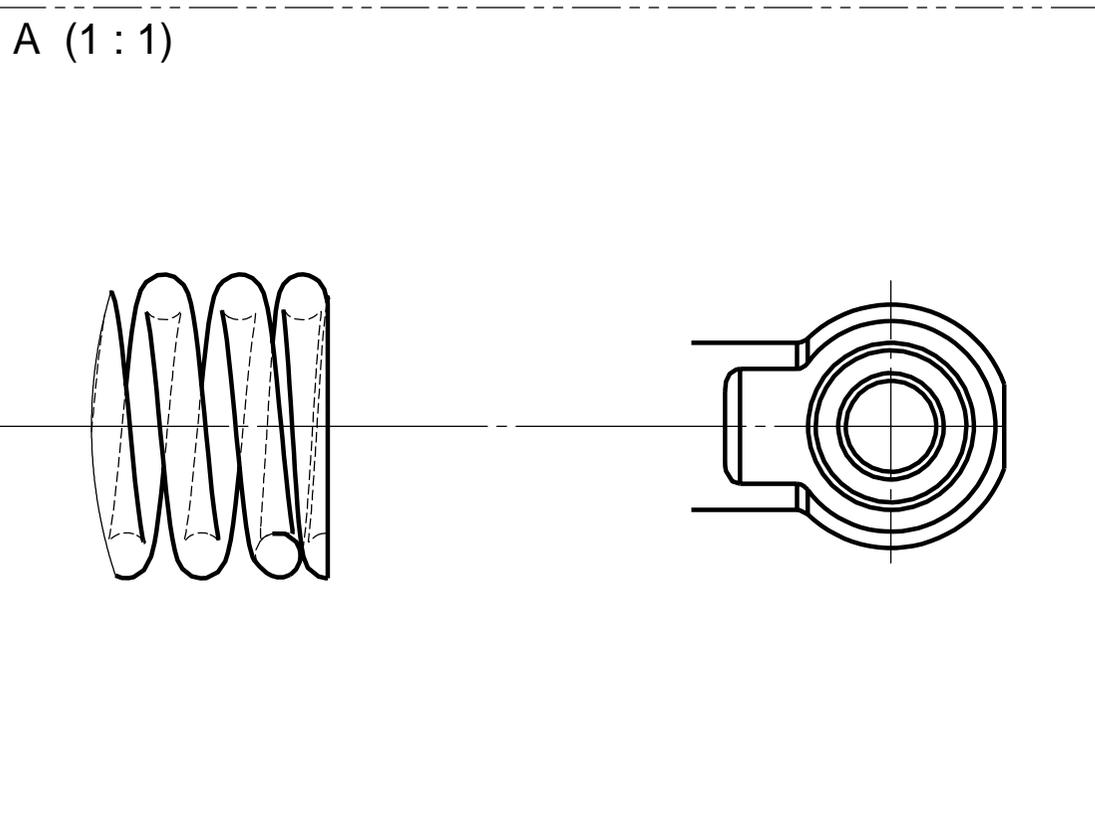
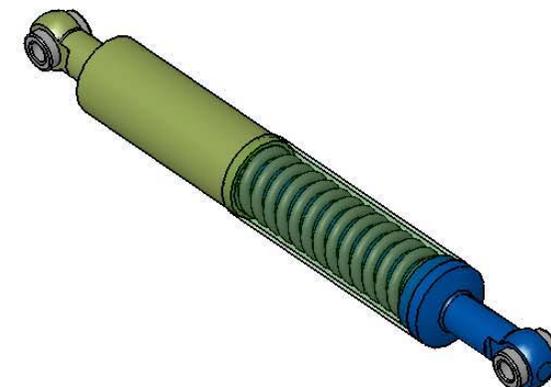
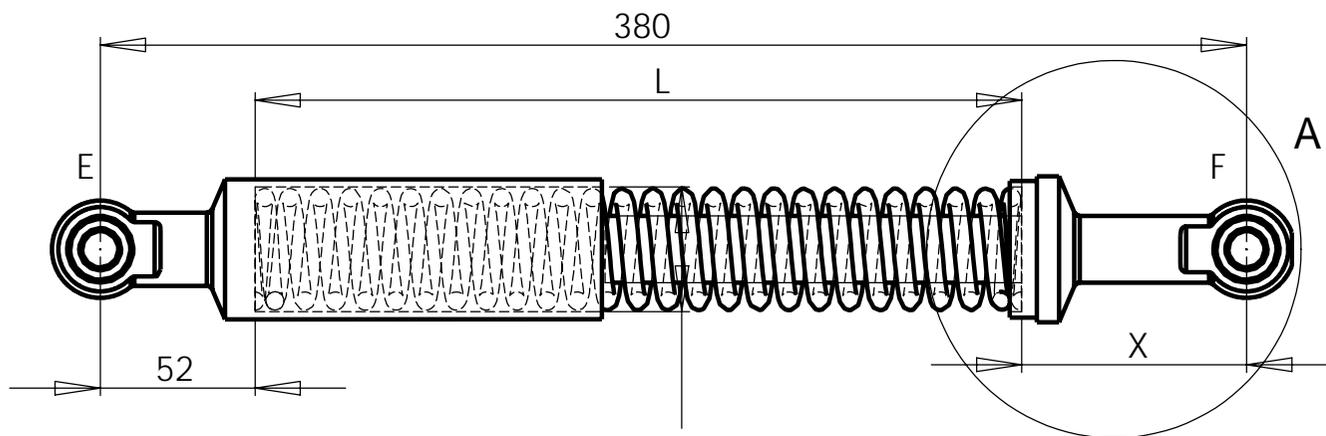
$F_{F1 \rightarrow 6} =$

$EF =$

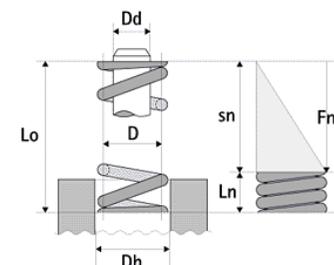


Suspension à ressort (version non réglable) - position Robucar à vide

DOCUMENT REPONSE DR02



Ressorts de compression standards Matière: acier ressort

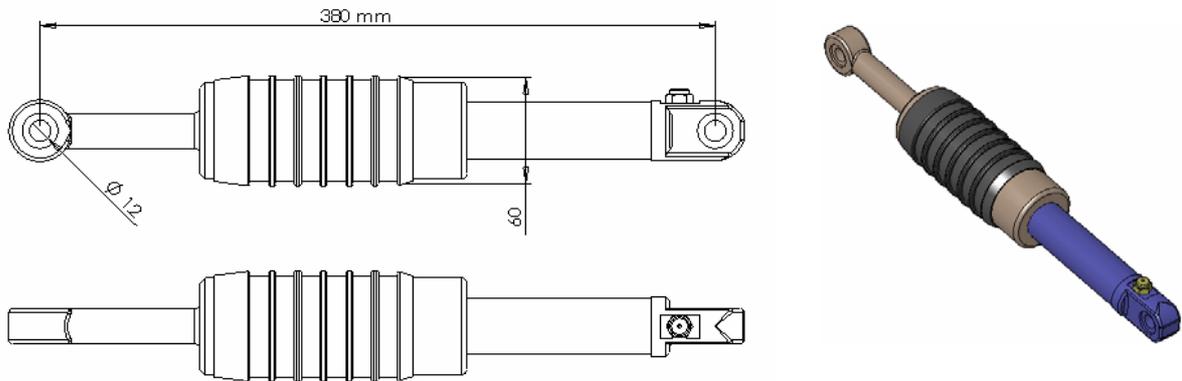


d = diamètre du fil, en mm
 D = diamètre moyen, en mm
 Dd = diamètre maximal de l'axe, en mm
 Dh = diamètre minimal de l'alésage, en mm
 Lo = longueur libre, en mm
 R = raideur en N/mm
 n = nombre de spires actives
 Ln = longueur minimale en mm
 Fn = charge maximale à Ln, en Newton

d	D	Dd	Dh	Lo	R	n	Ln	Fn
6,30	32,00	24,80	39,40	50,00	139,93	3,50	37,71	1719,8
				75,00	89,04	5,50	52,06	
				110,00	57,61	8,50	73,58	
				155,00	39,18	12,50	102,28	
40,00	32,80	47,50	60,00	225,00	26,47	18,50	145,32	
				60,00	71,64	3,50	38,19	1562,6
				90,00	55,59	5,50	52,82	
				135,00	34,50	8,50	74,75	
50,00	42,70	57,90	80,00	195,00	38,06	12,50	103,99	
				285,00	29,12	22,50	164,36	
				80,00	36,68	3,50	38,94	1506,1
				115,00	29,20	5,50	53,99	
			57,80	175,00	15,10	8,50	76,57	
				250,00	10,27	12,50	106,67	
				365,00	6,93	18,50	151,82	

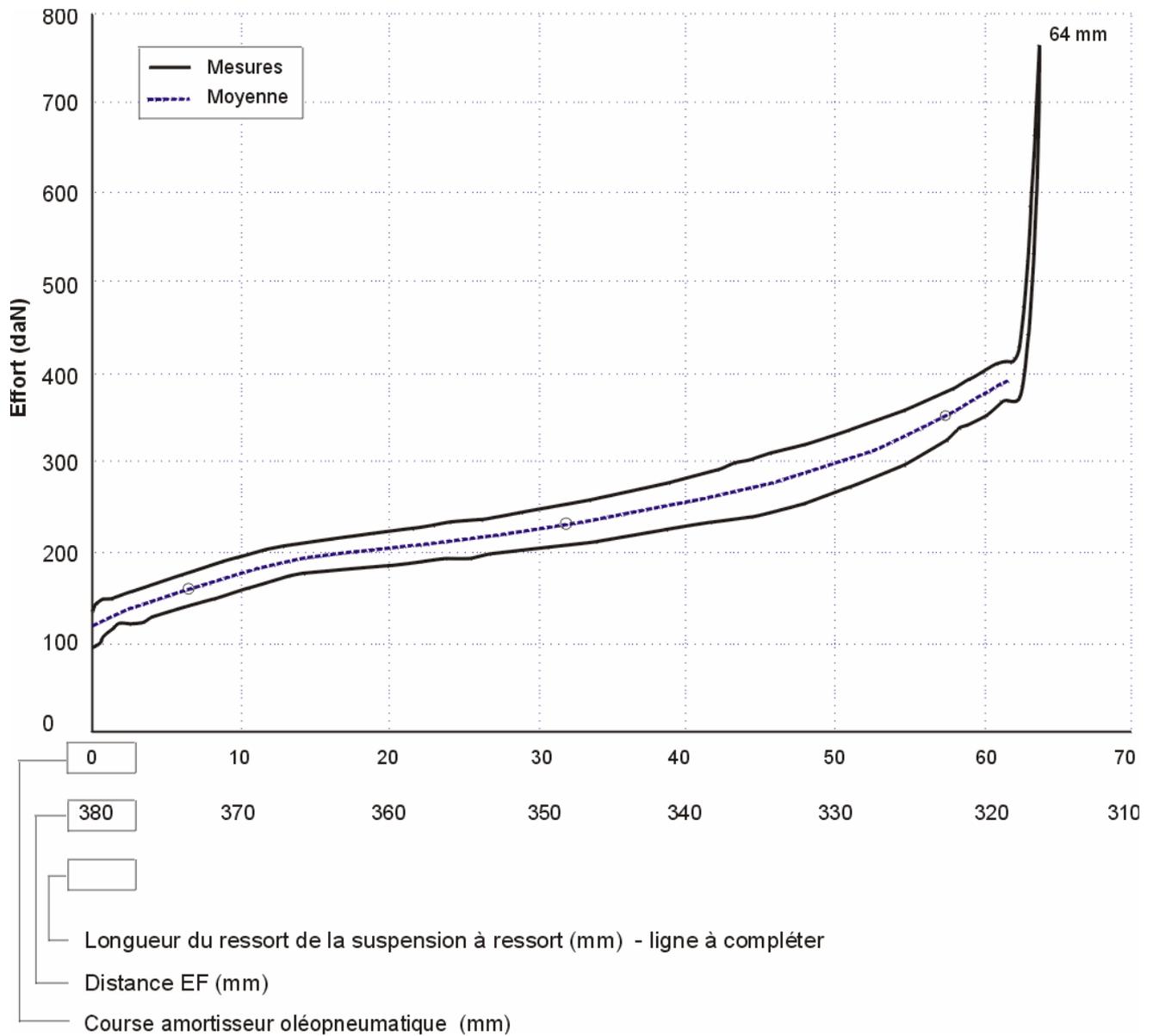
DOCUMENT REPOSE DR03

Suspension oléopneumatique (FOURNALE L380-60)

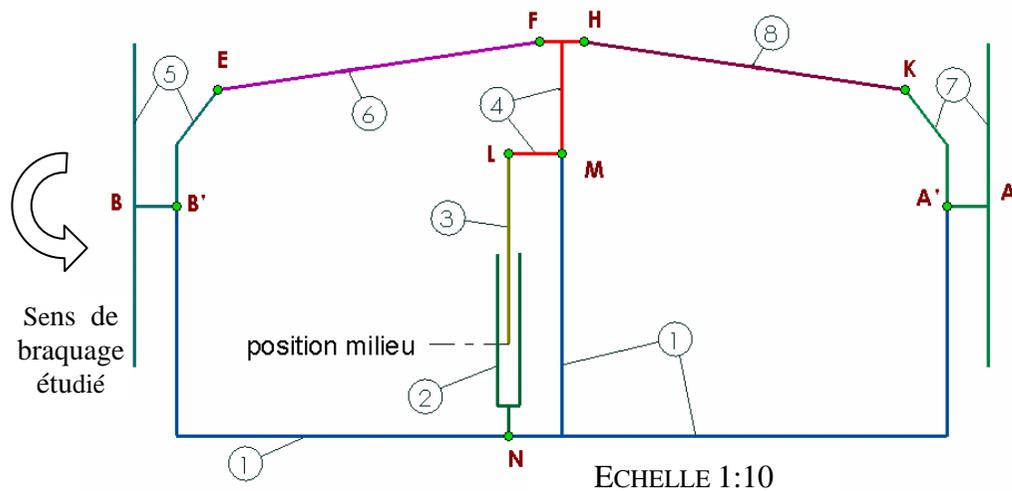
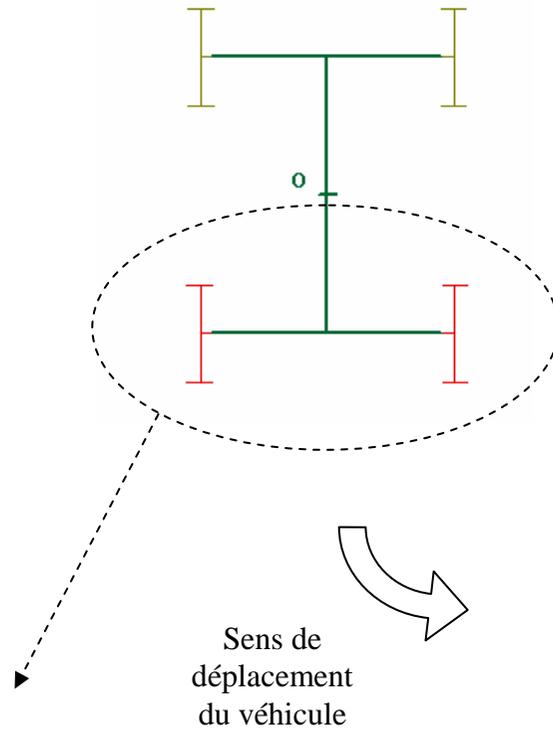


Longueur à vide : $L_0 = 380$ mm

RAIDEUR



DOCUMENT REPONSE DR04



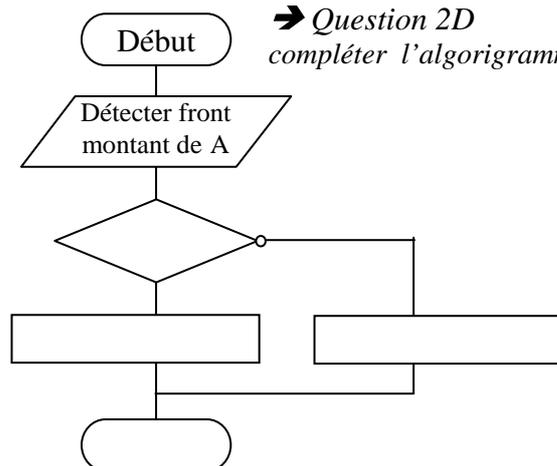
Course du vérin électrique : 30 mm de part et d'autre de la position milieu

DOCUMENT REPONSE DR05

→ Question 1A : Compléter par des croix

Zones	Ligne droite	Virage	Sas de nettoyage	Usine	Zone de 1/2 tour
C1					
C2	X				
C3	X				
C4		X			
C5					
C6					
C7	X	X			

→ Question 2D
compléter l'algorithme



→ Questions 3E : Compléter par 'possible' ou 'impossible'

Type de braquage	2 roues	4 roues	Idéal
C4 :	Braquage en courbe simple		
	Braquage sur bifurcation		
C5 :	Demi-tour sur zone d'arrêt		
	Demi-tour sur piste		

→ Question 3J

	V_T	Roue A	Roue B	Roue C	Roue D
%	100%	89		85	115
Vitesse tangentielle au sol	8 Km/h	7,12		6,8	9,2
Fréquence de rotation (tr/mn)	-	88,9		84,9	114,8

→ Question 3N

Direction	Mouvement Tige	DIR IN+	E1 (0/1)	E2 (0/1)	T1 (B/S)	T2 (B/S)	T3 (B/S)	T4 (B/S)	Alimentation Moteur
Droite	Sortie	0							
Médiane	Aucun	X							
Gauche	Rentrée	1							

→ Question 5A

STX	ADR	L	L	Com	NM	NM	D 0°	D 0°	D 1°	D 1°	D...	CRC	CRC
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	XX	XX	XX	XX	XX	YY	YY

→ Question 5D

Nbre	Désignation	Calcul P unitaire maximale	P totale maximale
4	Moteurs de propulsion		
	Composants électroniques divers (codeurs, calculateurs)		50W
		Total	