

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN MICROTECHNIQUES

SESSION 2024

ÉPREUVE E4 : CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME MICROTECHNIQUE

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

L'usage des calculatrices est autorisé dans les conditions suivantes :

- l'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé ;
- l'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

***Information aux candidats :** les candidats qui disposent d'une calculatrice avec mode examen devront l'activer le jour des épreuves et les calculatrices dépourvues de mémoire seront autorisées. Ainsi tous les candidats composeront sans aucun accès à des données personnelles pendant les épreuves.*

Le sujet comporte 3 dossiers de couleurs différentes :

- **Dossier Technique (DT1/15 à DT15/15) jaune,**
- **Dossier Travail demandé (TD1/8 à TD8/8) vert,**
- **Dossier Documents Réponses (DR1/5 à DR5/5) blanc.**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Les candidates ou les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur les « documents réponses » prévus à cet effet ou sur la feuille de copie.

Tous les documents réponses, même vierges, sont à remettre en fin d'épreuve et doivent être agrafés avec la feuille de copie.

BTS CIM - Épreuve E4 - Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2024
Code : 24CDE4CP	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	Page de garde

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN MICROTECHNIQUES

SESSION 2024

ÉPREUVE E4 : CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME MICROTECHNIQUE

ROBOT NETTOYEUR DE VITRES

DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comporte 15 pages repérées de DT 1/15 à DT 15/15.

- Mise en situation et cahier des charges fonctionnel : DT 1/15 à DT3/15
- Principe de fonctionnement du robot : DT 4/15
- Valeur minimale de la force d'aspiration : DT 5/15
- Documentation technique des turbines motorisées 758 : DT 6/15
- Documentation technique du groupe de propulsion avec codeur : DT 7/15
- Documentation technique des moteurs IGARASHI NN2953 : DT 8/15
- Documentation technique du parcours du robot : DT 9/15
- Documentation technique des valeurs de résistances normalisées : DT 9/15
- Documentation technique de l'accéléromètre ADXL335 : DT 10/15 à DT11/15
- Documentation technique du capteur photoélectrique : DT 12/15
- Documentation technique des capteurs à effet hall et aimants : DT 13/15
- Documentation technique des poulies et des paliers : DT 14/15 à DT15/15

1 Mise en situation

1.1 Enoncé du besoin

Le développement croissant des constructions contemporaines (maisons, vérandas, immeubles, architectures d'arts, etc...) pose le problème du nettoyage de grandes surfaces vitrées souvent d'accès difficiles.

Actuellement, le nettoyage de ces surfaces est réalisé manuellement sans ou avec équipements spécifiques pour accéder dans les endroits les plus difficiles d'accès.

Le développement des systèmes robotisés domestiques, nous amène à envisager la conception d'un robot nettoyeur de vitres dont le principe de fonctionnement envisagé est décrit au DT4/15.

1.2 Le produit et son marché

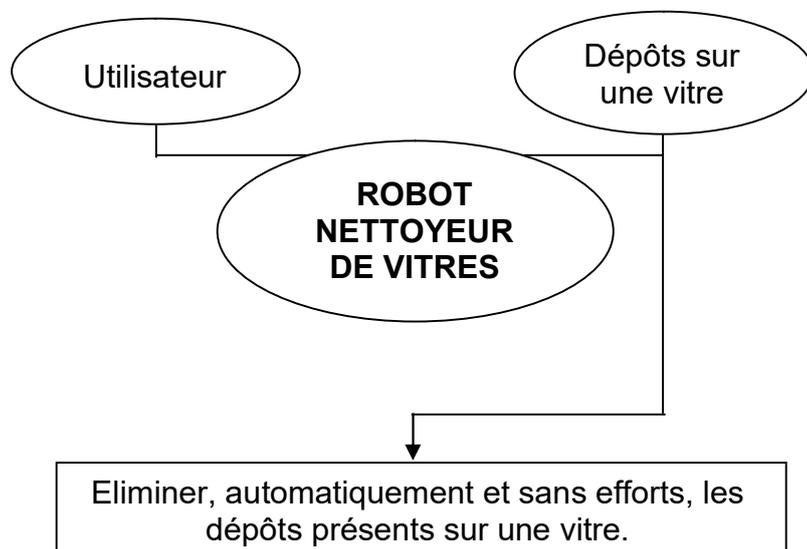
Ce produit, de petites dimensions et particulièrement innovant, est destiné principalement au marché grand public mais devra pouvoir être une aide précieuse aux professionnels. Son marché est mondial.

Il est au service du bien-être domestique et devra permettre de nettoyer automatiquement et sans efforts de grandes parois vitrées quelle que soit l'inclinaison de celles-ci.

Le produit sera réalisé pour une série renouvelable de 200 000 exemplaires par an.

2 Cahier des charges fonctionnel

2.1 Expression du besoin



A qui sert le produit ?

À un utilisateur ayant de grandes baies vitrées (d'accès parfois difficiles) ou autres parois vitrées.

Sur quoi agit-il ?

Sur les dépôts (salissures) par frottement d'une microfibre.

Pourquoi ? (dans quel but?)

L'utilisateur gagne beaucoup de temps (pendant que le robot nettoie, l'utilisateur peut faire autre chose). Mais surtout il peut nettoyer des surfaces que nous ne pouvons pas atteindre : extérieur d'une véranda, vitre d'angle au huitième étage, etc.....

2.2 Validation du besoin

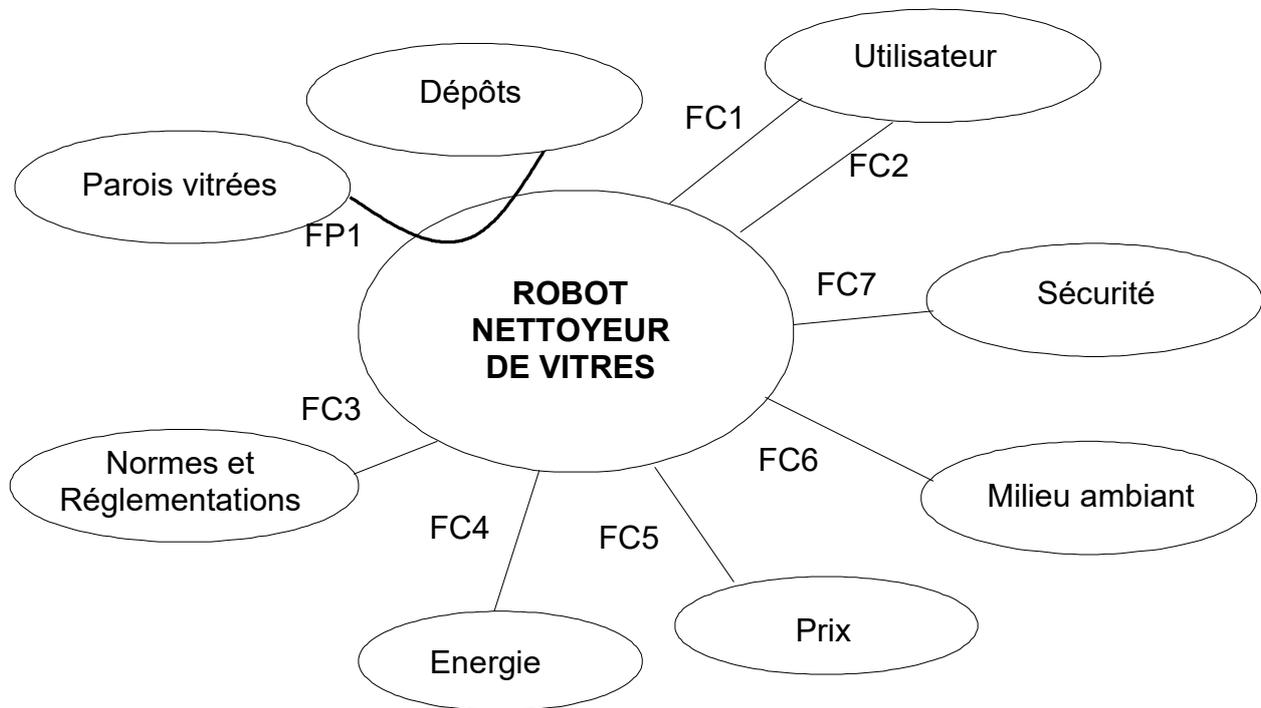
Le nettoyage de vitres d'accès difficiles ou de grandes hauteurs sur des vérandas, des baies vitrées ou encore des parois de douche peut être une charge de travail importante.

Le besoin est validé à moyen terme.

BTS CIM - Épreuve E4 - Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2024
Code de l'épreuve : 24CDE4CP	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	DT1 / 15

3 Diagramme des interacteurs

3.1 Recensement des fonctions de service et contraintes

**Fonction principale :**

- FP1 : Nettoyer automatiquement des parois vitrées.

Fonctions complémentaires ou contraintes :

- FC1 : Commander et entretenir le robot ;
- FC2 : Être ergonomique ;
- FC3 : Respecter les normes et réglementations en vigueur ;
- FC4 : Être alimenté en énergie électrique ;
- FC5 : Être d'un prix raisonnable ;
- FC6 : S'adapter au milieu ambiant ;
- FC7 : Fonctionner en toute sécurité.

3.2 Caractérisation des fonctions de service et contraintes

	Fonctions de service	Critères d'appréciation	Niveau d'appréciation	Flexibilité	Limite d'acceptation
FP1	Nettoyer automatiquement des parois vitrées	Matériau des parois	Verre	F0	mini
		Dimensions des parois	45 cm x 45 cm	F0	
		Inclinaison des parois	Toute inclinaison	F0	
		Bordures des parois	Avec ou sans bordures	F0	
		Cadence de nettoyage	1 m ² / min	F2	0,66 m ² / min
		Surface nettoyée	95% de la paroi	F1	
		Maintien sur la vitre	Contact "permanent"		
		Validation "adhérence"	Mesures/programme		
		Visualisation "adhérence"	Voyant bleu continu		
FC1	Commander et entretenir le robot	Mise sous tension	1 bouton ON/OFF	F0	Professionnel
		Visualisation service	Voyant bleu clignotant	F0	
		Commande/Utilisation	Télécommande	F2	
		Maintenance	Non démontable facilement	F1	
FC2	Être ergonomique	Masse de l'ensemble	2,5 kg	F2	Maxi
		Encombrement	300 * 300 * 60 mm	F1	Maxi (hors poignée)
		Formes	Formes usuelles à la préhension humaine	F2	Préhension aisée
FC3	Respecter les normes et réglementations en vigueur	Normes générales	NF et CE	F0	
		Normes électriques	NF C 15-100	F0	
		Directive européenne	RoHS 2002/95/CE	F0	
FC4	Être alimenté en énergie électrique	Energie électrique primaire	Réseau domestique	F1	Adaptateur /secteur
			Tension 24 V DC	F1	Maxi
FC5	Être d'un prix raisonnable	Coût du produit pour avoir une marge de bénéfice	500 €	F2	700 € maxi
FC6	S'adapter au milieu ambiant	Localisation	Intérieur/Extérieur	F1	Intérieur
		Eau/poussière	IP 33	F1	Mini
		UV	Au mieux	F2	Mini
		Chaleur	60°	F2	
FC7	Fonctionner en toute sécurité	Sécurité de l'utilisateur	Aucunes blessures	F0	Module de sécurité
		Protection du système	Pas de chute	F1	
		Energie électrique secondaire	Batterie de secours	F1	Maxi
		Autonomie	Tension 14,8 Volts	F1	Maxi
		Alerte batterie	12 minutes	F1	Mini
			Voyant rouge clignotant	F1	
	Buzzer	F2	70 db		

F0 : Impératif

F1 : Peu négociable

F2 : Négociable

F3 : Très négociable

Remarque: « **RoHS** » signifie "**R**estriction of the use of certain **H**azardous **S**ubstances". La directive européenne **RoHS** 2002/95/CE vise à limiter l'utilisation de six substances dangereuses : le plomb, le mercure, le cadmium, le chrome hexavalent, les polybromobiphényles, les polybromodiphényléthers.

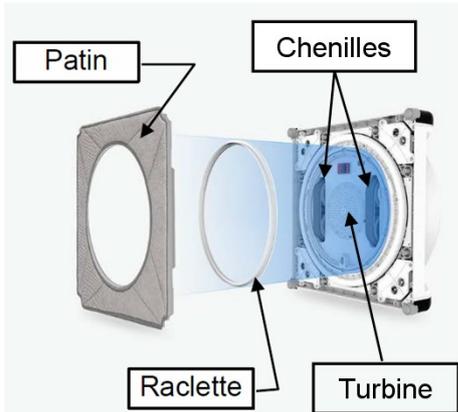
BTS CIM - Épreuve E4 - Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2024
Code de l'épreuve : 24CDE4CP	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	DT3 / 15

4 Principe de fonctionnement du robot

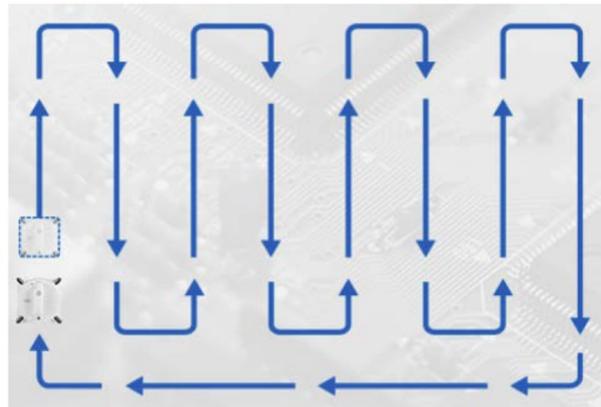
4.1 Principe envisagé

Le robot est équipé d'un patin en microfibre à 4 côtés et d'une raclette disposée sur toute sa circonférence, permettant le nettoyage de la vitre en se déplaçant sur la vitre. Il est maintenu en contact avec la vitre par une turbine motorisée à vide d'air et se déplace sur la vitre par l'intermédiaire de deux chenilles en suivant un cycle de nettoyage.

Le robot est en permanence relié à une alimentation électrique pendant son fonctionnement normal. Une ventouse (non représentée) positionnée sur la vitre et liée au robot par un cordon assure le robot en cas de chute. En cas de coupure d'alimentation électrique, le robot s'immobilise jusqu'à épuisement des batteries.

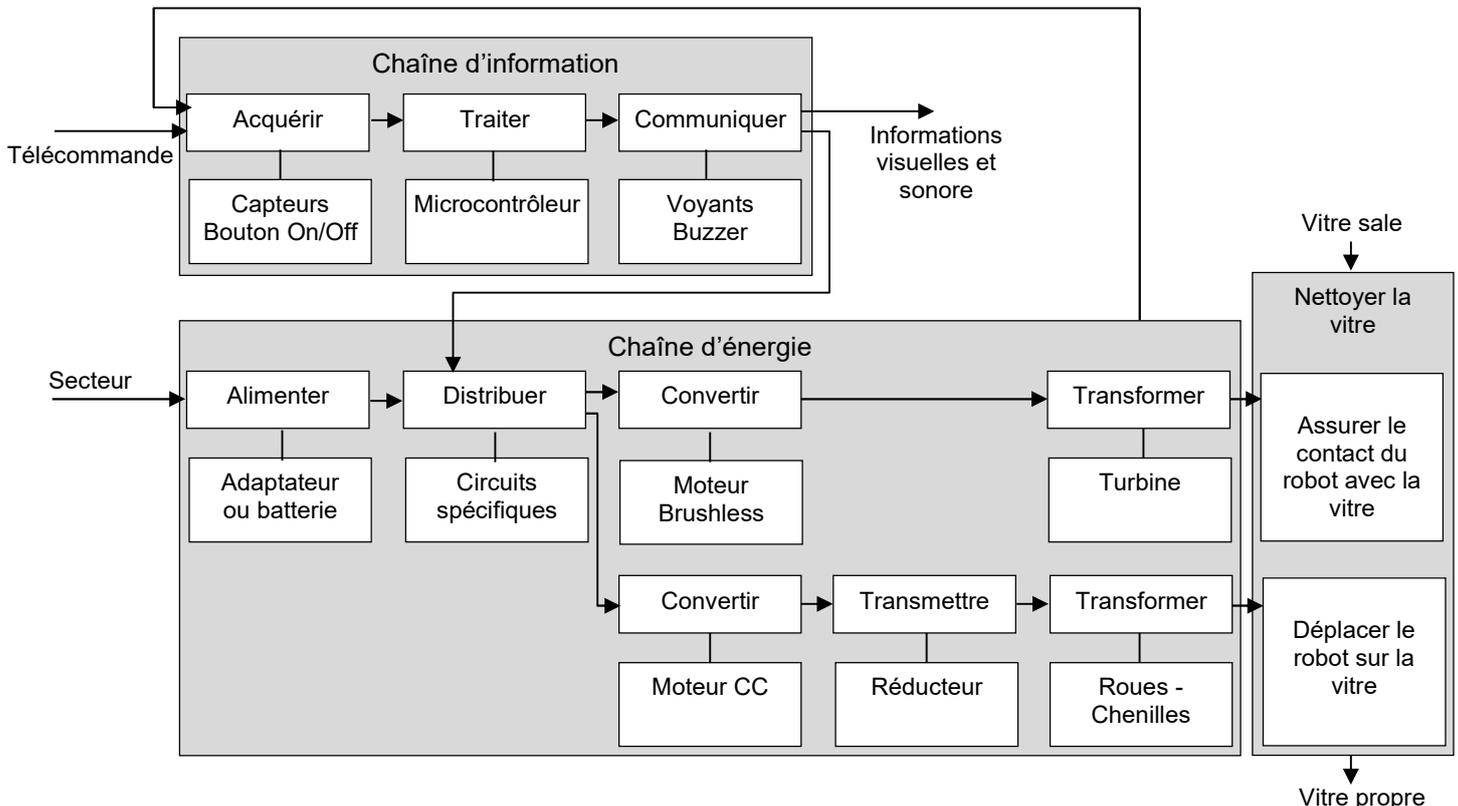


Visuel du robot envisagé



Cycle de nettoyage envisagé

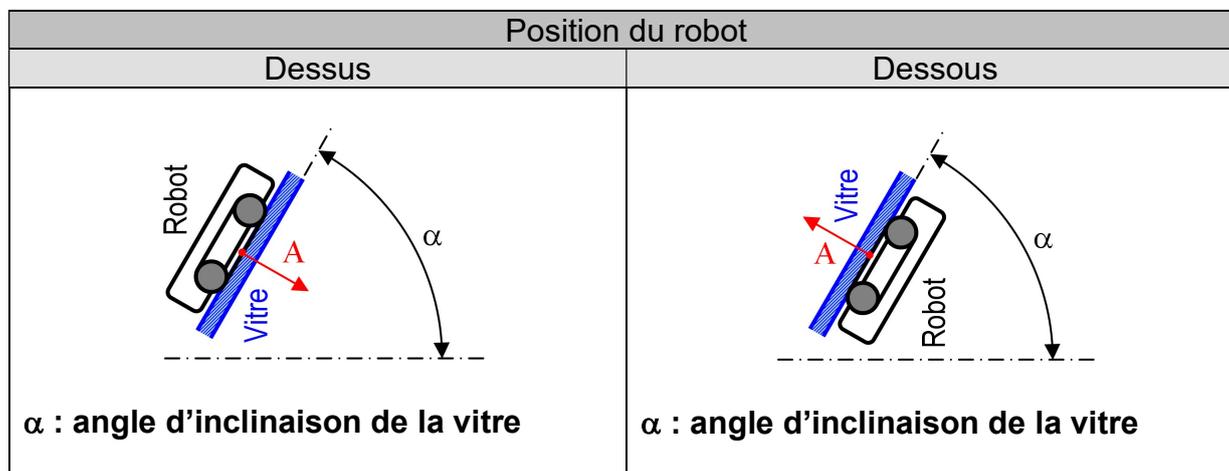
4.2 Architecture fonctionnelle du produit



5 Valeur minimale de la force d'aspiration

Valeur minimale de la force d'aspiration garantissant le contact du robot avec la vitre en fonction de l'inclinaison de la vitre.

5.1 Situations du robot et force d'aspiration

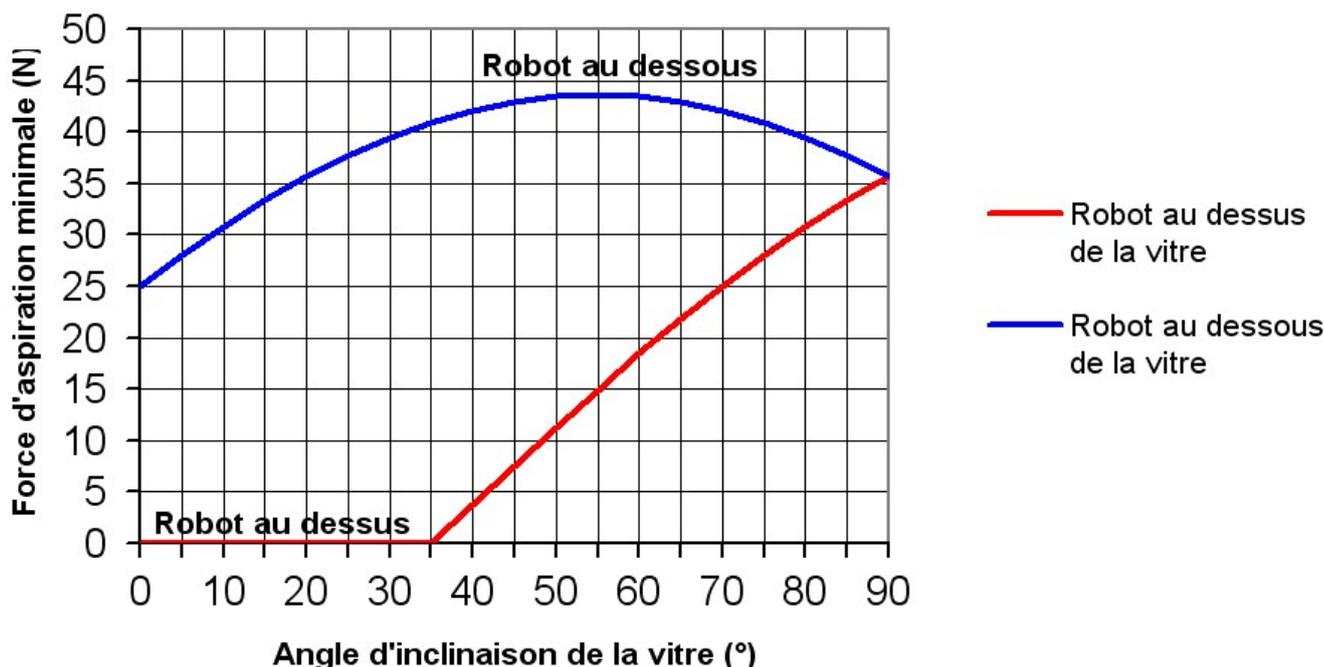


5.2 Grandeurs retenues

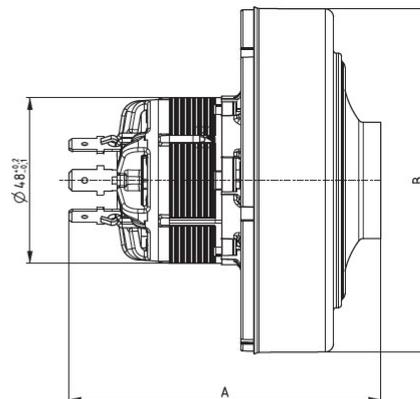
- masse du robot : $m = 2,5 \text{ kg}$
- accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m/s}^2$
- coefficient de frottement entre la vitre et le robot : $f = 0,7$

5.3 Courbes de la force d'aspiration

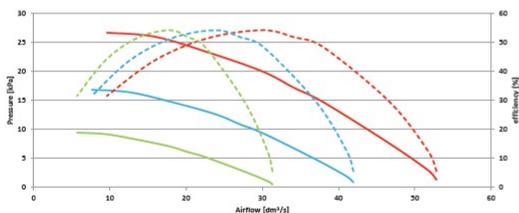
Force d'aspiration minimale nécessaire en fonction de l'inclinaison de la vitre



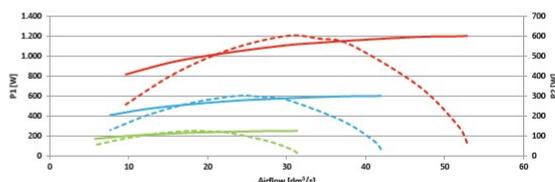
6 Documentation technique des turbines motorisées 758



Cover diameter: $\varnothing 100$ mm
 Height: 86,7 – 96,7 mm
 Weight: 346 – 426 g
 Max. efficiency: 54 %
 Max Flow: 55 L/s
 Voltages: 12 – 48 V DC
 Noise: 92 – 100 dB(A)
 Power range: 250 – 1200 W



— p-250 W — p-600 W — p-1200 W
 - - - eta-250 W - - - eta-600 W - - - eta-1200 W



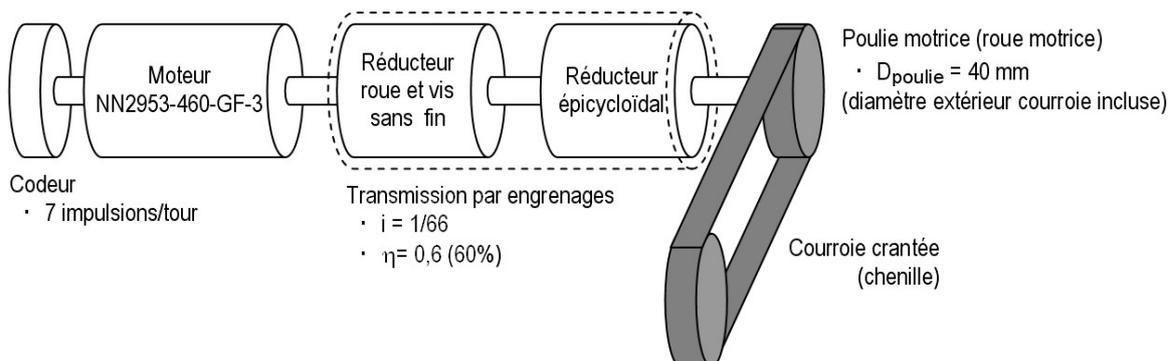
— 250 W — 600 W — 1200 W
 - - - 250 W - - - 600 W - - - 1200 W

Max. Power W	Vacuum		Air flow		Air power W	Efficiency %	Mass g	Voltage V	Code	A mm	B mm
	kPa	inH2O	dm3/s	CFM							
1200	26,7	107	52,9	112	600	52	426	18 - 48 DC	758.3.4xx	96,7	100
900	22,0	88	48	102	450	53	386	18 - 48 DC	758.3.3xx	91,7	100
600	16,8	68	41,9	89	300	54	370	18 - 48 DC	758.3.2xx	89,7	100
450	13,9	56	38,1	81	225	54	370	12 - 48 DC	758.3.2xx	89,7	100
250	9,4	38	31,3	66	125	52	346	12 - 48 DC	758.3.1xx	86,7	100

7 Documentation technique du groupe de propulsion avec codeur

Le groupe de propulsion est composé de :

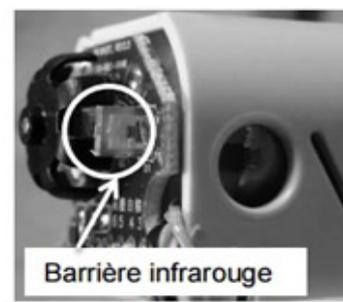
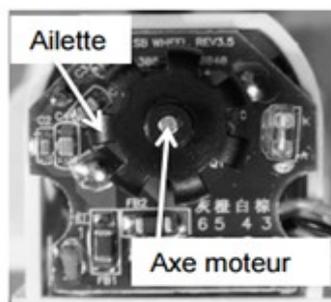
- un moteur,
- une transmission par engrenages,
- deux poulies faisant office de roues,
- une courroie crantée faisant office de chenille,
- un codeur



La transmission par engrenages entre le moteur et la poulie motrice est composée de :

- un réducteur roue et vis sans fin,
- un réducteur épicycloïdal.

Le codeur possède 7 ailettes qui coupent une barrière infrarouge : la carte électronique reçoit donc 7 impulsions par tour de moteur.



fonctionnement du codeur

8 Documentation technique des moteurs IGARASHI NN2953

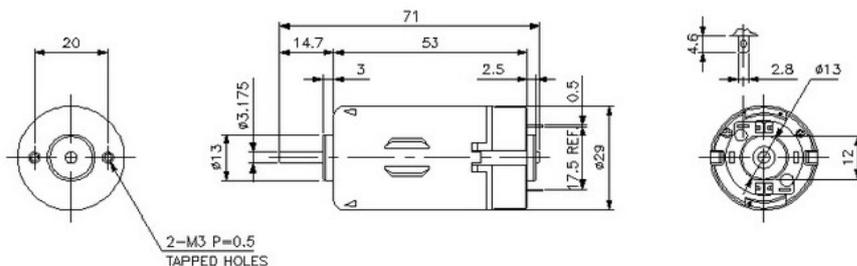
NN2953



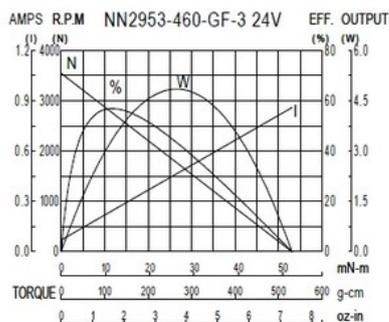
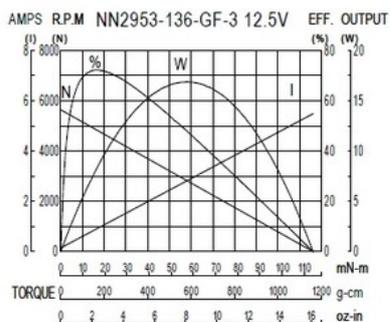
Performance

Model Name	No load			Max Efficiency					Stall	
	Voltage V	Speed rpm	Current A	Torque mN-m	Speed rpm	Current A	Output W	Eff %	Torque mN-m	Current A
NN2953-136-GF-3	12.5	5640	0.16	15.96	4850	0.9	8.13	72	113.9	5.48
NN2953-460-GF-3	24	3550	0.07	11.46	2770	0.24	3.33	57	52.1	0.86

Dimensions



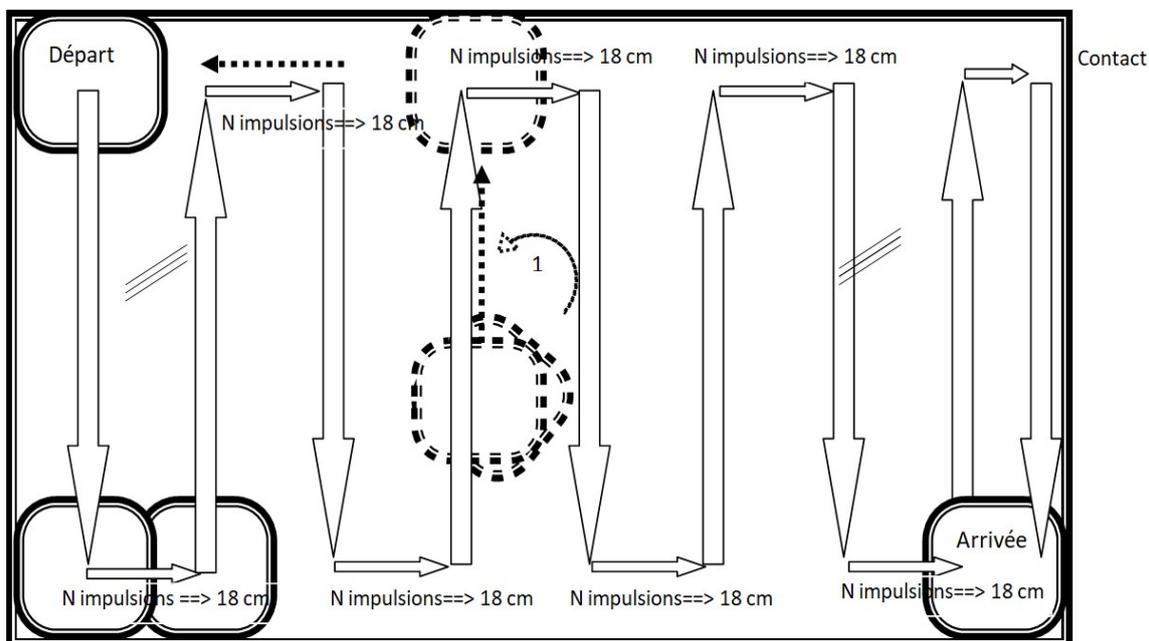
Performance Chart



9 Documentation technique du parcours du robot

----- Mise en position initiale

———— Cycle automatique



10 Documentation des valeurs de résistances normalisées

- Valeurs ohmiques des résistances de la série E12 +/- 10% (et leurs multiples de 10)

100	120	150	220	270	330	390	470	560	680	820	Ω
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----------

- Valeurs des puissances disponibles de résistances

1/4	1/2	1	2	3	5	7	10	15	20	W
-----	-----	---	---	---	---	---	----	----	----	---

11 Documentation technique de l'accéléromètre ADXL335



Small, Low Power, 3-Axis $\pm 3 g$
Accelerometer

ADXL335

FEATURES

- 3-axis sensing
- Small, low profile package
4 mm \times 4 mm \times 1.45 mm LFCSP
- Low power : 350 μA (typical)
- Single-supply operation: 1.8 V to 3.6 V
- 10,000 g shock survival

APPLICATIONS

- Cost sensitive, low power, motion- and tilt-sensing applications
- Mobile devices
- Gaming systems
- Disk drive protection
- Image stabilization
- Sports and health devices

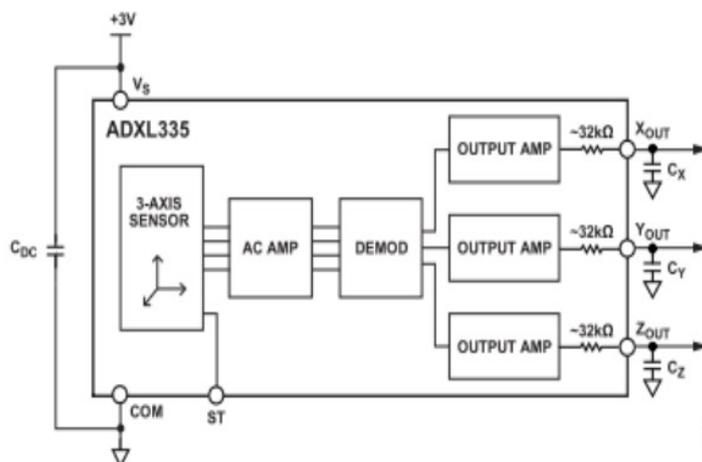
SPECIFICATIONS

$T_A = 25^\circ C$, $V_S = 3 V$, $C_X = C_Y = C_Z = 0.1 \mu F$, acceleration = 0 g, unless otherwise noted. All minimum and maximum specifications are guaranteed. Typical specifications are not guaranteed.

Table 1.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR INPUT					
Measurement Range	Each axis	± 3	± 3.6		g
Nonlinearity	% of full scale		± 0.3		%
Package Alignment Error			± 1		Degrees
Interaxis Alignment Error			± 0.1		Degrees
Cross-Axis Sensitivity ¹			± 1		%
SENSITIVITY (RATIOMETRIC)²					
Sensitivity at X_{OUT} , Y_{OUT} , Z_{OUT}	$V_S = 3 V$	270	300	330	mV/g
Sensitivity Change Due to Temperature ³	$V_S = 3 V$		± 0.01		%/ $^\circ C$
ZERO g BIAS LEVEL (RATIOMETRIC)					
0 g Voltage at X_{OUT} , Y_{OUT}	$V_S = 3 V$	1.35	1.5	1.65	V
0 g Voltage at Z_{OUT}	$V_S = 3 V$	1.2	1.5	1.8	V
0 g Offset vs. Temperature			± 1		mg/ $^\circ C$

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



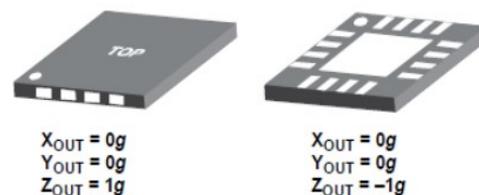
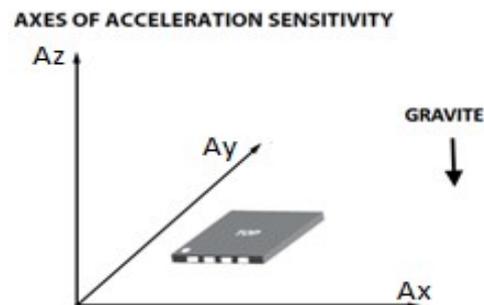
L'accéléromètre mesure la composante de la force de gravité selon 3 axes :

- l'axe des x (orienté selon le sens de la longueur)
- l'axe des y (orienté selon le sens de la largeur)
- l'axe des z (orienté perpendiculairement à la surface).

Un accéléromètre fournit donc 3 tensions (V_x , V_y et V_z) proportionnelles aux composantes X, Y et Z de la gravitation g . Par exemple, si votre accéléromètre repose à plat sur la surface d'une table, l'axe des x et l'axe des y sont horizontaux, et l'axe des z est vertical : toute la force gravitationnelle est orientée selon l'axe des z et l'accéléromètre affichera :

$$V_x : 1,5 \text{ V} \quad V_y : 1,5 \text{ V} \quad V_z : 1,5 - 0,3 = 1,2 \text{ V}$$

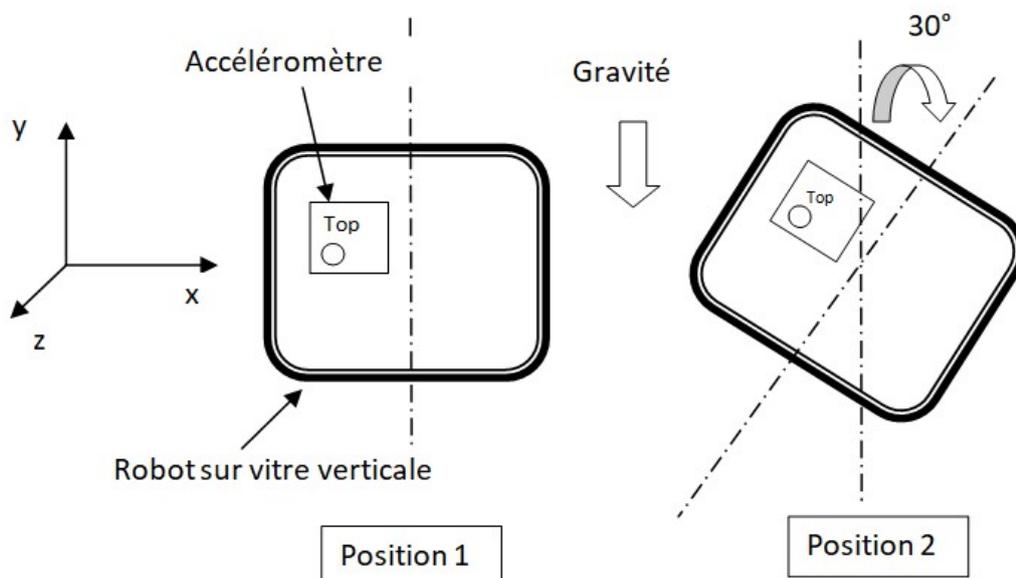
(1,2 est la valeur correspondant à une accélération de -1 g, lorsque l'accéléromètre a été réglé pour mesurer des valeurs allant de -3g à +3g).



Supposons maintenant que vous inclinez l'accéléromètre de 30° , de façon que l'axe des x ne soit plus parfaitement horizontal, et que l'axe des z ne soit plus parfaitement vertical. La force gravitationnelle se répartit maintenant sur deux axes, avec une composante x et une composante z:

$$V_x : 1,5 + 0,3 \cdot \sin 30^\circ \text{ V} \quad V_y = 1,5 \text{ V} \quad V_z = 1,5 - 0,3 \cdot \cos 30^\circ \text{ V}$$

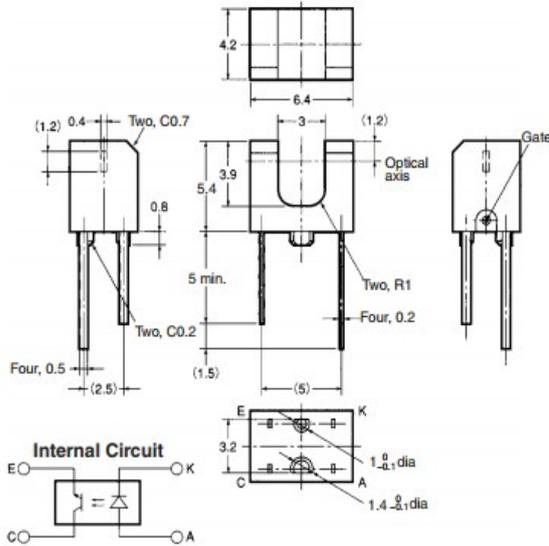
Positionnement de l'accéléromètre sur le robot (Figure 1)



12 Documentation technique du capteur photoélectrique

■ Dimensions

Note: All units are in millimeters unless otherwise indicated.



Terminal No.	Name
A	Anode
K	Cathode
C	Collector
E	Emitter

Unless otherwise specified, the tolerances are ±0.2 mm.

■ Features

- Ultra-compact with a slot width of 3 mm.
- PCB mounting type.
- High resolution with a 0.4-mm-wide aperture.

■ Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

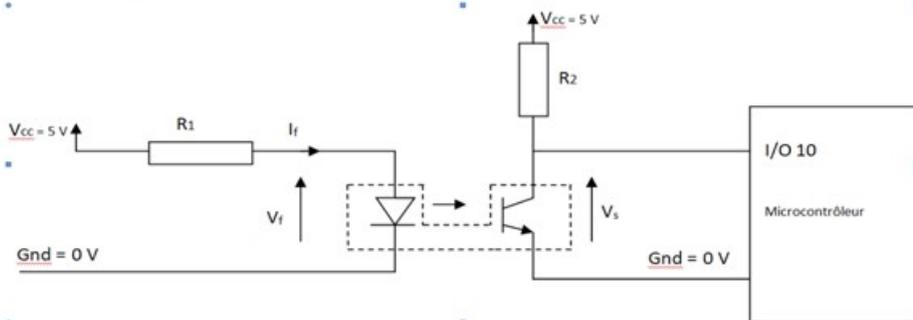
Item	Symbol	Rated value
Emitter	Forward current	I_F 50 mA (see note 1)
	Pulse forward current	I_{FP} ---
	Reverse voltage	V_R 5 V
Detector	Collector-Emitter voltage	V_{CEO} 30 V
	Emitter-Collector voltage	V_{ECO} 4.5 V
	Collector current	I_C 30 mA
	Collector dissipation	P_C 80 mW (see note 1)
Ambient temperature	Operating	T_{opr} -25°C to 85°C
	Storage	T_{stg} -30°C to 85°C
Soldering temperature	T_{sol}	260°C (see note 2)

- Note: 1. Refer to the temperature rating chart if the ambient temperature exceeds 25°C.
 2. Complete soldering within 3 seconds.

■ Electrical and Optical Characteristics (Ta = 25°C)

Item	Symbol	Value	Condition
Emitter	Forward voltage	V_F 1.3 V typ., 1.6 V max.	$I_F = 50$ mA
	Reverse current	I_R 10 μ A max.	$V_R = 5$ V
	Peak emission wavelength	λ_P 950 nm typ.	$I_F = 50$ mA
Detector	Light current	I_L 0.2 mA min.	$I_F = 20$ mA, $V_{CE} = 5$ V
	Dark current	I_D 500 nA max.	$V_{CE} = 10$ V, 0 lx
	Leakage current	I_{LEAK} ---	---
	Collector-Emitter saturated voltage	$V_{CE(sat)}$ 0.4 V max.	$I_F = 20$ mA, $I_L = 0.1$ mA
	Peak spectral sensitivity wavelength	λ_P 800 nm typ.	$V_{CE} = 5$ V

Schéma de câblage du capteur photoélectrique à fourche : figure 3

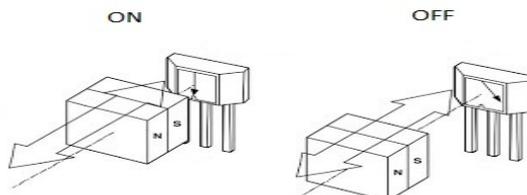


13 Documentation technique des capteurs à effet hall et aimants

13.1 Capteur à effet Hall

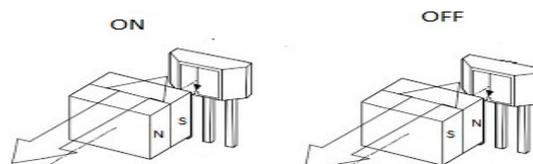
Capteur Unipolaire

La présence d'un champ magnétique fait commuter le capteur, l'absence d'un champ magnétique provoque le retour à l'état initial du capteur



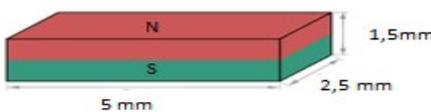
Capteur bipolaire

La présence d'un champ magnétique fait commuter le capteur, le retour à l'état initial est provoqué par la présence d'un champ magnétique de signe opposé



Images	Référence	Prix	Fonction	Polarisation	Portée de détection	Voltage -Supply	Courant alimentation (max)	Courant de sortie	Type de sortie
	US5881ESE-AAA- Surface de détection 2.9 * 1.8 mm	0,318	Unipolaire	Pôle sud	30 mT Déclenchement 30 mT Ouverture	2,3 V 24 V	5 mA	50mA	Drain ouvert
	A1171EEWLT-P 1,5 * 1.25 mm	0.314	Unipolaire	L'un ou l'autre	+/- 5,5 mT Déclenchement +/- 0.6 mT Ouverture	1,65 V 3,5 V	2 mA	1 mA	Drain ouvert
	TCS40DLRLFTR 2.9 * 1.8 mm	0,115	Unipolaire	L'un ou l'autre	+/- 4 mT Déclenchement +/- 0.9 mT Ouverture	2,3 V +5,5 V	1,6 mA	5 mA	Drain ouvert
	AH1806-P-ADITB-ND 3 * 0,62 mm	0,138	Unipolaire	L'un ou l'autre	+/- 4.5 mT Déclenchement +/- 4 mT Ouverture	2,5 V +5,5 V	16 µA	2,5 mA	Drain ouvert
	HAL1501SU-ATR-ND 3,1* 1.95 mm	0,234	bipolaire	Pôle nord pôle sud	0,4 mT Déclenchement -0,4 mT Ouverture	2,7 V 24 V	2 µA	1 mA	Drain ouvert
	TLE4966KHTSA1T R-ND 3,1* 1.95 mm	0,367	bipolaire	pôle sud	+10 mT Déclenchement -10 mT Ouverture	2,9 V 18 V	7 mA	10 mA	Collecteur ouvert

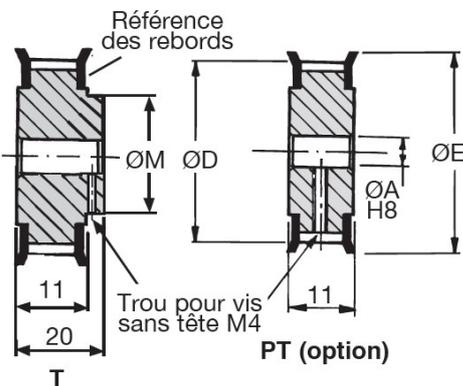
13.2 Aimants

Aimant utilisé	
Matériaux	NdFeB
Dimension	5 * 2,5 * 1,5 mm
Magnétisation	1,3 T
Température max d'utilisation	120 °C
Poids	0,14 g

14 Documentation technique des poulies et des paliers

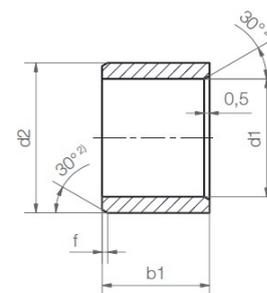
Poulies dentées

Références	Z	Ø	ØD	ØM	ØA	Rebords ref.
Dents	Primitif					
10T5-11	10	15,92	15,05	12	5	11XL
12T5-11	12	19,10	18,25	13	5	12XL
14T5-11	14	22,28	21,45	16	5	14XL
15T5-11	15	23,87	23,05	16	6	14XL
16T5-11	16	25,46	24,60	16	6	14XL
17T5-11	17	27,06	26,20	16	6	16XL
18T5-11	18	28,65	27,80	20	6	18XL
19T5-11	19	30,24	29,40	20	6	18XL
20T5-11	20	31,83	31,00	20	6	20XL
24T5-11	24	38,20	37,80	25	6	24XL
25T5-11	25	39,79	39,00	25	6	24XL
30T5-11	30	47,75	46,95	30	8	28XL



Paliers cylindriques

Paliers cylindriques (forme S)



Cotes [mm]

d1	Tolérance d1 ⁹	d2	b1 h13	Référence
1,5		3,0	2,0	GSM-0103-02
2,0		3,5	3,0	GSM-0203-03
2,5	+0,014	4,5	5,0	GSM-02504-05
3,0	+0,054	4,5	3,0	GSM-0304-03
3,0		4,5	5,0	GSM-0304-05
3,0		4,5	6,0	GSM-0304-06
4,0		5,5	4,0	GSM-0405-04
4,0	+0,020	5,5	6,0	GSM-0405-06
4,5	+0,068	6,0	8,0	GSM-0406-08
4,0		7,0	5,5	GSM-0407-05
5,0	+0,010	6,0	4,6	GSM-0506-046
5,0	+0,040	6,0	5,0	GSM-0506-05
5,0		6,0	7,0	GSM-0506-07
5,0		7,0	5,0	GSM-0507-05
5,0	+0,020	7,0	7,0	GSM-0507-07
5,0	+0,068	7,0	8,0	GSM-0507-08
5,0		7,0	10,0	GSM-0507-10
6,0		7,0	6,0	GSM-0607-06
6,0		7,0	12,0	GSM-0607-12
6,0	+0,010	7,0	17,0	GSM-0607-17
6,0	+0,040	7,0	17,5	GSM-0607-17.5
6,0		7,0	19,0	GSM-0607-19
6,0		8,0	1,5	GSM-0608-015
6,0		8,0	2,5	GSM-0608-025
6,0	+0,020	8,0	3,0	GSM-0608-03
6,0	+0,068	8,0	4,0	GSM-0608-04
6,0		8,0	5,0	GSM-0608-05
6,0		8,0	5,5	GSM-0608-055

d1	Tolérance d1 ⁹	d2	b1 h13	Référence
6,0		8,0	6,0	GSM-0608-06
6,0		8,0	8,0	GSM-0608-08
6,0	+0,020	8,0	9,5	GSM-0608-09
6,0	+0,068	8,0	10,0	GSM-0608-10
6,0		8,0	11,8	GSM-0608-11
6,0		8,0	13,8	GSM-0608-13
7,0	+0,013	8,0	10,0	GSM-0708-10
7,0	+0,049	8,0	19,0	GSM-0708-19
7,0		9,0	8,0	GSM-0709-08
7,0	+0,025	9,0	9,0	GSM-0709-09
7,0	+0,083	9,0	10,0	GSM-0709-10
7,0		9,0	12,0	GSM-0709-12
8,0		9,0	5,0	GSM-0809-05
8,0	+0,013	9,0	6,0	GSM-0809-06
8,0	+0,049	9,0	8,0	GSM-0809-08
8,0		9,0	12,0	GSM-0809-12
8,0		10,0	5,0	GSM-0810-05
8,0		10,0	6,0	GSM-0810-06
8,0		10,0	6,8	GSM-0810-07
8,0		10,0	8,0	GSM-0810-08
8,0		10,0	10,0	GSM-0810-10
8,0		10,0	12,0	GSM-0810-12
8,0	+0,025	10,0	13,8	GSM-0810-13
8,0	+0,083	10,0	14,0	GSM-0810-14
8,0		10,0	15,0	GSM-0810-15
8,0		10,0	16,0	GSM-0810-16
8,0		10,0	18,0	GSM-0810-18
8,0		10,0	20,0	GSM-0810-20

Paliers à collerette

Paliers à collerette (forme F)



Cotes [mm]

d1	To- lérance d1 ⁹⁾	d2	d3 d13	b1 h13	b2 -0,14	Référence
3,0		4,5	7,5	2,0	0,5	GFM-0304-02
3,0	+0,014	4,5	7,5	2,7	0,75	GFM-0304-0275
3,0	+0,054	4,5	7,5	3,0	0,75	GFM-0304-03
3,0		4,5	7,5	5,0	0,75	GFM-0304-05
3,0		4,5	7,0	5,0	0,75	GFM-030407-05
4,0	+0,010	5,0	9,5	4,0	0,5	GFM-04050-04
4,0	+0,040	5,0	9,5	6,0	0,5	GFM-04050-06
4,0		5,5	9,5	2,5	0,75	GFM-0405-0255
4,0	+0,020	5,5	9,5	3,0	0,75	GFM-0405-03
4,0	+0,068	5,5	9,5	4,0	0,75	GFM-0405-04
4,0		5,5	9,5	6,0	0,75	GFM-0405-06
4,0		5,5	8,0	10,0	1,0	GFM-040508-10
5,0		6,0	10,0	3,5	0,5	GFM-0506-035
5,0	+0,010	6,0	10,0	4,0	0,5	GFM-0506-04
5,0	+0,040	6,0	10,0	5,0	0,5	GFM-0506-05
5,0		6,0	10,0	6,0	0,5	GFM-0506-06
5,0		6,0	10,0	15,3	0,5	GFM-0506-15
5,0		7,0	11,0	3,5	1,0	GFM-0507-03
5,0		7,0	11,0	4,0	1,0	GFM-0507-04
5,0		7,0	11,0	5,0	1,0	GFM-0507-05
5,0	+0,020	7,0	11,0	7,0	1,0	GFM-0507-07
5,0	+0,068	7,0	11,0	11,0	1,0	GFM-0507-11
5,0		7,0	11,0	14,5	1,0	GFM-0507-145
5,0		7,0	11,0	30,0	1,0	GFM-0507-30
5,0		7,0	9,5	5,0	1,0	GFM-050709-05
5,0		7,0	15,0	4,0	1,0	GFM-050715-04
6,0	+0,010	7,0	11,0	2,4	0,5	GFM-0607-024
6,0	+0,040	7,0	11,0	4,5	0,5	GFM-0607-045

d1	To- lérance d1 ⁹⁾	d2	d3 d13	b1 h13	b2 -0,14	Référence
6,0	+0,010	7,0	11,0	6,0	0,5	GFM-0607-06
6,0	+0,040	7,0	11,0	10,0	0,5	GFM-0607-10
6,0		8,0	12,0	2,5	1,0	GFM-0608-025
6,0		8,0	12,0	4,0	1,0	GFM-0608-04
6,0		8,0	12,0	4,8	1,0	GFM-0608-048
6,0		8,0	12,0	5,0	1,0	GFM-0608-05
6,0		8,0	12,0	6,0	1,0	GFM-0608-06
6,0	+0,020	8,0	12,0	7,0	1,0	GFM-0608-07
6,0	+0,068	8,0	12,0	8,0	1,0	GFM-0608-08
6,0		8,0	12,0	10,0	1,0	GFM-0608-10
6,0		8,0	12,0	25,0	1,0	GFM-0608-25
6,0		8,0	12,0	35,0	1,0	GFM-0608-35
6,0		8,0	14,0	2,8	1,0	GFM-060814-028
6,0		8,0	14,0	12,0	1,0	GFM-060814-12
7,0		8,0	12,0	1,7	0,5	GFM-0708-017
7,0	+0,013	8,0	12,0	3,0	0,5	GFM-0708-03
7,0	+0,049	8,0	12,0	6,0	0,5	GFM-0708-06
7,0		8,0	12,0	8,0	0,5	GFM-0708-08
7,0		9,0	15,0	3,5	1,0	GFM-0709-035
7,0		9,0	15,0	6,0	1,0	GFM-0709-06
7,0	+0,025	9,0	15,0	10,0	1,0	GFM-0709-10
7,0	+0,083	9,0	15,0	12,0	1,0	GFM-0709-12
7,0		9,0	19,0	10,0	1,0	GFM-070919-10
8,0		9,0	15,0	3,0	0,5	GFM-0809-03
8,0		9,0	13,0	3,5	0,5	GFM-0809-035
8,0	+0,013	9,0	13,0	5,5	0,5	GFM-0809-055
8,0	+0,049	9,0	13,0	8,0	0,5	GFM-0809-08
8,0		9,0	13,0	12,0	0,5	GFM-0809-12

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN
MICROTECHNIQUES**

SESSION 2024

**ÉPREUVE E4 :
CONCEPTION PRÉLIMINAIRE
D'UN SYSTÈME MICROTECHNIQUE**

ROBOT NETTOYEUR DE VITRES

DOSSIER TRAVAIL DEMANDÉ

Ce dossier comporte 4 problématiques réparties sur 8 pages repérées TD 1/8 à TD 8/8.

Temps conseillés	
Lecture sujet	20 min
Problématique 1 : Maintenir en contact le robot avec la vitre quelle que soit l'inclinaison de la vitre	60 min
Problématique 2 : Déplacer le robot le long de la vitre en respectant la cadence de nettoyage, quelle que soit l'inclinaison de la vitre	80 min
Problématique 3 : Parcourir l'ensemble de la surface vitrée à nettoyer	60 min
Problématique 4 : Valider l'autonomie du robot en cas de coupure du réseau électrique	20 min

1 Problématique 1 : Maintenir en contact le robot avec la vitre quelle que soit l'inclinaison de la vitre.

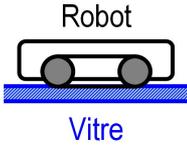
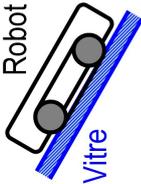
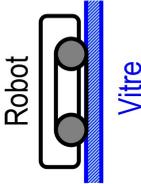
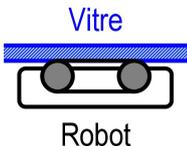
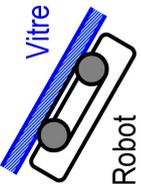
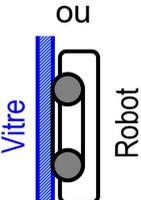
Le robot sera maintenu en contact avec la vitre par dépression. Cette dépression sera créée par une turbine motorisée qui génèrera une force d'aspiration.

Pour garantir le maintien en contact du robot avec la vitre quelle que soit l'inclinaison de la vitre, vous devez :

- déterminer la valeur minimale de la force d'aspiration garantissant le contact du robot avec la vitre quelle que soit l'inclinaison de la vitre (activité 1.1).
- choisir une turbine motorisée permettant de créer une force d'aspiration de valeur supérieure à la valeur minimale retenue (activité 1.2).

1.1 Activité 1.1 : Détermination de la valeur minimale de la force d'aspiration

En fonction de l'inclinaison de la vitre, le robot se trouve dans l'une des situations suivantes.

		Inclinaison de la vitre		
		Horizontale	Inclinée	Verticale
Position du robot	Dessus			
	Dessous			

On donne :

- masse du robot : $m = 2,5 \text{ kg}$ (voir **DT3**)
- accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m/s}^2$
- coefficient de frottement entre la vitre et le robot : $f = 0,7$

Hypothèses :

- on se place à l'équilibre et, en fonction de la situation, à la limite de glissement ou à la limite de contact du robot par rapport à la vitre.

Question 1 Sur le document réponse **DR1**, pour les trois situations indiquées (vitre horizontale ou verticale), **représenter** les forces extérieures appliquées au robot isolé.

Question 2 Sur le document réponse **DR1**, pour les trois situations indiquées (vitre horizontale ou verticale), **déterminer** la valeur minimale de la force d'aspiration garantissant le contact du robot avec la vitre.

Question 3 Sur le document réponse **DR1**, pour les deux situations indiquées (vitre inclinée), **indiquer** la valeur minimale de la force d'aspiration garantissant le contact du robot avec la vitre quelle que soit l'inclinaison de la vitre à partir du document technique **DT5**.

Compte tenu de l'utilisation d'un modèle d'étude simplifié, un coefficient de sécurité est retenu afin de déterminer la valeur minimale retenue de la force d'aspiration garantissant le contact du robot avec la vitre.

On donne :

- coefficient de sécurité : $s = 2$

Question 4 Sur le document réponse **DR1**, en **déduire** la valeur minimale retenue de la force d'aspiration pour l'ensemble des situations (vitre horizontale, verticale ou inclinée).

1.2 Activité 1.2 : Choix d'une turbine motorisée

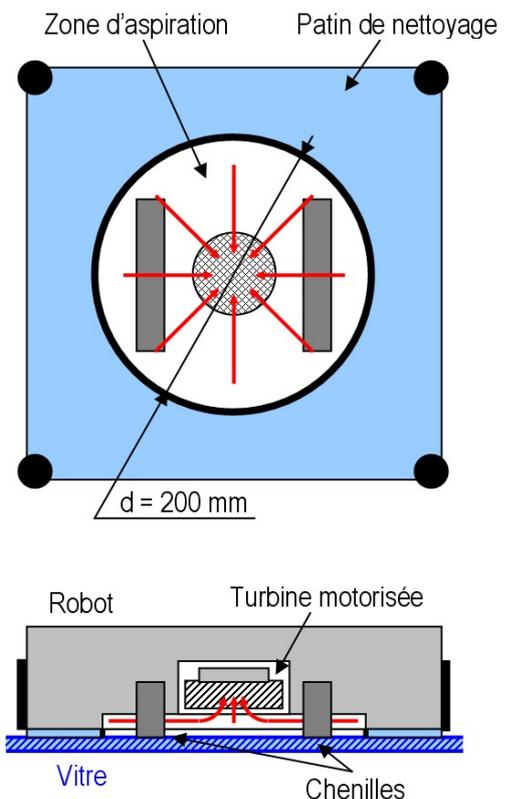
La force d'aspiration est générée par une dépression créée dans la zone d'aspiration par une turbine motorisée.

On donne :

- La valeur minimale retenue de la force d'aspiration : $A_{\min} = 90 \text{ N}$ (quelle que soit la valeur trouvée précédemment),
- Le diamètre de la zone d'aspiration : $d = 200 \text{ mm}$.

Hypothèse :

- la valeur de la dépression dans la zone d'aspiration est estimée égale à 50% de la valeur de la dépression en entrée de la turbine motorisée



Question 5 **Déterminer** la valeur de la dépression dans la zone d'aspiration nécessaire pour générer la valeur minimale retenue de la force d'aspiration.

Question 6 En **déduire** la valeur de la dépression (Vacuum) minimale en entrée de la turbine motorisée.

Question 7 **Choisir**, parmi les cinq turbines motorisées proposées sur le document technique **DT6**, celle garantissant le maintien en contact du robot avec la vitre quelle que soit son inclinaison et minimisant sa consommation électrique.

2 Problématique 2 : Déplacer le robot le long de la vitre en respectant la cadence de nettoyage, quelle que soit l'inclinaison de la vitre.

Le déplacement du robot le long de la vitre est assuré par deux groupes de propulsion à chenilles (voir DT7).

Pour garantir le déplacement du robot par rapport à la vitre quelle que soit l'inclinaison de la vitre, vous devez :

- déterminer les valeurs des grandeurs de déplacement (vitesse et force motrice) du robot par rapport à la vitre quelle que soit l'inclinaison de la vitre (activité 2.1),
- dimensionner les groupes de propulsion à chenilles (activité 2.2),
- représenter des solutions constructives d'un groupe de propulsion (activité 2.3).

2.1 Activité 2.1 : Détermination des valeurs des grandeurs de déplacement du robot par rapport à la vitre

Vitesse de déplacement du robot

Durant le cycle de nettoyage, le robot se décale d'une valeur inférieure à sa largeur avant de partir en sens inverse.

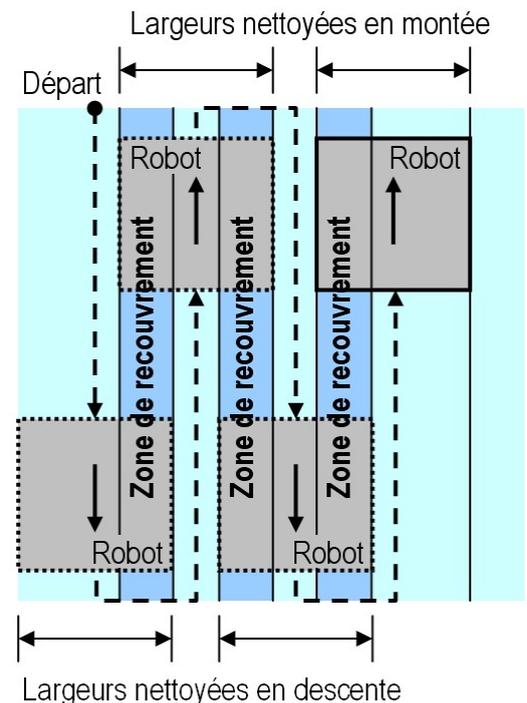
De ce fait, il existe une zone de recouvrement, c'est-à-dire une surface de vitre nettoyée deux fois, une fois en montée et une fois en descente (voir figure ci-contre).

On donne :

- cadence de nettoyage : $1 \text{ m}^2/\text{min}$ (voir DT3)
- cycle de nettoyage (voir DT9)
- largeur du robot : 30 cm (voir DT3)
- valeur du décalage : 18 cm (voir DT9)

Hypothèse :

- on se limite à une phase durant laquelle le robot se déplace à vitesse constante en montée ou en descente.



Question 8 Indiquer la valeur minimale de la largeur de vitre nettoyée une première fois au passage du robot en montée ou en descente.
En **déduire** la valeur minimale de la vitesse de déplacement du robot respectant la cadence de nettoyage spécifiée dans le cahier des charges en tenant compte de la zone de recouvrement.

Force motrice de déplacement du robot

Durant le cycle, le déplacement du robot le long de la vitre est assuré par deux chenilles motorisées, générant les forces motrices nécessaires au déplacement.

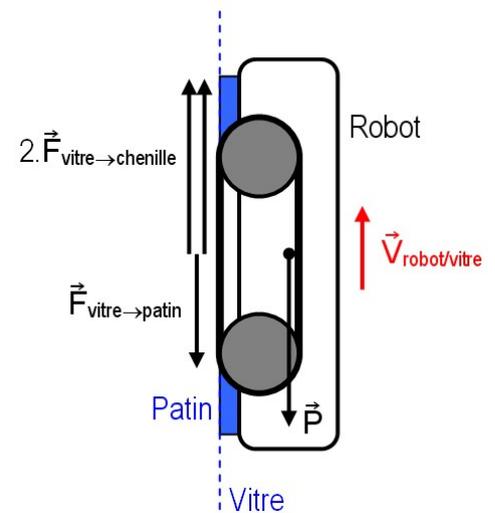
La vitre exerce sur le patin de nettoyage un effort résistant estimé expérimentalement à 5 N (voir figure ci-contre).

On donne :

- masse du robot : $m = 2,5 \text{ kg}$ (voir **DT3**)
- accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m/s}^2$
- effort résistant de nettoyage : $F_{\text{vitre} \rightarrow \text{patin}} = 5 \text{ N}$

Hypothèse :

- on se place en phase de montée verticale du robot à vitesse constante.



Question 9 Déterminer la valeur minimale de la force motrice d'une chenille (force de la vitre sur une chenille) nécessaire au déplacement du robot.

Grandeurs d'entraînement des poulies motrices des chenilles

L'architecture des chaînes d'énergie associées aux deux chenilles ainsi que certaines caractéristiques sont données sur le document technique **DT7**

On donne :

- diamètre extérieur des poulies motrices (courroies incluses) : $D_{\text{poulie}} = 40 \text{ mm}$.

Hypothèse :

- le robot se déplace à vitesse constante en ligne droite sans glissement entre les chenilles et la vitre.

Question 10 Déduire des 2 questions précédentes les valeurs :

- de la vitesse de rotation minimale des poulies motrices des chenilles par rapport au carter respectant la cadence de nettoyage spécifiée dans le cahier des charges,
- du couple à fournir sur les poulies motrices des chenilles.

2.2 Activité 2.2 : Dimensionnement des groupes de propulsion à chenilles

L'architecture des groupes de propulsion ainsi que certaines caractéristiques sont données sur le document technique **DT7**.

La motorisation des chaînes cinématiques associées aux deux chenilles est assurée pour chaque chaîne cinématique par un moteur de marque Igarashi et de référence NN2953-460-GF-3 (voir **DT8**).

On donne :

- La fréquence de rotation minimale de la poulie motrice garantissant la cadence de nettoyage spécifiée dans le cahier des charges : $N_{\text{poulie/carter}} = 44,4 \text{ tr/min}$ (quelle que soit la valeur trouvée précédemment)
- Le couple à fournir sur la poulie motrice : $C_{\text{poulie}} = 300 \text{ mN.m}$ (quelle que soit la valeur trouvée précédemment)

Question 11 Déterminer la valeur du couple fourni par le moteur.

Question 12 Sur le document réponse **DR2**, à partir des courbes de performances du moteur (Performance Chart du DT8), en **déduire** la valeur de la fréquence de rotation du moteur.

Question 13 En **déduire** la valeur de la fréquence de rotation de la poulie motrice.

Question 14 Valider le critère de cadence de nettoyage.

2.3 Activité 2.3 : Représentation de solutions constructives d'un groupe de propulsion

On souhaite prévoir la conception d'une partie du groupe de propulsion en proposant, à main levée en perspective ou en vue et coupe, des solutions constructives en faisant apparaître la mise en position (MIP), le maintien en position (MAP) ainsi que les jeux et ajustements nécessaires.

On donne :

- La référence des poulies des groupes de propulsion : poulies 24T5-11 (voir **DT14**)
- Les paliers lisses et paliers à collerette (voir **DT14** et **DT15**)

Question 15 Sur le document réponse **DR3**, **représenter** une solution d'assemblage par encastrement démontable entre la poulie motrice et l'arbre de sortie du réducteur épicycloïdal.

Question 16 Sur le document réponse **DR3**, **représenter** une solution de guidage en rotation entre la poulie non motrice et les deux boîtiers avec des paliers.

Question 17 Sur le document réponse **DR3**, **représenter** une solution d'assemblage par encastrement démontable entre les deux boîtiers.

BTS CIM - Épreuve E4 - Conception préliminaire d'un système microtechnique			Session 2024
Code de l'épreuve : 24CDE4CP	Durée : 4 heures	Coefficient : 2	TD5 / 8

3 Problématique 3 : Parcourir l'ensemble de la surface vitrée à nettoyer.

3.1 Activité 3.1 : Cycle de nettoyage de la paroi vitrée.

Le produit étant en contact sur la paroi, il va devoir se déplacer sur celle-ci pour effectuer son cycle de nettoyage. Le nettoyage est réalisé directement par frottement d'un tissu microfibre sur la vitre lors du déplacement en translation du robot. Nous allons donc chercher à estimer les performances de cette solution en phase de conception préliminaire.

Deux groupes de propulsion avec codeurs permettent d'entraîner le robot par adhérence avec les vitres.

Nous choisissons le moteur CC "IGARASHI" **NN2953-460-GF-3** ayant à son rendement maximum (Max Efficiency), une puissance de 3,24 W et une fréquence de rotation $N_{mot} = 2800$ tr/min. (Voir **DT8**)

On donne : - Les caractéristiques d'un groupe de propulsion, du codeur et de la roue (voir **DT7**).
- Le parcours du robot (voir **DT9**).

Question 18 Calculer le nombre d'impulsions reçues par la carte électronique du robot pour un tour de roue.

Question 19 En déduire le nombre d'impulsions (N) permettant un déplacement horizontal de 18 cm.

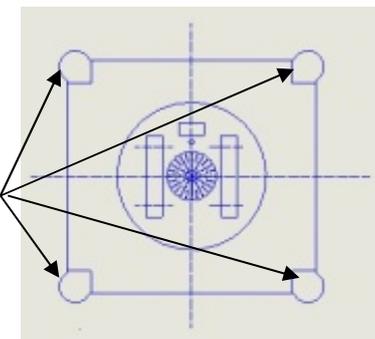
Question 20 Sur le document réponse **DR4**, compléter l'algorithme qui décrit le principe de contrôle de la trajectoire rectiligne du robot.

3.2 Activité 3.2 : Détecter les bords de la paroi avec ou sans cadre.

Lors de la mise en fonctionnement, la première tâche réalisée par le robot consiste à rechercher et mémoriser la position des bords de la paroi.

Remarque : La détection des obstacles physiques (encadrements de portes, de fenêtres ou de baies vitrées) n'est pas l'objet de l'étude.

Pour détecter les limites des parois sans encadrement (paroi de douche par exemple), une solution consiste à positionner dans chacun des coins du robot des "capteurs de vide".



Une première solution a consisté à intégrer un capteur photoélectrique à fourche lié à un palpeur en contact avec la paroi.

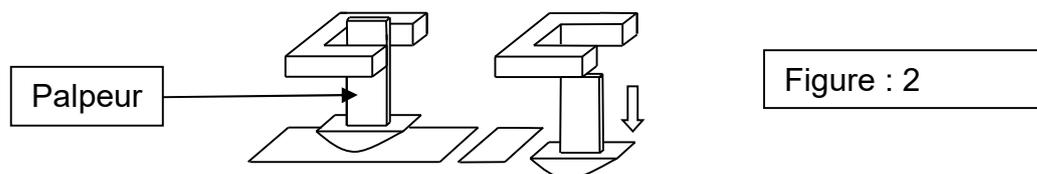


Figure : 2

On donne : - Les caractéristiques d'un capteur photo-électrique à fourche (voir **DT12**).
- La documentation technique des résistances normalisées (voir **DT9**).

Question 21 Sur le document réponse **DR5**, **compléter** le tableau en vous aidant du schéma ci-dessus (figure 2) et de la figure 3 de **DT12**.

Question 22 **Calculer** puis **choisir** la valeur normalisée de la résistance R1 dans la série E12 et sa puissance (voir figure 3 de **DT12**).

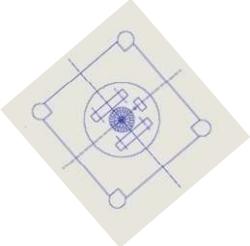
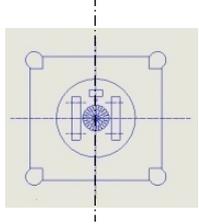
Une autre solution consisterait à associer au palpeur un capteur magnétique de type "Effet Hall", celui-ci changeant d'état en présence d'un champ magnétique (aimant).

On donne : - La documentation technique des capteurs à effet Hall (voir **DT13**).
- Les caractéristiques d'un aimant (voir **DT13**).
- La tension d'alimentation (Voltage Supply) de la carte électronique : 5 V DC.

Question 23 A partir des contraintes technico-économiques, on vous demande de **choisir** le capteur à effet Hall de type CMS qui permet de répondre à cette autre solution.

Question 24 Sur le document DR5, **proposer** à main levée un schéma de principe (ou un schéma cinématique) permettant de réaliser le "capteur de vide" avec un capteur à effet Hall et un aimant.

Vous veillerez à compléter les schémas dans les deux situations (embase sphérique du palpeur en contact avec la paroi et en dehors de celle-ci) en précisant correctement la position de l'aimant ainsi que les liaisons mécaniques nécessaires. Prévoir une solution pour assurer un contact permanent du palpeur lorsque celui-ci est en appui avec la paroi vitrée.

Mise en place du robot sur la paroi par l'utilisateur	Mise en position « travail » automatique
	

Un accéléromètre est pressenti pour servir de capteur de position du robot. Nous allons donc faire une étude du positionnement à l'aide des informations fournies par l'accéléromètre.

On donne : - Les caractéristiques électriques et de mise en œuvre de l'accéléromètre "ADXL 335" (voir **DT10**).
- Le positionnement de l'accéléromètre dans le robot (voir **DT11**).

Question 25 Le microcontrôleur reçoit trois informations "image" (V_x , V_y , V_z) de la position du robot sur la vitre. Pour les deux positions données figure 1 sur le document technique DT11, **calculer** les valeurs des tensions délivrées par l'accéléromètre puis **compléter** le tableau du document réponse **DR2**.

4 Problématique 4 : Valider l'autonomie du robot en cas de coupure du réseau électrique.

En cas de coupure du réseau électrique, le robot n'est plus alimenté via le réseau électrique. La batterie de secours prend alors le relais et garantit que le robot reste en contact immobile une certaine durée.

On donne :

- l'autonomie en cas de coupure (voir **DT3**).
- La consommation de l'électronique embarquée est en permanence de 30 mA.
- La consommation du moteur de la turbine est de 4 A.
- Capacité de la batterie : 1200 mA.h

Question 26 Indiquer par le calcul, le temps de maintien du robot sur la vitre.

Question 27 Conclure sur le respect du critère d'autonomie. Justifier votre réponse.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN
MICROTECHNIQUES**

SESSION 2024

**ÉPREUVE E4 :
CONCEPTION PRÉLIMINAIRE
D'UN SYSTÈME MICROTECHNIQUE**

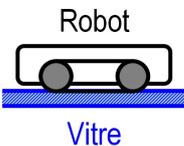
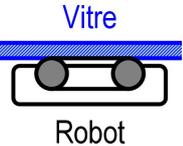
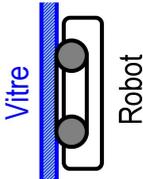
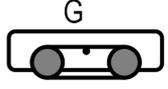
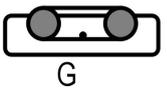
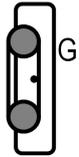
ROBOT NETTOYEUR DE VITRES

DOSSIER DOCUMENTS RÉPONSES

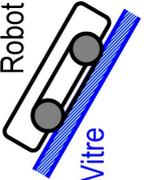
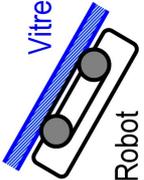
Ce dossier comporte 5 pages repérées DR1/5 à DR 5/5.

Document réponse DR1

Questions 1 et 2

Situations			
Bilan des forces extérieures appliquées au robot isolé			
Equations			
Valeur minimale de la force d'aspiration			

Question 3

Situations		
Valeur de la force d'aspiration minimale		

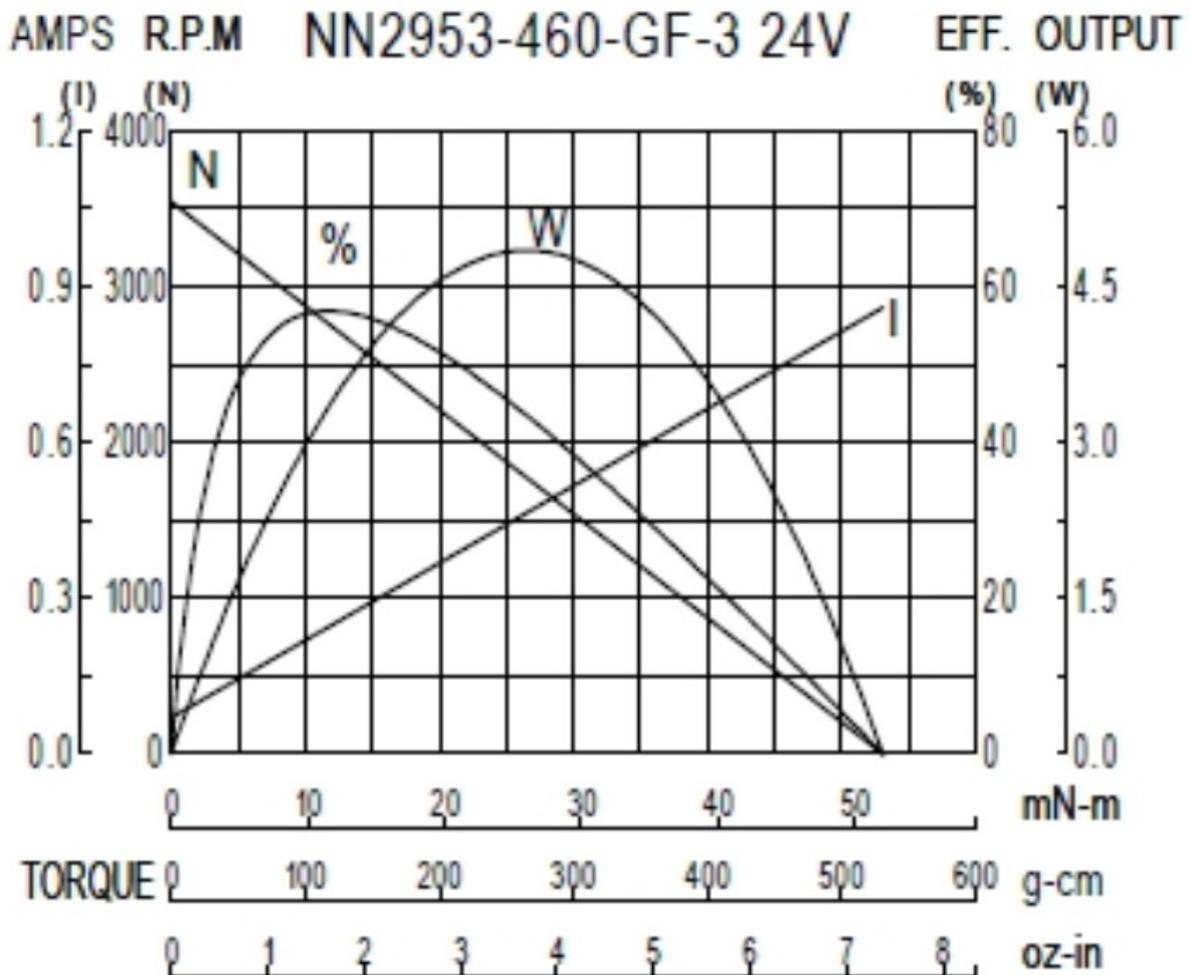
Question 4

.....

.....

Document réponse DR2

Questions 12



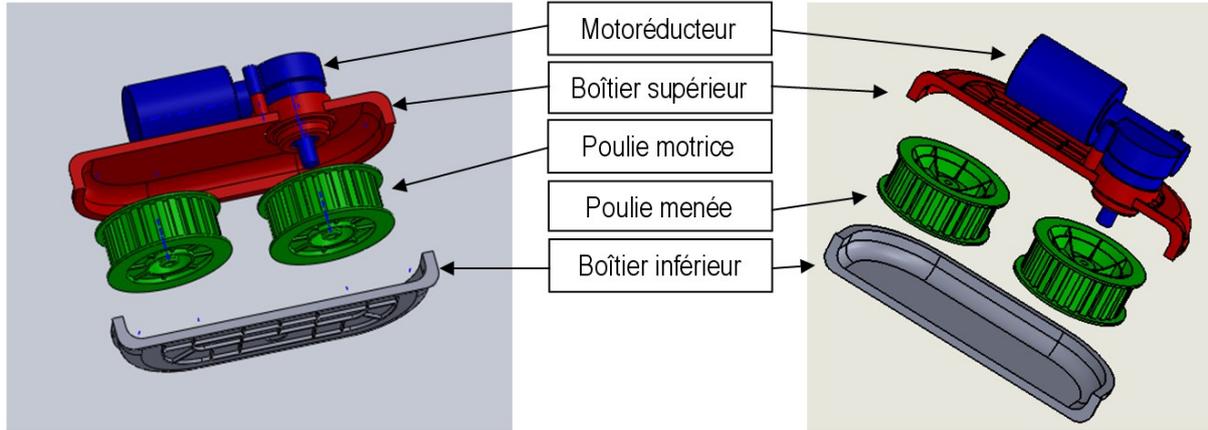
N _{moteur} =

Question 25 :

	Préciser la nature de ces informations (encadrer la bonne solution)	Position 1	Position 2
Vx (V)	Analogique		
Vy (V)	Tout Ou Rien		
Vz (V)	Numérique		

Document réponse DR3

Représentation d'un groupe de propulsion en éclaté partiel



Questions 15

--	--

Questions 16

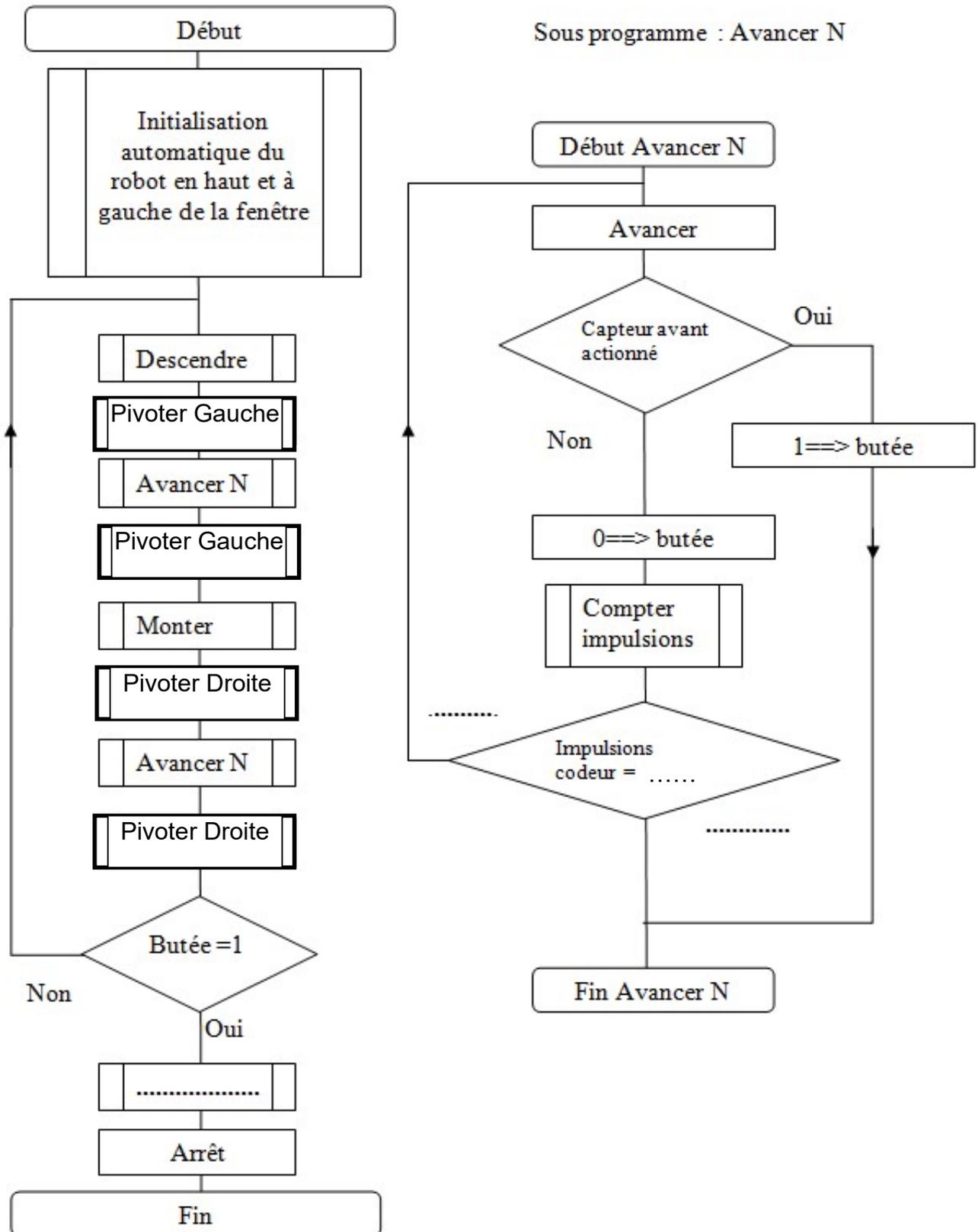
--	--

Questions 17

--	--

Document réponse DR4

Question 20



Document réponse DR5

Question 21 :

	Etat phototransistor (saturé ou bloqué)	Valeur de la tension Vs (0 ou 5V)	Etat logique de l'entrée I/o 10 (0 ou 1)
Présence vitre (photo transistor non-éclairé)			
Absence vitre (photo transistor éclairé)			

Question 24

