

SESSION 2020

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

**Sciences et Technologies de l'Industrie et du
Développement Durable**

ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé.

« L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.»

SESSION 2020

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé

« L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé. »

Constitution du sujet :

- **Dossier sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **PARTIE 1 (3 heures)** pages 2 à 9
 - **PARTIE 2 (1 heure)** pages 10 à 11
- **Documents techniques** pages 12 à 23
- **Documents réponses** pages 24 à 29

Le dossier sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les documents réponses DR1 à DR6 (pages 24 à 29) seront à rendre agrafés avec vos copies.

Maintien à domicile des personnes dépendantes

Mise en situation

Selon la Cour des comptes* le vieillissement de la population française devrait s'accompagner du doublement du nombre des personnes âgées dépendantes, c'est-à-dire en perte d'autonomie, entre 2010 et 2060 pour atteindre 2,3 millions d'individus à la fin de cette période.

Dans ce contexte, la recherche de solutions pérennes pour permettre le maintien à domicile des personnes âgées et plus largement de toute personne dépendante (handicap) semble incontournable. Ce mode d'accompagnement est en effet privilégié par 90 % de la population.

Le rôle essentiel des aidants

Par « aidant », on désigne tout intervenant, professionnel ou non, qui assiste une personne dépendante. Celui-ci dispense des soins, apporte de l'aide dans la réalisation de tâches du quotidien, rompt la solitude, rassure... On dénombre actuellement 8,3 millions d'aidants informels (membre de la famille, ami...).

Une adaptation du logement généralement nécessaire

L'objectif est d'assurer la sécurité de la personne dépendante en prenant en compte ses difficultés. Des aménagements simples peuvent suffire, comme l'installation d'une veilleuse ou la suppression d'un tapis dans un lieu de passage par exemple. Mais des travaux sont généralement nécessaires : pose de barre d'appui, remplacement d'une baignoire par une douche, élargissement des portes pour laisser passer un fauteuil roulant.

Le robot Romeo

La technologie est de plus en plus présente pour faciliter le maintien à domicile : système de détection de chute, pilulier électronique, service de télémedecine... Aujourd'hui, il est même envisagé d'avoir recours à des robots d'assistance à la personne.



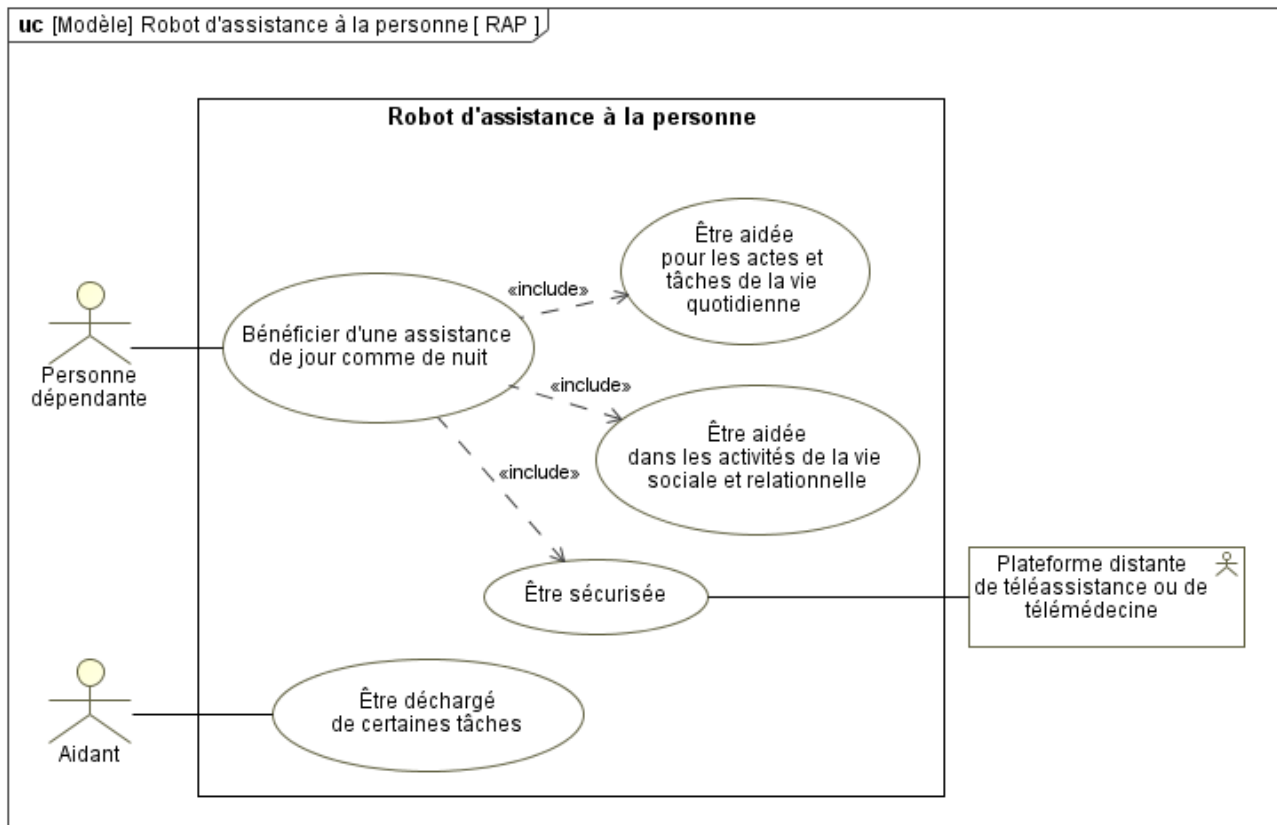
Le robot humanoïde Romeo** de la société *Softbank Robotics* est actuellement développé dans cette optique. Il est destiné à explorer et approfondir les recherches sur l'assistance aux personnes âgées ou en perte d'autonomie et a vocation à devenir un véritable assistant et compagnon personnel.

* Rapport « *Le maintien à domicile des personnes âgées en perte d'autonomie* » de juillet 2016.

** Romeo est issu de la collaboration de laboratoires et institutions en France et en Europe.

À terme, Romeo sera capable de se déplacer dans un local, d'interagir avec son environnement et de communiquer avec des humains. Par exemple, sa taille de 1,40 m a été pensée pour qu'il puisse ouvrir une porte, monter un escalier ou encore prendre des objets sur une table.

Diagramme des cas d'utilisation d'un robot d'assistance à la personne



L'étude proposée comporte deux parties :

- **partie 1** : étude du robot Romeo ;
- **partie 2** : étude de l'adaptation d'un logement.

Travail demandé

PARTIE 1 : le robot d'assistance à la personne Romeo

Problématique

L'objectif de cette partie est d'évaluer la pertinence, en termes de compétitivité et de durabilité, d'utiliser un robot humanoïde tel que Romeo pour faciliter le maintien à domicile d'une personne dépendante.

Étude 1 : quels sont les atouts de la robotique et les défis qu'elle devra relever ?

Question 1.1

DT1

Recenser dans le DT1 les principaux arguments en faveur de l'utilisation d'une assistance robotisée. **Préciser** pour chacun de ces arguments s'il est d'ordre social, économique ou environnemental.

Le diagramme des cas d'utilisation de la page 3 présente les services attendus d'un robot d'assistance à la personne. Le scénario d'exemple donné dans le DR1 illustre la façon dont Romeo pourrait concrètement aider son utilisateur.

Question 1.2

DR1

Identifier les services rendus par Romeo lors de chaque phase du scénario du DR1 en renseignant le tableau du DR1 avec vos réponses.

Question 1.3

DT1

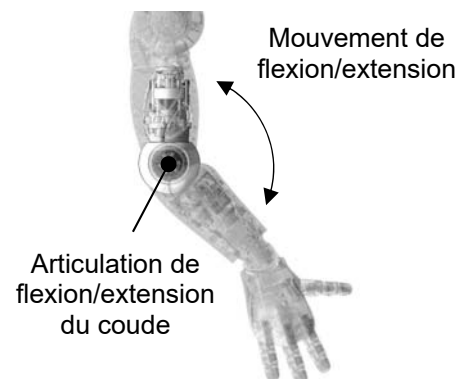
Citer, en vous appuyant sur le DT1, trois des principaux défis, autres que techniques, qu'il reste à relever pour qu'un robot tel que Romeo apporte une réponse compétitive à la problématique du maintien à domicile.

Étude 2 : Romeo est-il apte à saisir et porter un objet du quotidien ?

On cherche à déterminer dans quelle mesure Romeo est capable de saisir et porter un objet du quotidien (masse maximale de 2 kg) pour le remettre à quelqu'un, le ranger, l'utiliser, etc. La majorité des personnes dépendantes estime en effet que cette fonctionnalité améliorerait significativement son degré d'autonomie.



Objet et main vus
simultanément par Romeo



Expérience de saisie d'une canette

(Groupe Lagadic – INRIA Rennes-Bretagne Atlantique & Irisa)

Le questionnement qui suit porte principalement sur le système de vision de Romeo et sur l'articulation de flexion/extension du coude.

Le mode QVGA permet-il d'amener la main en position de saisie ?

Romeo a deux caméras mobiles logées dans ses yeux (voir DT2). Les images qu'elles délivrent lui permettent de guider précisément sa main lorsqu'elle se trouve à proximité immédiate de l'objet à saisir.

Question 1.4 | **Relever** dans le DT3 la valeur $D_{\max}$ de la distance d'approche à respecter pour que la main puisse saisir l'objet.

DT3

Les caméras sont utilisées en mode QVGA. Compte tenu des dimensions du robot, on considère que le centre de la zone de saisie se trouve à $L = 0,5$ m de leurs centres optiques.

Question 1.5 | **Calculer** les dimensions H et V du plan image à partir des indications du DT4 dans les conditions décrites ci-dessus.

DT4

Calculer les valeurs D_x et D_y des plus petites distances horizontale et verticale discernables par une caméra en prenant en compte la résolution du mode QVGA.

Question 1.6 | **Justifier** que le mode QVGA convient pour amener la main à la saisie.

Comment contrôler le mouvement de l'articulation de flexion/extension du coude ?

L'articulation de flexion/extension fait partie des articulations sollicitées lors du mouvement d'approche de la main. Elle est présentée dans le DT5.

Question 1.7 | **Identifier** les fonctions de la chaîne d'énergie de l'articulation dans le schéma de définition de bloc interne du DR2 en complétant les encadrés « FONCTION » avec les items suivants : *distribuer, convertir, transmettre/adapter*.

DT5

DR2

Préciser la nature des flux d'énergie sur le DR2.

L'électronique de contrôle de l'articulation (voir DT2, carte contrôleur moteur) reçoit périodiquement les consignes de la carte ATOM MOTION et les informations issues des capteurs. Ces consignes, transmises par liaison série RS485, donnent la position articulaire, la vitesse de rotation de l'arbre du moteur et le couple moteur à respecter pour suivre la trajectoire qui mène à l'objet.

Question 1.8 | **Entourer** le nom de chacun des constituants de la chaîne d'information de l'articulation et **surligner** le trajet emprunté par chaque flot d'information sur le DR2.

DT2, DT5

DR2

Le guidage visuel par caméras est-il indispensable ?

La précision des informations délivrées par les capteurs de l'articulation (voir DT5) détermine la précision du suivi de la trajectoire de consigne lorsque la main du robot est hors du champ de vision des caméras. On s'intéresse au capteur de position CAP1 et à la trajectoire décrite dans le DR3.

Question 1.9 | **Compléter** dans le DR3 la trame émise par le capteur à l'instant t_2 en renseignant son champ de données et son champ « bit de parité » (voir la documentation du capteur dans le DT6).

DT6

DR3

Expliquer l'utilité de ce bit en quatre lignes au maximum.

Question 1.10 | **Calculer** puis porter dans le DR3 les valeurs, en degré, des positions angulaires q mesurées par le capteur aux instants t_1 et t_2 .

DT5, DT6

DR3

Justifier que ces positions peuvent effectivement être atteintes en vous appuyant sur les caractéristiques de l'articulation spécifiées dans le DT5.

Le capteur CAP1 est interrogé périodiquement par le contrôleur du moteur pour assurer un suivi de trajectoire correct. La fréquence de prélèvement des échantillons de mesure vaut $F_{\text{éch}} = 2 \text{ kHz}$.

Question 1.11 | **Calculer** puis porter dans le DR3 la durée T_{trame} de la trame de lecture du capteur à partir des indications du DR3 et du DT6.

DT6

DR3

Montrer que T_{trame} est compatible avec la fréquence d'échantillonnage $F_{\text{éch}}$.

En pratique, compte tenu des caractéristiques du capteur, l'angle réellement atteint par l'articulation peut différer de $\Delta q = 1,4^\circ$ par rapport à sa valeur mesurée. Cet écart angulaire se traduit par une erreur de positionnement de la main du robot.

Question 1.12 | **Déterminer** graphiquement l'erreur de positionnement Δ_{pos} de la paume du robot à partir du DT5.

DT5

Les autres articulations du robot (épaule, poignet, etc.) introduisent également des erreurs angulaires. Des jeux mécaniques existent et la structure de Romeo possède une certaine flexibilité.

Question 1.13 | **Justifier** qu'il est indispensable de passer à un guidage visuel par caméras à la fin du mouvement d'approche de l'objet pour respecter la distance D_{max} trouvée question 1.4.

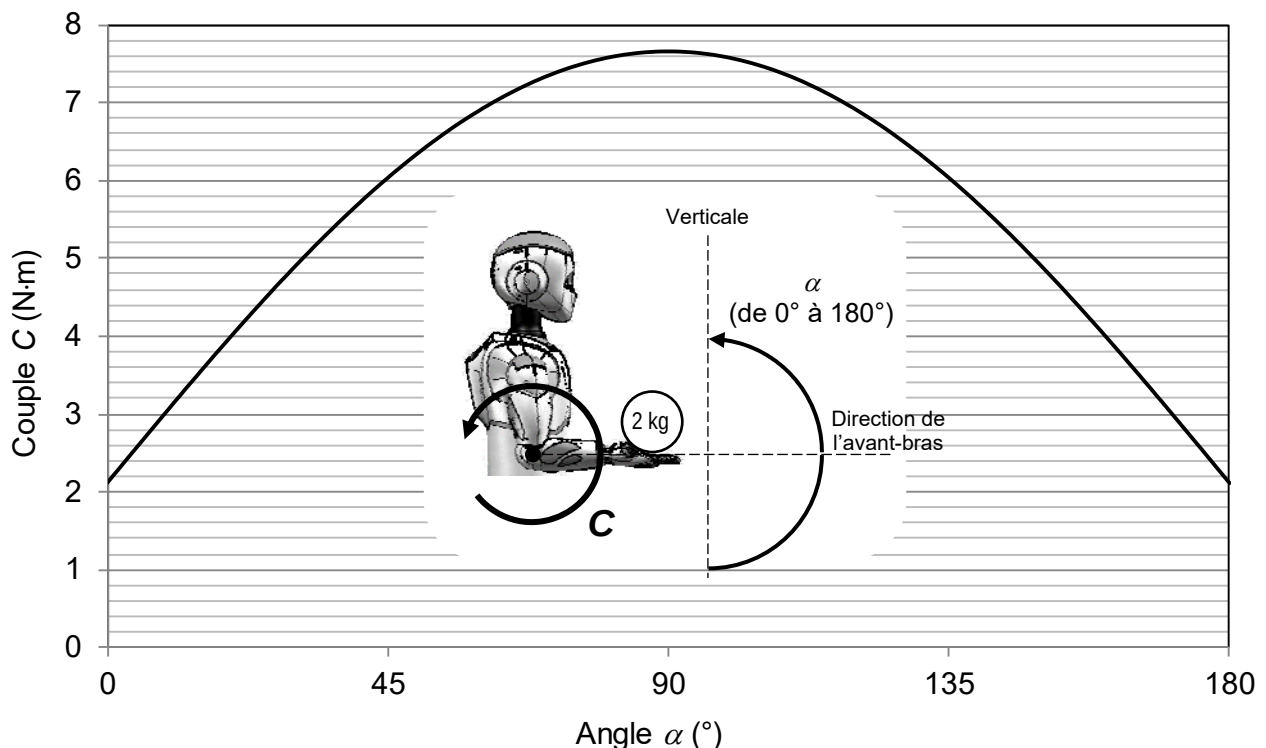
Le couple du moteur est-il suffisant pour soutenir 2 kg ?

Romeo doit pouvoir porter des objets du quotidien, comme une télécommande, un verre, voire un plateau repas. Dans ce qui suit, on cherche à vérifier que l'exigence de 2 kg applicable au centre de la main (voir DT3) peut être respectée.

Question 1.14 | **Placer** le centre de gravité G_a de l'avant-bras de Romeo sur le DR4 compte tenu des indications du DT7.
 DT7
 DR4
Calculer le poids P_a de l'avant-bras puis **représenter** le vecteur poids correspondant sur le DR4.

Question 1.15 | **Calculer** la position du centre de gravité G de l'ensemble formé par les quatre éléments : avant-bras, poignet, main et charge de 2 kg (appliquée au centre de gravité de la main).
 DT7
 DR4
Représenter la résultante $\vec{P}$ des poids de ces quatre éléments sur le DR4.
 En **déduire** le couple résultant nécessaire pour soulever la charge.

Le résultat de simulation comportementale ci-dessous représente le couple C que la motorisation doit développer au niveau de l'articulation de flexion/extension du coude pour maintenir une charge de 2 kg. Ce couple dépend de la valeur de l'angle alpha.



Question 1.16 | **Relever** sur le graphe ci-dessus la valeur maximale $C_{\max}$ du couple à développer au niveau de l'articulation et le **comparer** au résultat de la question précédente.

Le moteur choisi pour réaliser la flexion/extension de l'avant-bras est le modèle MAXON RE25 339154 présenté dans le DT8.

Question 1.17 | **Relever** dans le DT8, le couple nominal (*nominal torque*) et le couple maximum à rotor bloqué (*stall torque*) du moteur.

DT5, DT8

Justifier la présence d'un réducteur entre l'arbre du moteur et l'arbre de sortie de l'articulation (voir le DT5) en vous appuyant sur le résultat de la question 1.16.

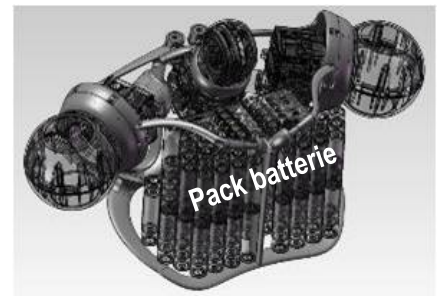
Le rendement du réducteur employé vaut $\eta = 65 \%$ et son rapport de transmission vaut $R = 1/118,1$.

Question 1.18 | **Calculer** le couple maximum disponible sur l'arbre de sortie du réducteur lorsqu'il est entraîné par le moteur.

Question 1.19 | **Conclure** sur la capacité de Romeo à supporter une charge de 2 kg en comparant le couple nécessaire $C_{\max}$ avec le couple maximum disponible.

Étude 3 : Romeo peut-il assurer un service permanent ?

L'énergie utilisée par Romeo est stockée à l'emplacement du cœur et des poumons d'un humain. Elle provient d'un assemblage de cellules élémentaires (accumulateurs) connectées en série et dérivation. Cet assemblage sera désigné sous le nom de « pack batterie ».



Le pack batterie doit avoir une tension nominale de 48 V et une capacité nominale de 3300 mA·h. Les accumulateurs BM18650ETC1 qui le composent sont décrits dans le DT9.

Question 1.20 | **Calculer** le nombre de branches à connecter en dérivation et le nombre d'accumulateurs à connecter en série dans chaque branche pour obtenir les caractéristiques imposées ci-dessus.

DT9

DR5

Tracer le schéma de câblage correspondant sur le document réponses DR5.

Dans la suite de l'étude, on admet que le pack batterie est constitué de 45 accumulateurs BM18650ETC1 au Lithium Fer Phosphate (LiFePO_4).

Question 1.21 | **Calculer** la masse du pack batterie à partir des indications du DT9 et **reporter** votre résultat dans le tableau du DR5 (cellule entourée d'un trait épais).

DT9

DR5

Montrer que l'énergie délivrable par le pack batterie vaut environ 160 W·h en vous appuyant sur le comparatif du DT9.

Question 1.22 | **Compléter** le DR5 avec les masses et durées de vie manquantes pour les différentes technologies proposées.

DT9

DR5

Justifier le choix de la technologie LiFePO_4 pour assurer l'autonomie énergétique de Romeo.

Le pack batterie alimente tous les éléments du robot. On rappelle que sa capacité nominale est de 3300 mA·h. La valeur moyenne du courant qu'il débite est estimée à 2,8 A (scénario type d'utilisation du robot).

Question 1.23 | **Déterminer** l'autonomie de fonctionnement de Romeo en minutes.

Justifier qu'il doit fréquemment retourner à sa base de charge.

Synthèse de la partie 1

Question 1.24 | **Rédiger** une conclusion de quelques lignes sur la pertinence d'utiliser un robot comme Romeo pour faciliter le maintien à domicile d'une personne dépendante.

Argumenter votre propos à partir des principaux résultats des études qui ont précédé.

PARTIE 2 : adaptation d'un logement

Problématique

L'objectif de cette partie est de déterminer comment adapter le logement d'une personne en fauteuil roulant pour faciliter son maintien à domicile. Cette adaptation pourrait également faciliter la circulation d'un robot humanoïde d'aide à la personne comme Romeo.

Étude 1 : quels sont les éléments à adapter dans le logement ?

Le logement étudié est l'appartement présenté dans le DR6. Cet appartement n'est pas conforme à la réglementation relative à l'accessibilité des personnes handicapées applicable aux établissements recevant du public.

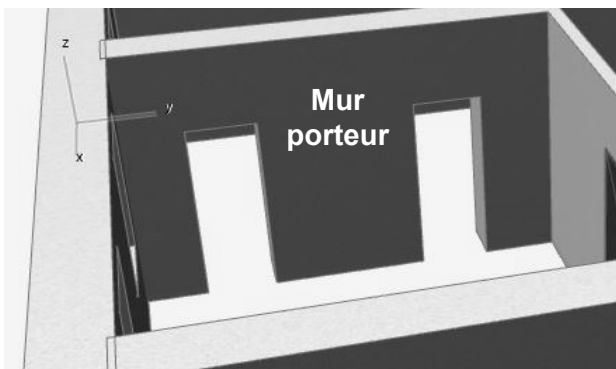
Question 2.1 | **Entourer** les zones de l'appartement à adapter sur le plan du DR6 en vous appuyant sur l'extrait de la norme du DT10.

DT10

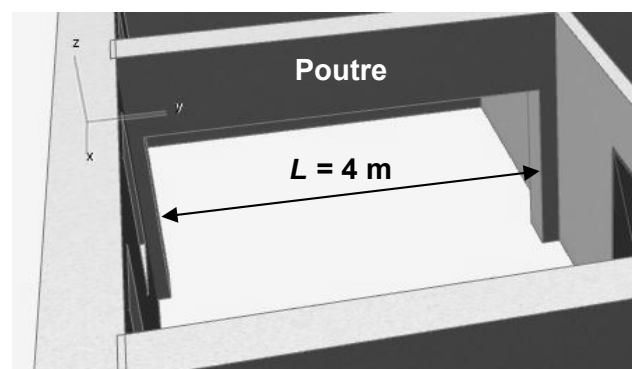
DR6

Étude 2 : comment créer une ouverture entre salon et salle à manger ?

Afin d'améliorer l'accessibilité, on envisage de créer une ouverture dans le mur porteur qui sépare le salon de la salle à manger.



Avant ouverture

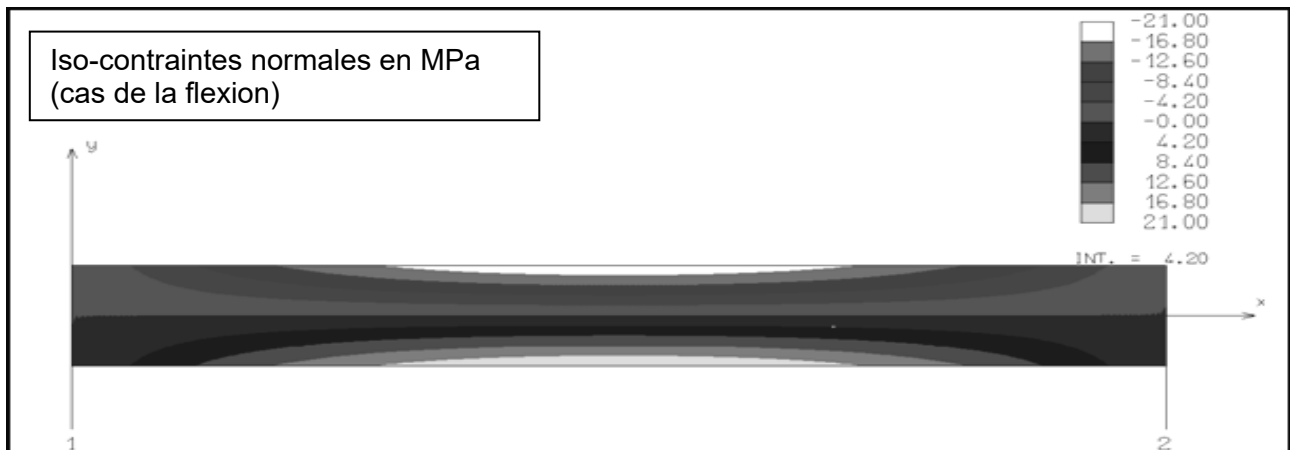
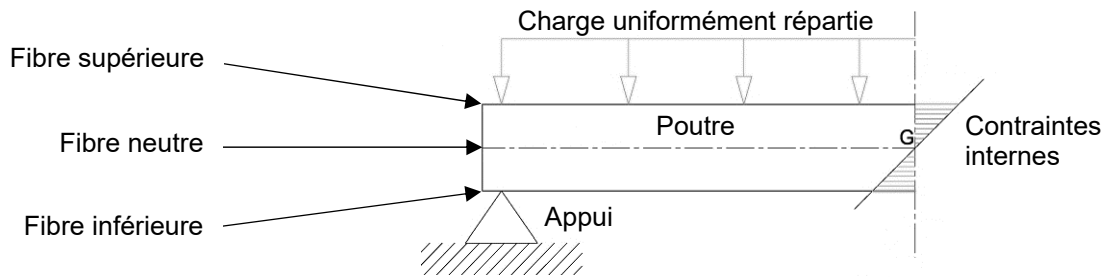


Après ouverture

Une poutre de soutien du plancher est nécessaire. Les normes de construction spécifient pour cette poutre une limite de flèche verticale égale à $W_{\max} = L / 200$, L étant la distance entre les axes des appuis de la poutre (pour simplifier la distance L sera prise égale à la largeur de l'ouverture).

Question 2.2 | **Calculer** la flèche limite $W_{\max}$ pour une ouverture de largeur $L = 4$ m.

Le résultat de simulation présenté ci-dessous donne les valeurs des contraintes dans la poutre dans l'hypothèse d'une réalisation en béton non armé.



La compression admissible par le béton employé (classe 32,5) vaut 32,5 MPa. La traction admissible vaut 2,5 MPa.

Question 2.3 | **Préciser** quelle fibre est tendue et quelle fibre est comprimée.
Déterminer si le béton non armé convient pour réaliser la poutre en comparant le résultat de simulation avec les caractéristiques du béton.

On envisage d'autres matériaux pour réaliser la poutre : du bois, du béton armé ou de l'acier.

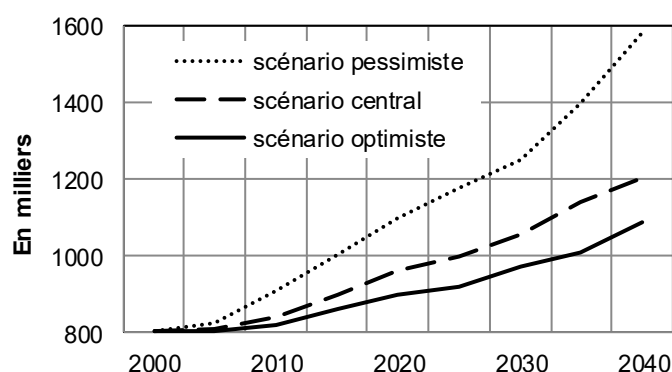
Question 2.4 | **Relever** sur les résultats de simulations du DT11 les trois valeurs de flèches obtenues.
 DT11 | **Déterminer**, compte tenu de la flèche limite $W_{\max}$, si certaines des poutres proposées conviennent pour créer l'ouverture (dans ce cas, préciser laquelle ou lesquelles).

Synthèse de la partie 2

Question 2.5 | **Conclure** sur la faisabilité de l'ouverture entre le salon et la salle à manger et **proposer** des solutions pour adapter chacune des autres zones identifiées dans la question 2.1.

DT1 : maintien à domicile et robotique d'assistance

Évolution du nombre
de personnes âgées dépendantes



Nombre moyen d'aidants potentiels

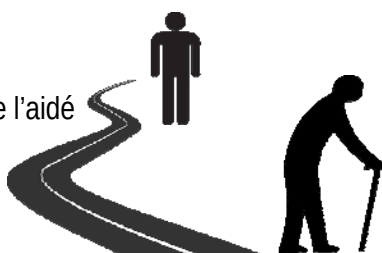
Année	Pour un homme (de 60 ans et plus)	Pour une femme (de 60 ans et plus)
2000	2,8	2,2
2020	2,6	2,2
2040	2,3	2,0

Sources : Insee, Destinie et enquêtes HID 1998-2001.

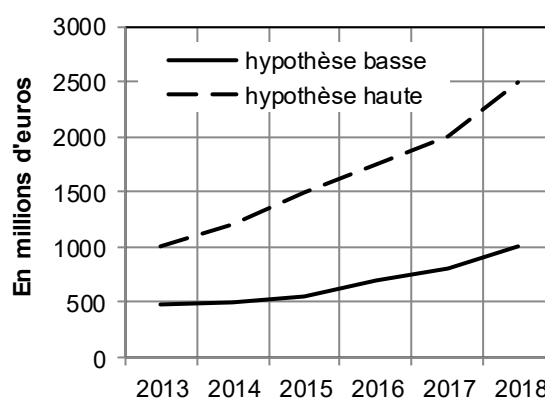
226 km

de distance moyenne entre l'aidé
et son plus proche aidant.

Source : Compagnie Française
des Aidants.



Évaluation du marché des robots
d'assistance aux personnes en perte
d'autonomie (hors rééducation)



Source : Erdyn.

Nombre d'intervenants différents par mois

32 %		4 intervenants ou plus
27 %		2 intervenants
25 %		1 intervenant
16 %		3 intervenants

La santé des aidants informels

Ce qu'ils ressentent : maladie chronique **48 %** ;
problèmes de dos **29 %** ; anxiété, stress,
surmenage **29 %** ; de la fatigue physique 27 % ,
morale 25 % ; de la solitude 24 %...

Source : DREES ; Études et Résultats, n° 799, 02/2012.

« L'introduction des robots dans la vie quotidienne des personnes âgées ne manque pas de soulever des questions [...] Qui est responsable si un robot provoque un accident ou même ne protège pas convenablement la personne sur laquelle il devait veiller ?

Comment une personne dont la veille a été confiée à une machine peut-elle conserver sa dignité ? [...] »

Source : Softbank Robotics. *Projet Romeo* [en ligne]. Disponible sur <https://projetromeo.com>.

« La fabrication des robots et le développement des fonctions qui leur permettent de répondre aux attentes des personnes âgées et de leur entourage ne sont que deux aspects de tout le système qu'implique la mise en œuvre des robots. Qui payera le robot ? [...] Qui en assurera la distribution, la configuration chez la personne et la maintenance ? Il faudra aussi des personnes dédiées à la formation de l'utilisation de ces nouvelles machines ? [...] Tout un écosystème doit se mettre en place autour du robot pour qu'il soit utilisé au mieux et puisse devenir une activité économiquement viable pour tous les acteurs concernés. »

Source : Softbank Robotics. *Projet Romeo* [en ligne]. Disponible sur <https://projetromeo.com>.

DT2 : le robot humanoïde Romeo

Masse : 36,7 kg

Hauteur : 1,47 m

Structure : titane, matériaux composites (fibre de carbone), caoutchouc...

Actionneurs

37 moteurs DC pour les articulations des membres, 4 pour les yeux

2 haut-parleurs + LED (bouche, calotte)

Ex. coude
1 moteur articulation flexion/extension
1 moteur articulation pronation/supination

4 cartes mères (3 dans la tête, 1 dans le tronc)

ATOM (Intel) 1,6 GHz

Gigabit Ethernet

Alimentation

Pack batterie 48 V DC / 3300 mA-h

Capteurs

3 capteurs tactiles

2 caméras fixes

1 caméra mobile par œil

4 microphones

3 centrales inertielles
(2 dans la tête, 1 dans le tronc)

Pour chaque moteur

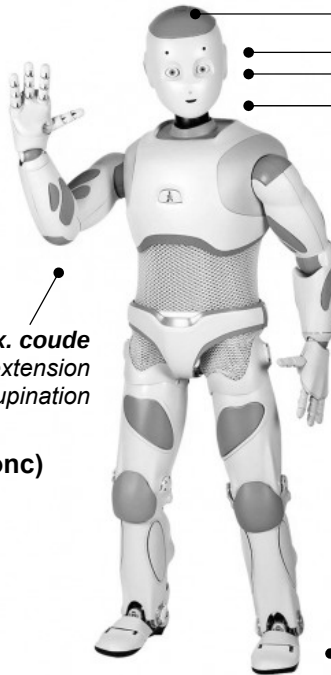
1 capteur de position de l'arbre

1 capteur de courant

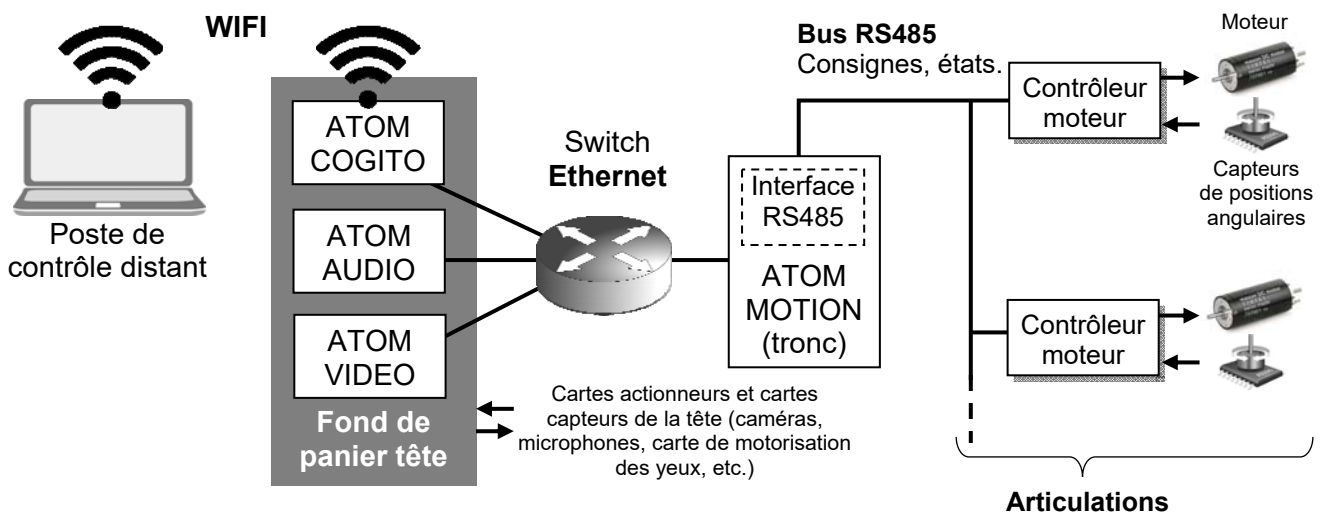
Pour chaque articulation

1 capteur de position

4 capteurs de pression
par pied



Électronique de contrôle – Communication



Quelques axes de développement de Romeo

Plate-forme physique :

étude d'une articulation hydraulique intégrée, d'une main expressive.

Sûreté de fonctionnement :

modélisation système, identification de 338 exigences de sécurité.

Perception multi-sensorielle :

reconnaissance de personnes, d'émotions, de sons ; localisation, suivi.

Interaction cognitive :

apprentissage de tâches, dialogue.

Interaction physique :

saisie et manipulation d'objet, marche, cartographie de l'environnement.

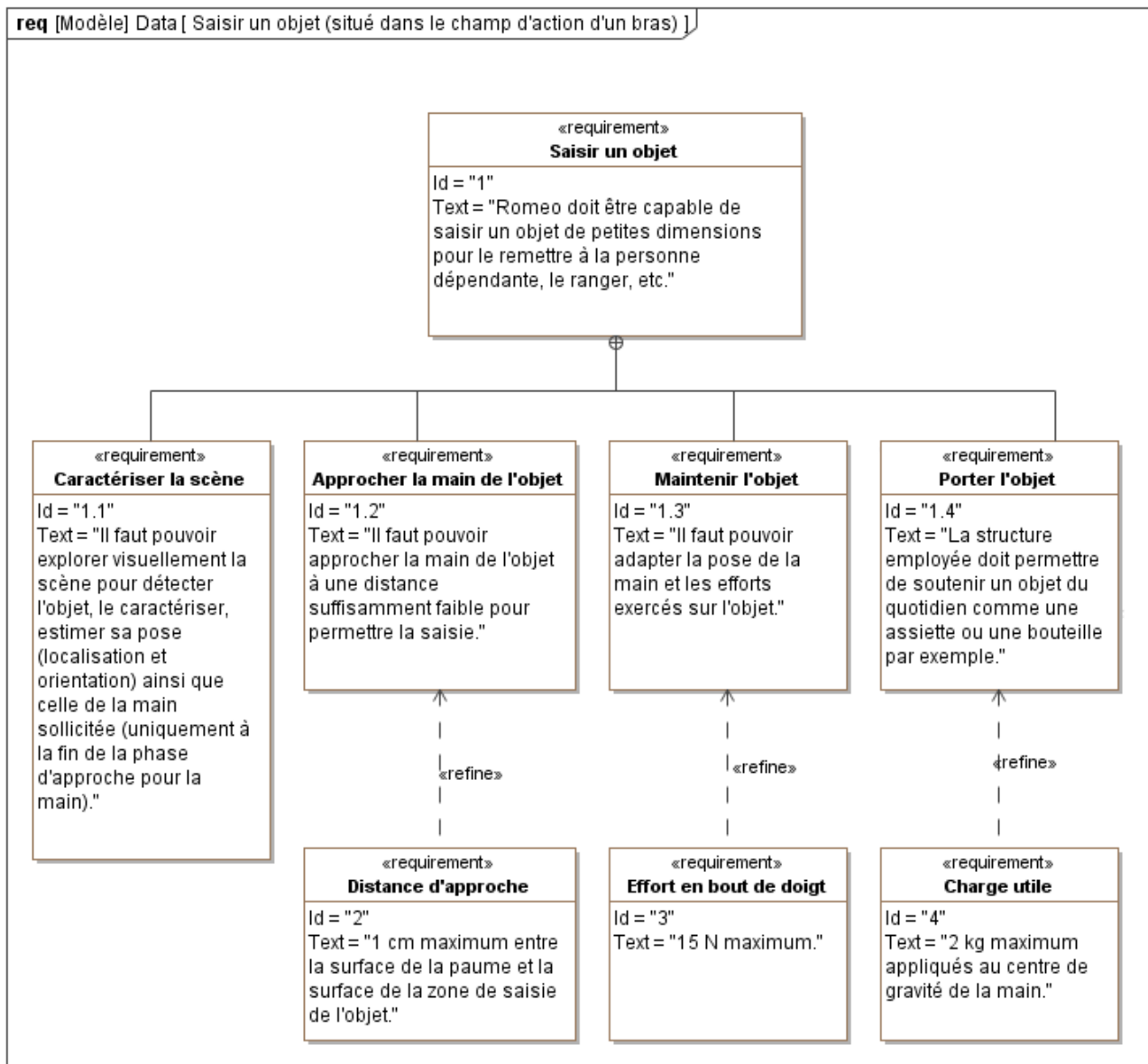
Intégration et évaluation :

développement d'applications, tests avec des personnes âgées.

Dissémination :

étude de questions d'ordre sociétal, économique...

DT3 : diagramme des exigences « Saisir un objet »



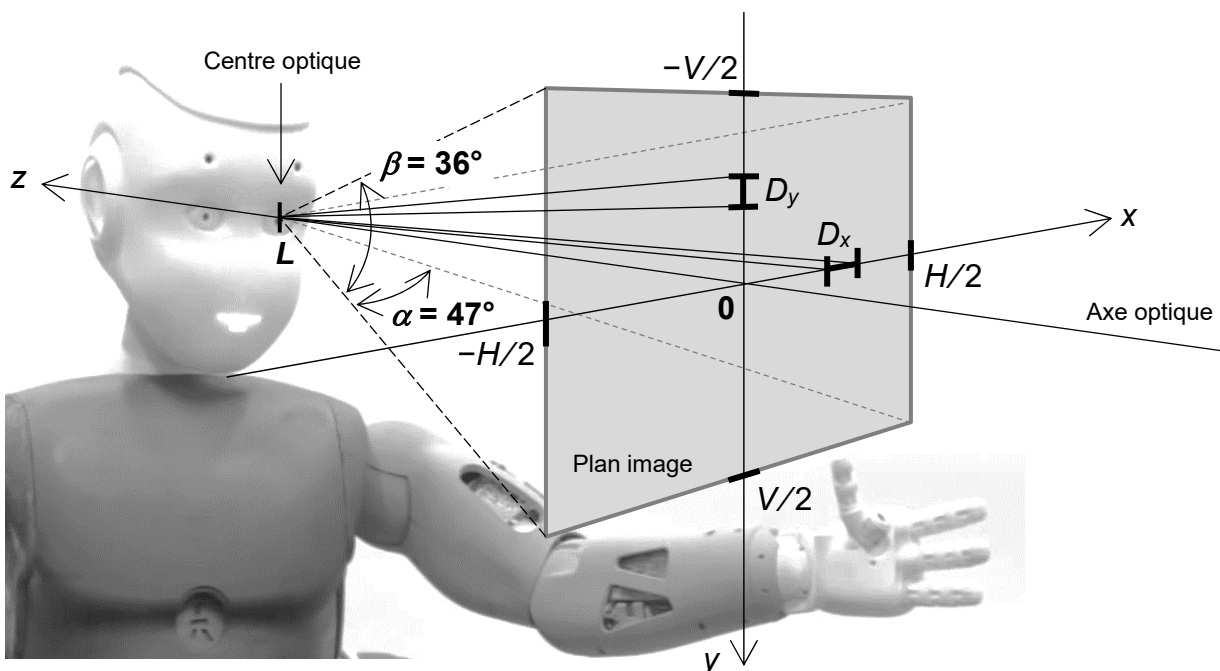
DT4 : vision de Romeo

Caractéristiques des capteurs d'images incorporés dans les yeux

Résolution (n pixels horizontaux $\times$ m pixels verticaux)		Fréquence image maximale (image $\cdot$ s $^{-1}$)
Maximale	1296 $\times$ 976	30
Mode 720p	1280 $\times$ 720	36,7
Mode VGA	640 $\times$ 480	75
Mode QVGA*	320 $\times$ 240	120

*Quarter Video Graphics Array

Résolutions métriques horizontale D_x et verticale D_y

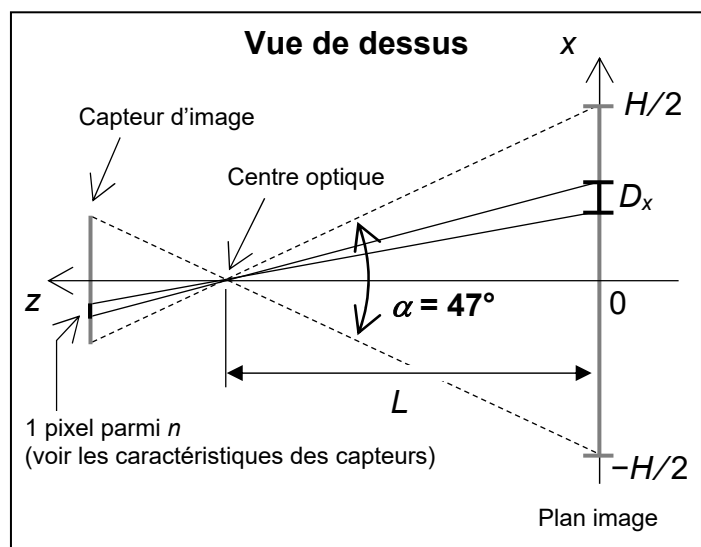


Le plan image est la zone rectangulaire « vue » par la caméra à la distance L du centre optique. Cette zone est projetée sur toute la surface du capteur d'image par une optique appropriée. Sa largeur H et sa hauteur V valent :

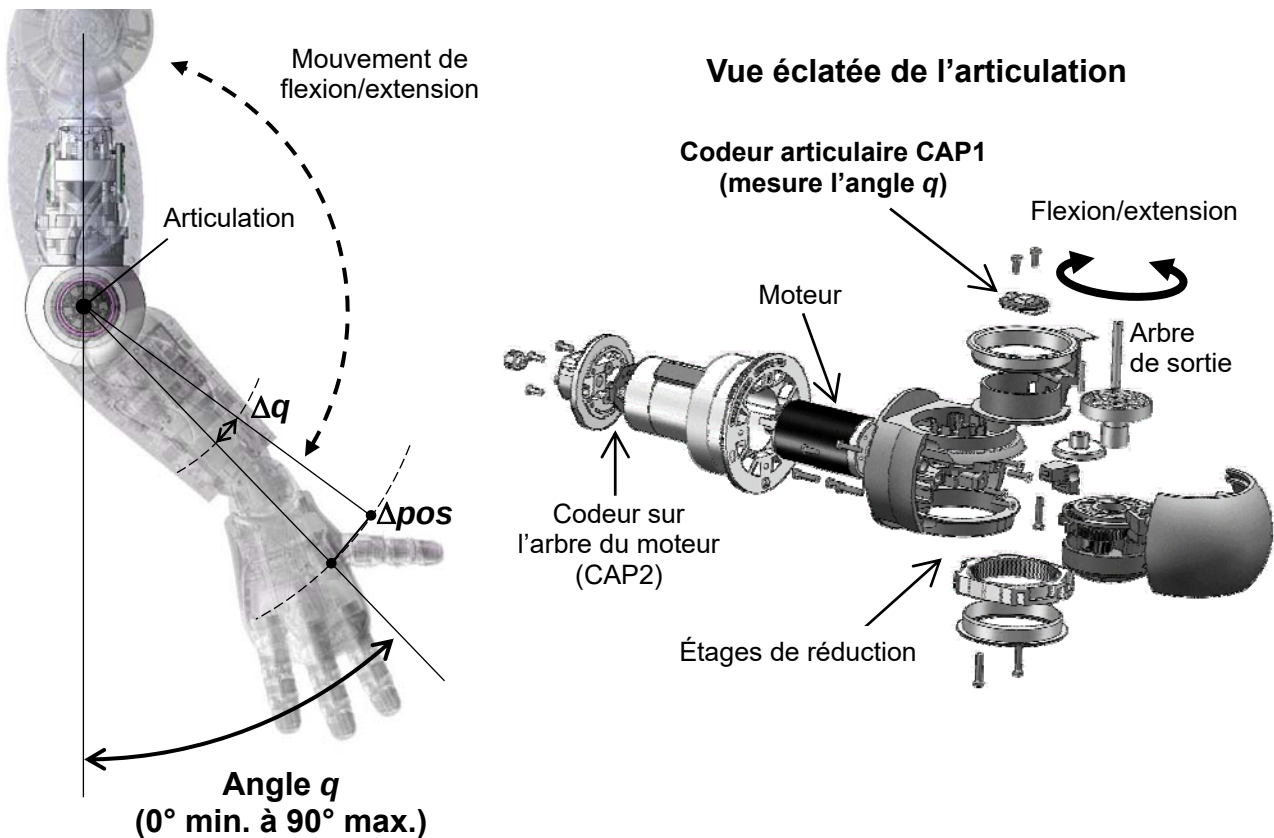
$$H = 2 \times L \times \tan(\alpha/2)$$

$$V = 2 \times L \times \tan(\beta/2)$$

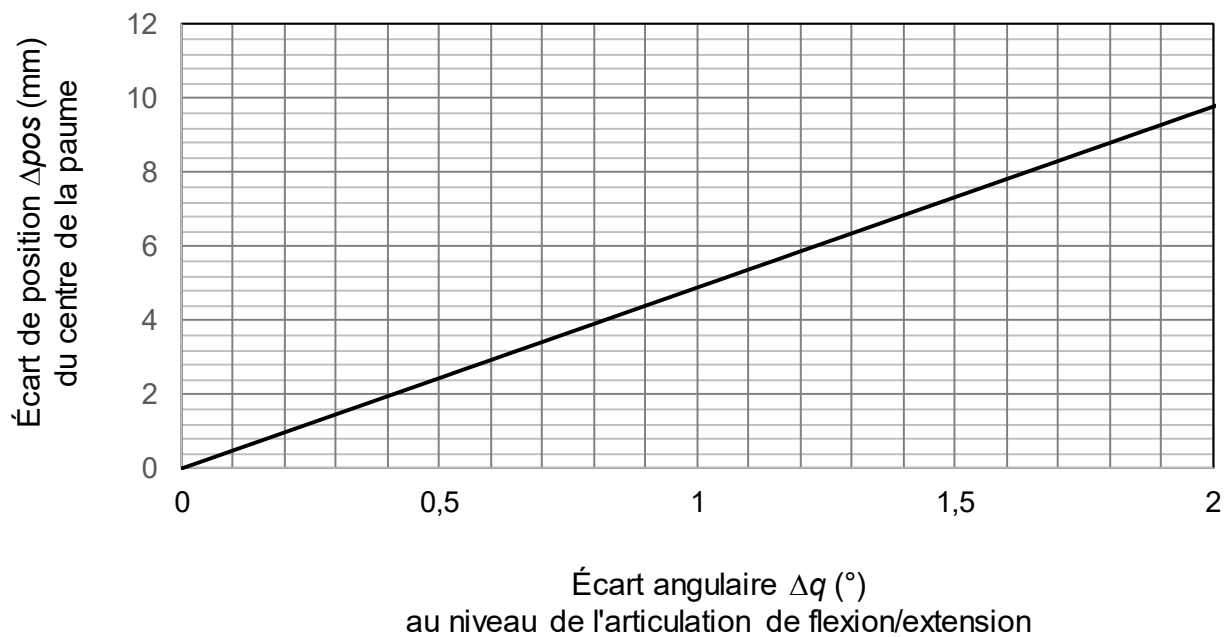
D_x et D_y sont les plus petites zones horizontale et verticale discernables. Elles correspondent à un pixel du capteur.



DT5 : articulation de flexion/extension du coude

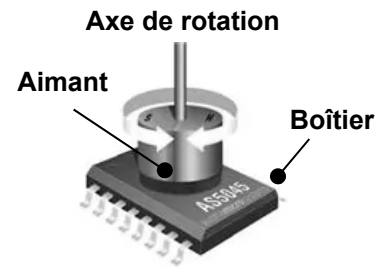


**Incidence d'un écart angulaire sur la position de la paume
(pour la question 1.12)**



DT6 : codeur angulaire AS5045

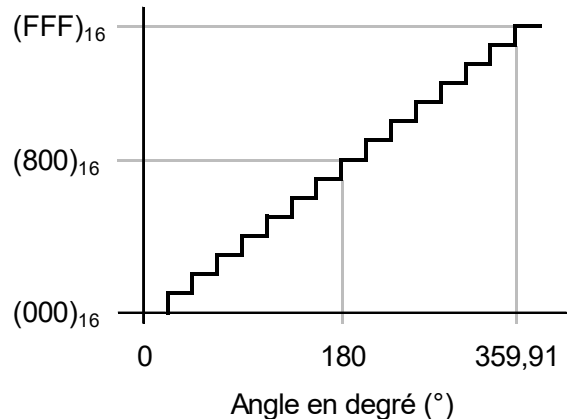
L'AS5045 est un codeur de position sans contact conçu pour mesurer la position angulaire d'un aimant en rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan de son boîtier. Le résultat de mesure est délivré sous forme numérique, par une liaison série synchrone (SSI) ou par une sortie à modulation de largeur d'impulsion (MLI).



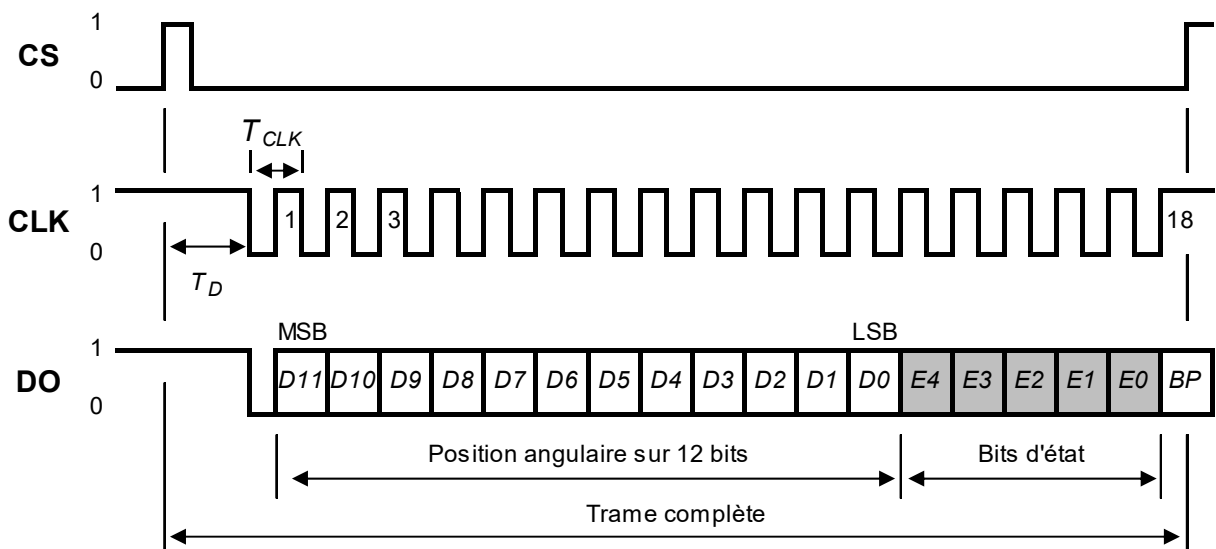
Caractéristiques

Étendue de mesure	0° à 360°
Résolution	12 bits
Codage	Binaire naturel

Code de sortie (hexadécimal)



Liaison série synchrone (SSI)



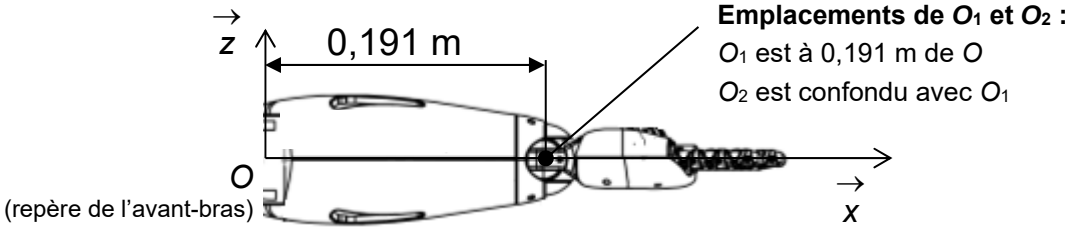
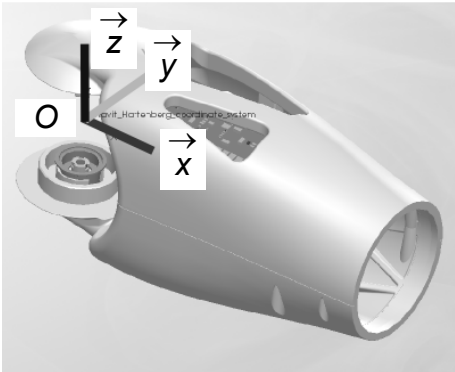
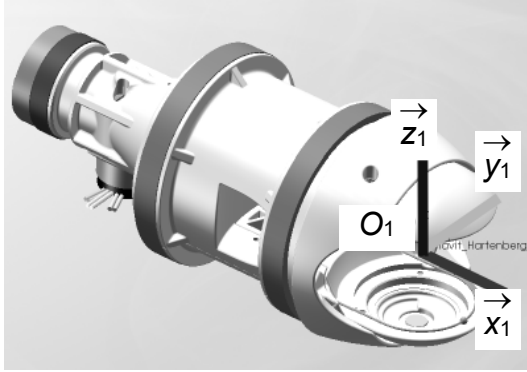
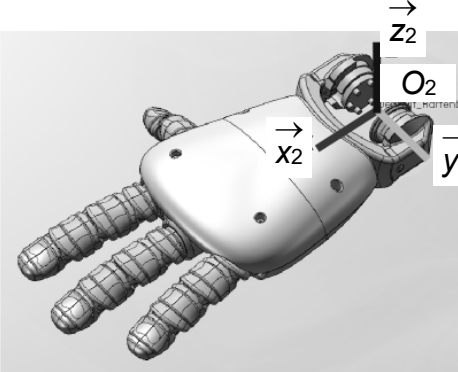
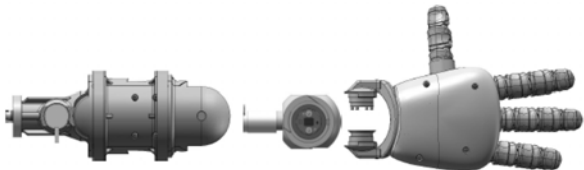
CS (Chip Select) : signal de sélection du boîtier (CS à 0), d'initialisation d'une lecture de donnée (passage de 1 à 0 de CS), de terminaison d'une lecture et de désélection du boîtier (CS à 1).

DO (Data Out) : signal de sortie de la donnée codée sur 12 bits (D_{11} à D_0) suivie de 5 bits d'état (E_4 à E_0) et d'un bit de parité paire (BP). **La valeur de BP, 0 ou 1, est fixée à chaque trame pour que le nombre total de bits à 1 comptés dans la trame (de D_{11} à BP inclus) soit pair.**

CLK (Clock) : signal d'horloge ; chaque bit dure T_{CLK} .

T_D : délai de 1 μ s minimum à respecter avant d'appliquer le premier front descendant de CLK.

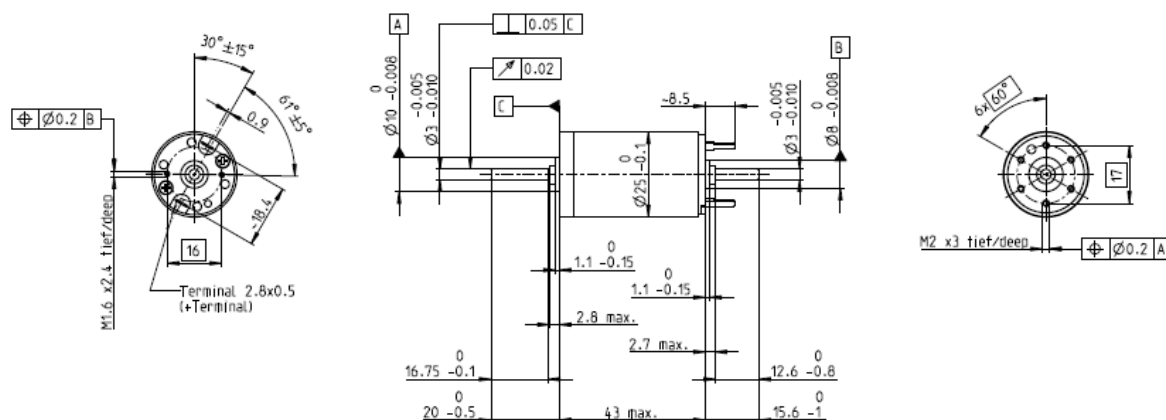
DT7 : caractéristiques de l'avant-bras, du poignet et de la main

 Emplacements de O_1 et O_2 : O_1 est à 0,191 m de O O_2 est confondu avec O_1 (repère de l'avant-bras)	
1 : avant-bras  Masse : 0,370 kg Coordonnée sur $(O; \vec{x})$ du centre de gravité : 0,069 m	2 : poignet  Masse = 0,176 kg Coordonnée sur $(O_1; \vec{x}_1)$ du centre de gravité : - 0,059 m
3 : main  Masse = 0,355 kg Coordonnée sur $(O_2; \vec{x}_2)$ du centre de gravité : 0,089 m	

DT8 : moteur à courant continu MAXON RE25

RE 25 Ø25 mm, Graphite Brushes, 20 Watt

maxon DC motor



- ☒ Stock program
☐ Standard program
☐ Special program (on request)

Order Number

302534	339149	339150	339151	339152	339153	339154	339155	339156	339157	339158
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Motor Data

Values at nominal voltage

		V	7.2	9	12	18	24	30	36	48	48	48	48
1	Nominal voltage	V	7.2	9	12	18	24	30	36	48	48	48	48
2	No load speed	rpm	10500	9700	9620	10400	10900	9200	10100	9540	8450	6720	4650
3	No load current	mA	133	93.2	68	50.6	40.2	25	23.7	16.4	13.7	9.89	6
4	Nominal speed	rpm	8830	8160	8240	9140	9620	7990	8840	8350	7260	5520	3420
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	20.2	22.8	26.2	28.1	28.8	30.8	30.3	31.3	32	32.6	32.5
6	Nominal current (max. continuous current)	A	3.4	2.79	2.33	1.79	1.42	1.03	0.917	0.673	0.608	0.491	0.339
7	Stall torque	mNm	259	238	268	297	304	265	279	270	243	192	127
8	Starting current	A	42.1	28.1	23.2	18.4	14.6	8.61	8.24	5.67	4.51	2.84	1.3
9	Max. efficiency	%	78.6	81.2	84.1	86.4	87.5	87.9	88.2	88.7	88.5	87.8	86.3

Characteristics

10	Terminal resistance	Ω	0.171	0.32	0.517	0.98	1.64	3.49	4.37	8.47	10.6	16.9	36.8
11	Terminal inductance	mH	0.0163	0.0308	0.0573	0.112	0.186	0.407	0.493	0.979	1.25	1.97	4.11
12	Torque constant	mNm / A	6.15	8.46	11.5	16.1	20.8	30.8	33.8	47.7	53.8	67.7	97.6
13	Speed constant	rpm / V	1550	1130	828	591	460	311	282	200	177	141	97.8
14	Speed / torque gradient	rpm / mNm	43.2	42.8	37.1	35.9	36.3	35.2	36.5	35.6	35.1	35.2	36.9
15	Mechanical time constant	ms	6.52	6.06	5.62	5.36	5.26	5.17	5.16	5.13	5.12	5.12	5.14
16	Rotor inertia	gcm ²	14.4	13.5	14.5	14.3	13.8	14	13.5	13.8	13.9	13.9	13.3

DT9 : pack batterie de Romeo

Accumulateur de forte puissance BM18650ETC1

(d'après documentation BMZ GMBH)



Pack batterie constitué de plusieurs accumulateurs BM18650ETC1

Technologie : Lithium Fer Phosphate (LiFePO_4)

Forme, dimensions et poids de la cellule

Forme :	cylindrique
Diamètre :	18,35 mm max.
Longueur :	65,1 mm max.
Masse :	38,8 g (moyenne)

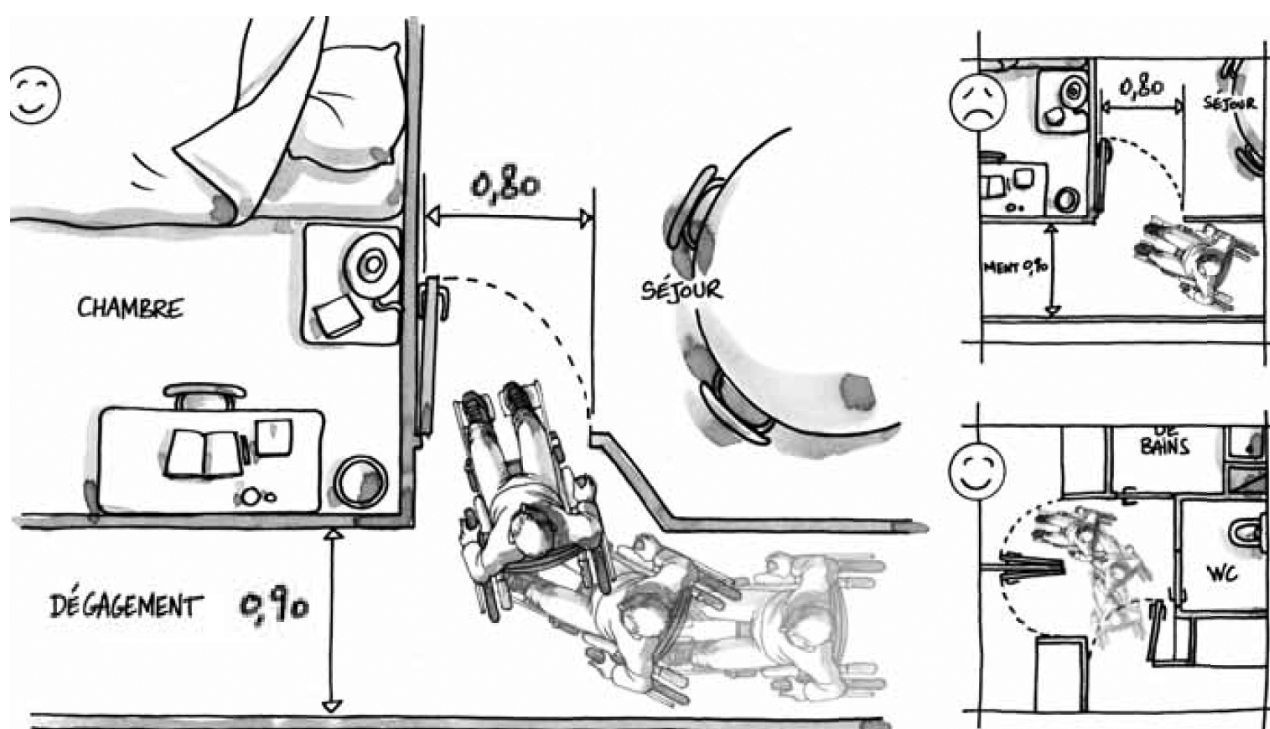
Performances

Tension nominale :	3,2 V
Capacité nominale :	1100 mA·h
Impédance interne :	17 mΩ (valeur typique mesurée à 1 kHz)
Performance de recharge :	60 % de la capacité initiale à 1000 cycles

Comparatif de technologies d'accumulateurs

Spécifications	Plomb acide Plomb gel	NiCd	NiMH	LiFePO_4
Énergie massique en $\text{W}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}^{-1}$	40	60	80	90
Durée de vie en cycles de charge/décharge*	250	1000	400	1500

*Pour un taux de décharge de 80 %.

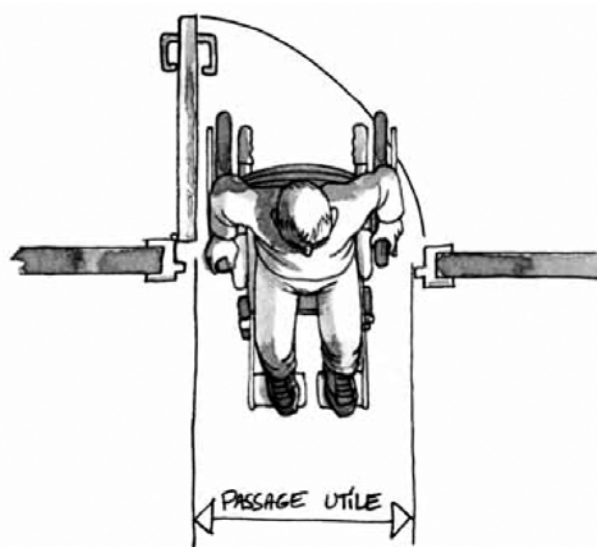
DT10 : circulaire interministérielle relative à l'accessibilité (extrait, feuillet 1/2)

Les largeurs minimales exigées dans les logements pour les circulations et les portes intérieures sont telles que, venant d'un couloir présentant une largeur de 0,90 m, une personne en fauteuil roulant ne peut pas franchir « en une fois » une porte de 0,80 m placée latéralement.

La solution d'accessibilité aux pièces de l'unité de vie éventuellement concernées passe alors par un élargissement du couloir devant la porte, un élargissement de la porte, et/ou l'agencement judicieux des parois (angles à 45° par exemple). Dans le cas de rotations à angle droit, on considère que la règle suivante doit être vérifiée : $L_1 + L_2 \geq 2 \text{ m}$ où L_1 et L_2 sont les largeurs de passage perpendiculaires (couloir/couloir ou couloir/porte).

Le passage utile

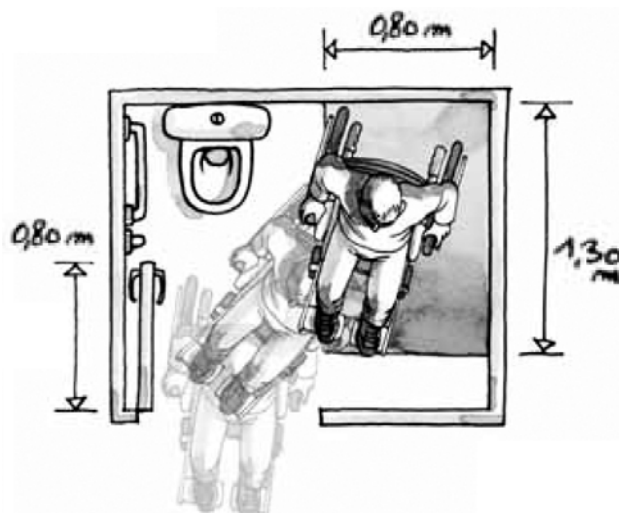
En règle générale, toute porte doit pouvoir s'ouvrir au moins à 90°. La largeur de passage utile se mesure entre le vantail ouvert à 90° et le bord intérieur de l'huissierie, poignée non comprise. Si par exception une porte ne peut pas s'ouvrir à 90°, le passage utile (déterminé, à ouverture maximale, perpendiculairement à l'ouvrant de la porte) doit présenter cette largeur de passage minimale.



DT10 : circulaire interministérielle relative à l'accessibilité (extrait, feuillet 2/2)

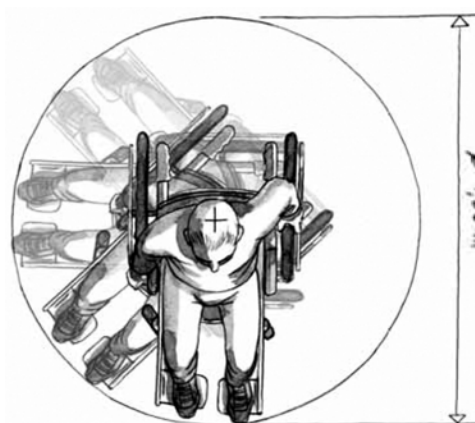
Les sanitaires

- L'espace minimum de transfert doit être au minimum de 0,80 m × 1,30 m.
- La barre d'appui doit être à une distance du sol (hauteur) comprise entre 0,70 m et 0,80 m.
- Le lave-mains doit être à une hauteur maximale de 0,85 m.
- La surface d'assise doit être située à une hauteur comprise entre 0,45 m et 0,55 m.
- Dans le cas d'une chaise encastrée, la cuvette doit être rallongée.
- Un espace de rotation d'au moins 1,50 m est à prévoir devant la porte des sanitaires.



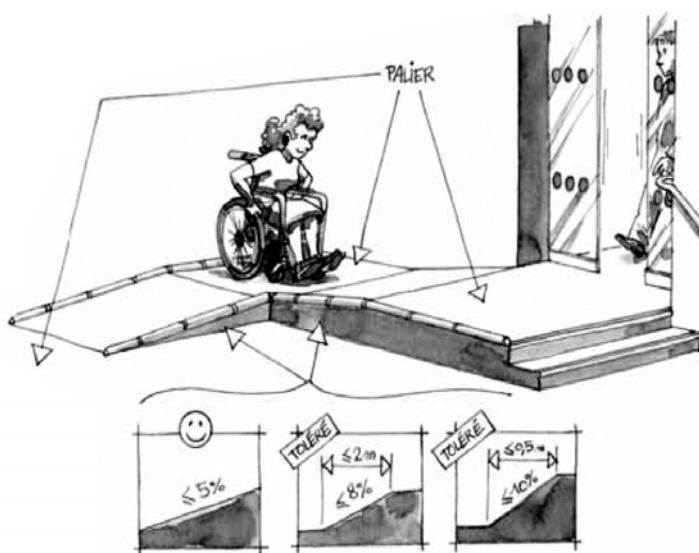
La salle d'eau

Une aire de rotation d'au minimum 1,50 m de diamètre doit être prévue.

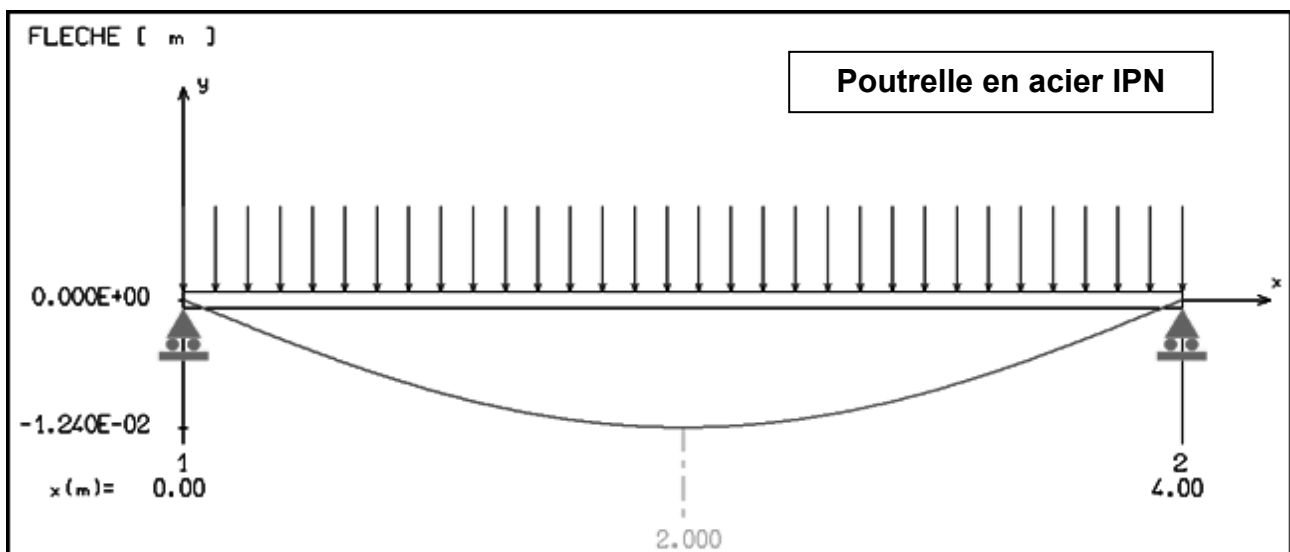
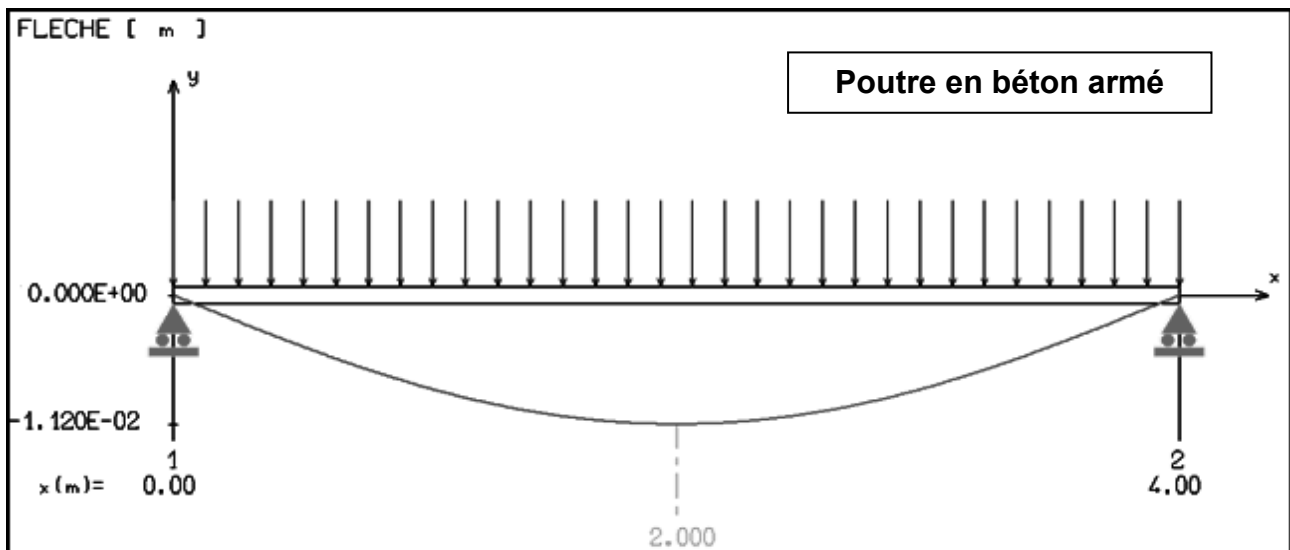
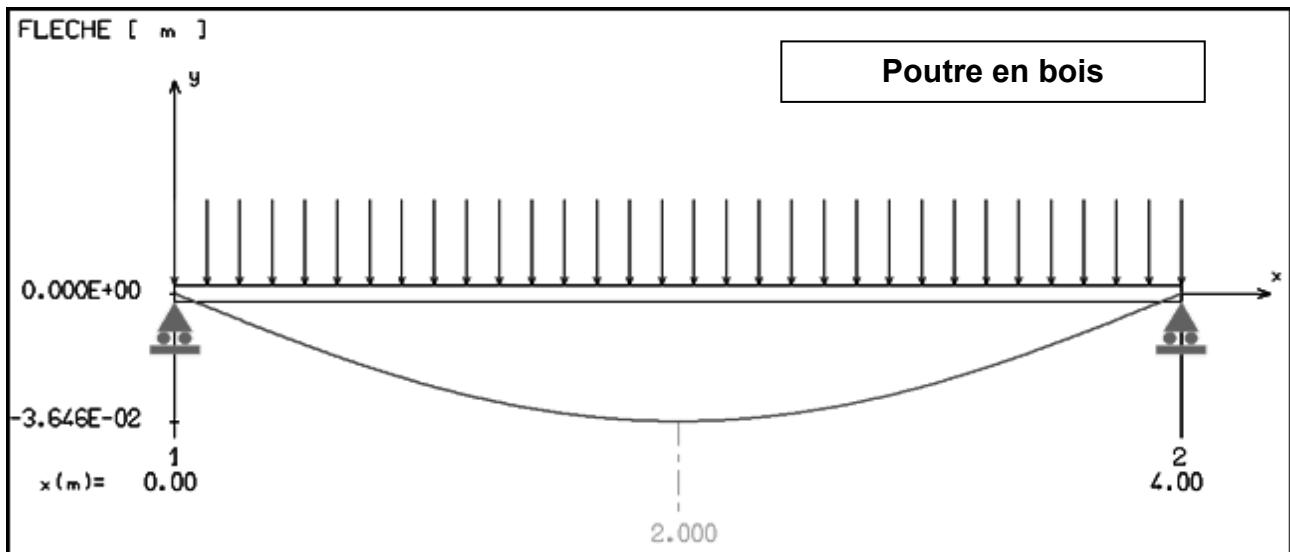


La pente

- Lorsqu'une pente est nécessaire pour franchir une dénivellation, elle doit être inférieure à 5 %.
- Une pente de cheminement supérieure à 5 % sans dépasser 10 % est tolérée sur 0,50 m maximum.
- Lorsqu'elle est supérieure ou égale à 4 %, un palier de repos est nécessaire tous les 10 m, en haut et en bas de chaque pan incliné.
- Un garde-corps préhensible est obligatoire le long de toute rupture de niveau de plus de 0,40 m de hauteur.
- Les pentes comportant plusieurs ressauts successifs sont interdites.
- Pente supérieure ou égale à 4 % : un palier de repos supérieur ou égal à 1,40 m de long doit être prévu tous les 10 m.
- Tolérance exceptionnelle : 8 % pour une longueur supérieure à 2 m et 10 % pour une longueur inférieure à 0,5 m.



DT11 : poutres sollicitées en flexion (simulation avec RDM Le Mans)



DOCUMENT RÉPONSES DR1

Scénario d'utilisation

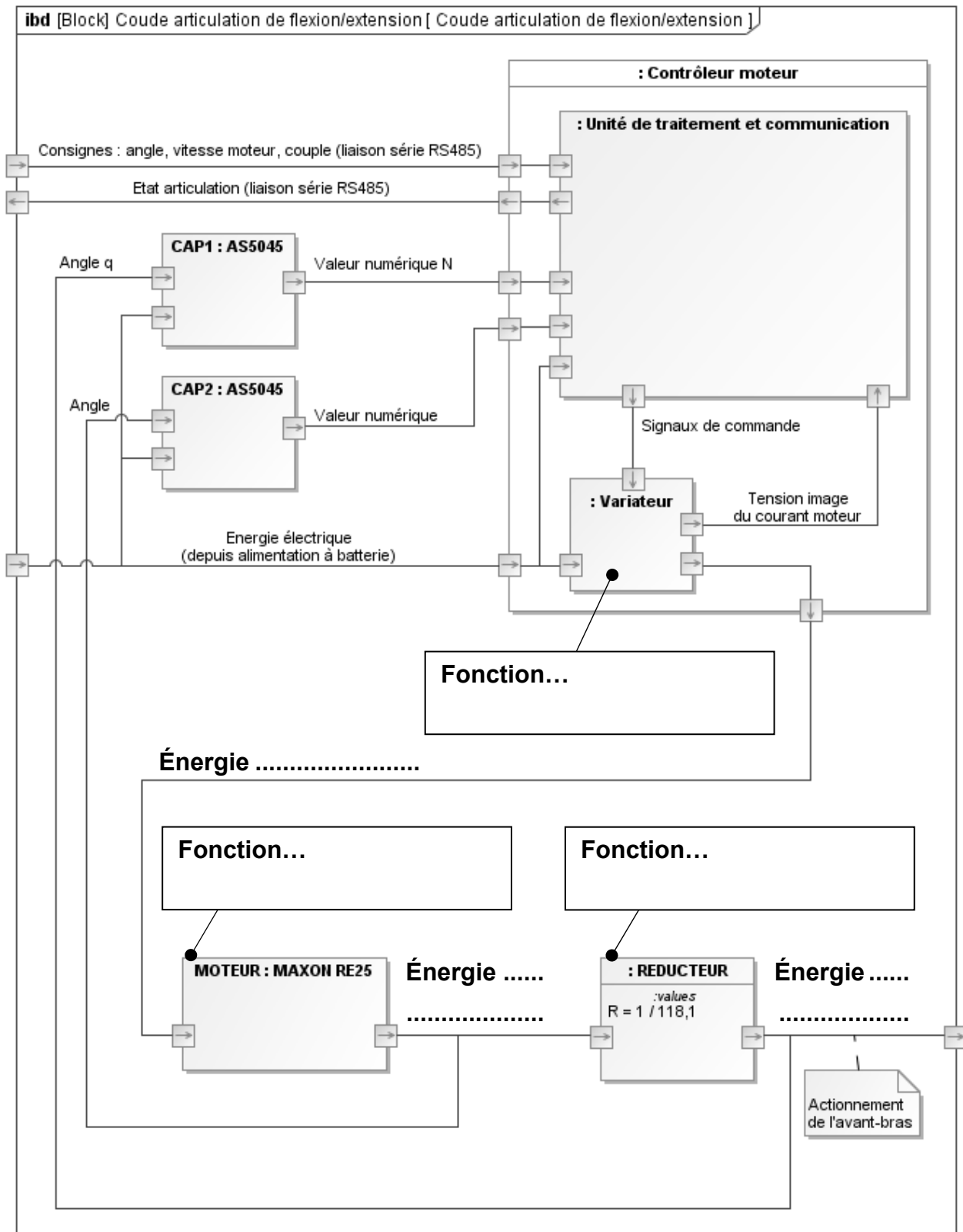
- Phase a) Dans la matinée, M. Dupont dit à Romeo qu'il va faire des courses pour son déjeuner et lui énonce la liste d'articles qu'il compte approvisionner. Romeo en prend bonne note dans son agenda et l'informe, qu'hier, M. Dupont lui a demandé de lui rappeler d'acheter du lait. M. Dupont remercie Romeo et ajoute le lait sur sa liste.
- Phase b) Quand M. Dupont rentre des courses, le robot détecte que M. Dupont est fatigué et lui propose de l'aider à préparer le repas. M. Dupont accepte et lui demande de lui servir le plat cuisiné qu'il a acheté. Comme il a déjà montré au robot comment procéder, celui-ci utilise le four pour réchauffer le plat. Romeo précise à M. Dupont que le plat est chaud lorsqu'il le sert et lui conseille de faire attention.
- Phase c) Après le repas, Romeo sait que M. Dupont a l'habitude de faire une sieste d'une demi-heure. En effet, M. Dupont se retire dans sa chambre. Mais au bout d'une heure, il n'en est pas ressorti. Romeo s'inquiète et entre dans la chambre pour voir si tout va bien. Il essaye de parler à M. Dupont, mais celui-ci ne réagit pas. Romeo prend alors contact avec le centre de téléassistance qui prend le contrôle de Romeo pour évaluer la situation. Comme la parole ne suffit pas à tirer M. Dupont de son sommeil, le téléopérateur commande à distance la main de Romeo pour, tout en veillant à ne pas le blesser, le secouer légèrement. Cette fois M. Dupont se réveille. Il était juste plus fatigué que d'habitude.
- Phase d) Après le départ des enfants, M. Dupont reste longtemps assis, inactif. Romeo le constate et lui suggère des activités en fonction de ses habitudes : appeler un ami pour faire une partie de cartes, consulter le programme TV ou lire. M. Dupont opte pour la partie de cartes et appelle son ami.

Question 1.2

	Phase du scénario (cocher les cases)			
	a	b	c	d
Service rendu				
Aide pour les actes et tâches de la vie quotidienne				
Aide dans les activités de la vie sociale et relationnelle				
Sécurisation				

DOCUMENT RÉPONSES DR2

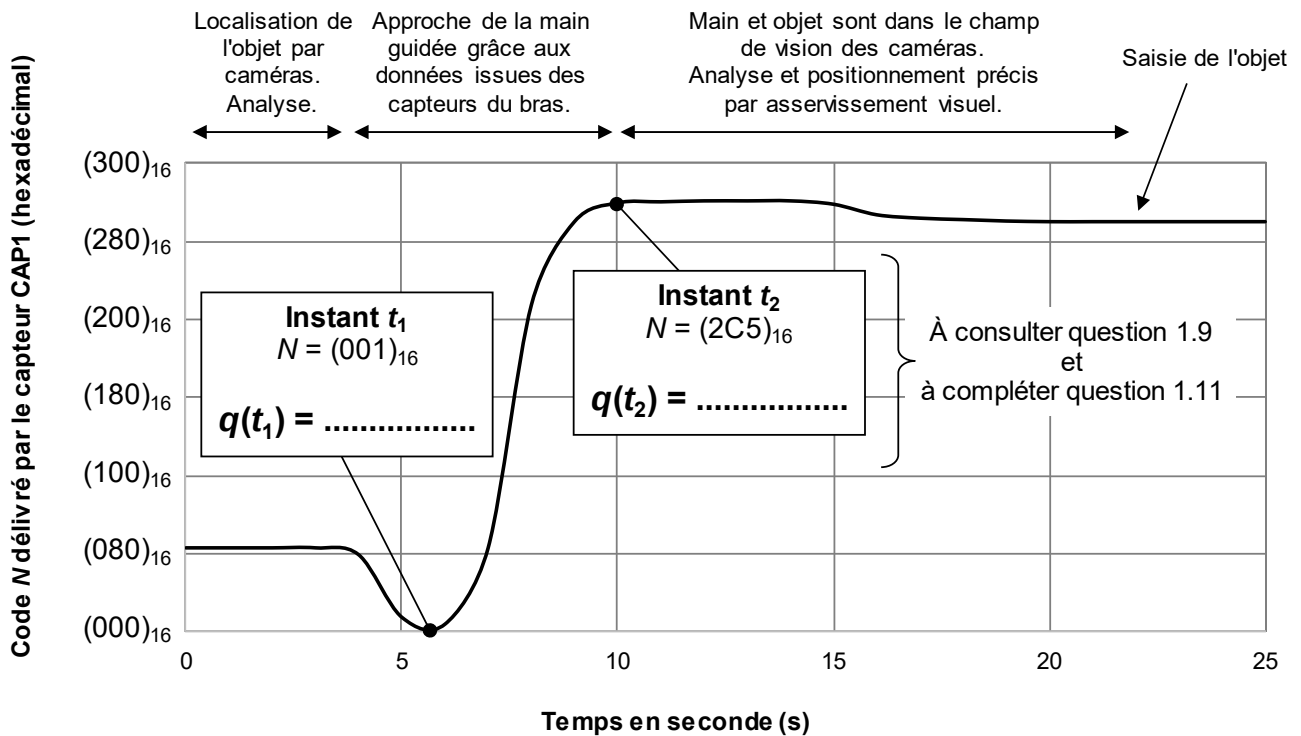
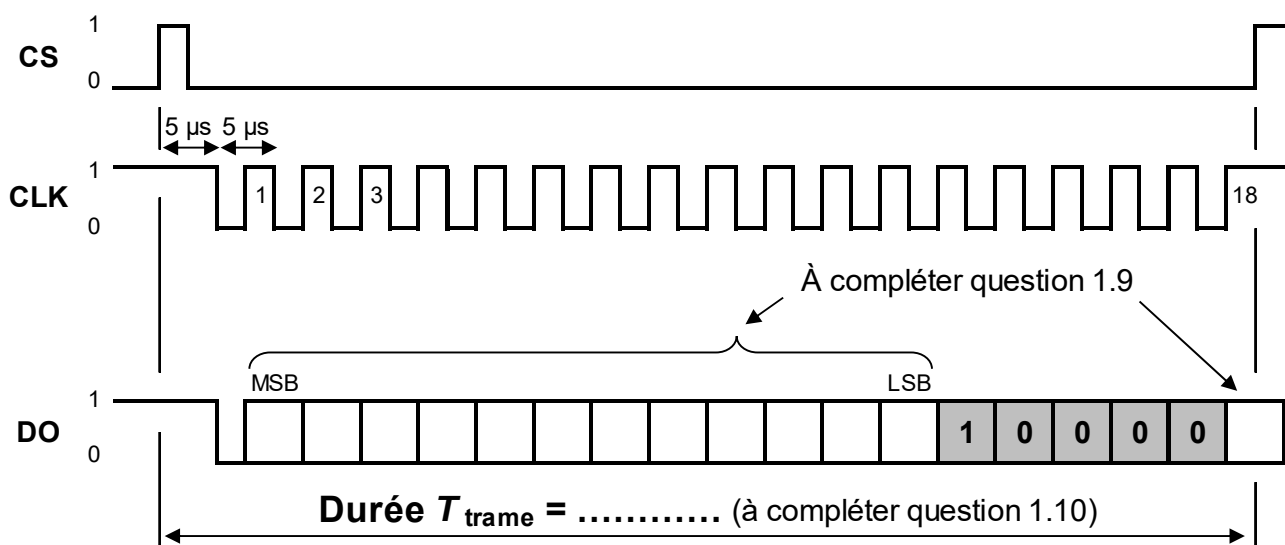
Questions 1.7 et 1.8



DOCUMENT RÉPONSES DR3

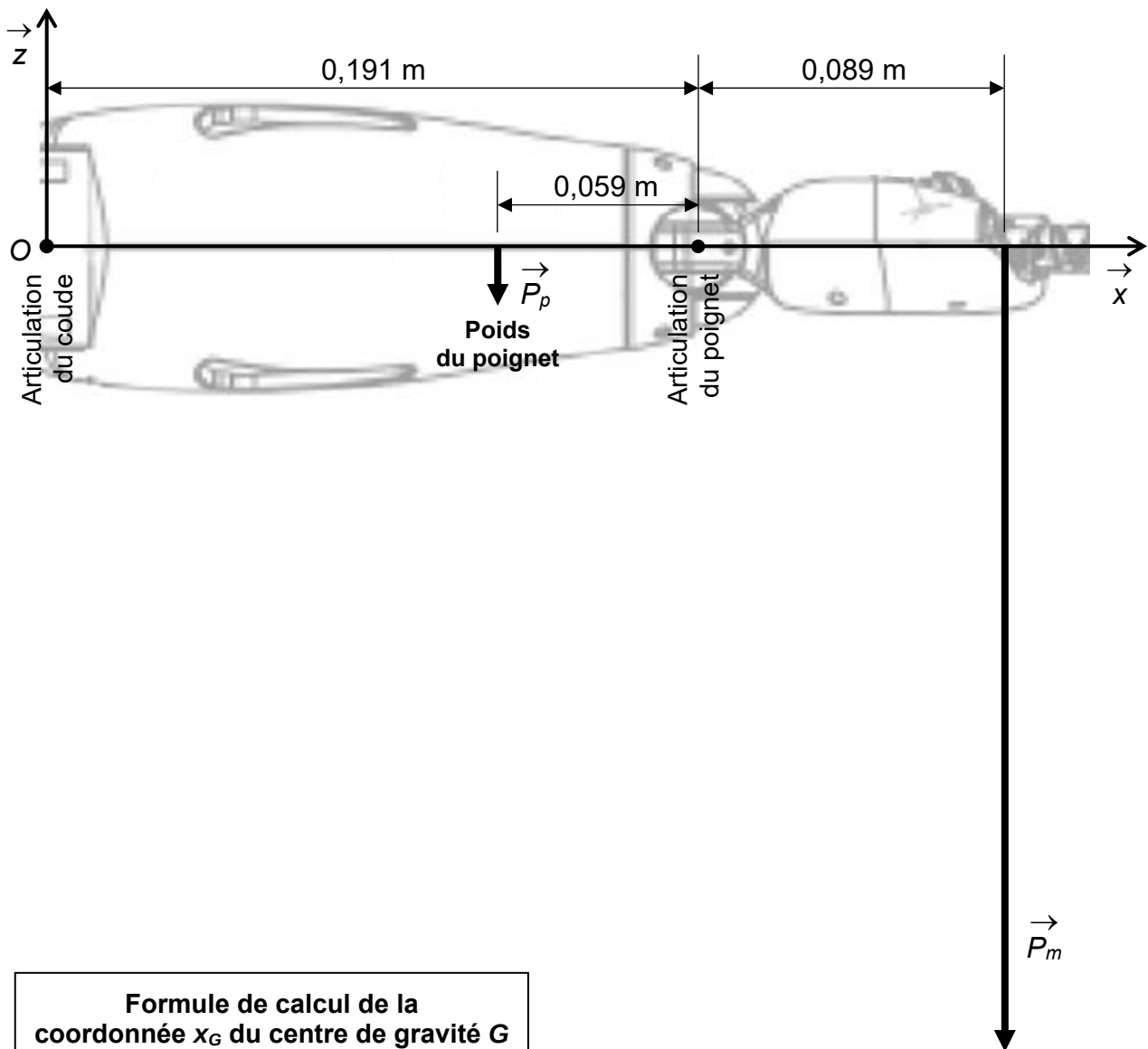
Questions 1.9, 1.10 et 1.11

Exemple de trajectoire (articulation de flexion/extension du coude)

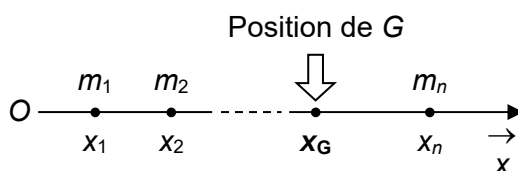
Trame de sortie du capteur CAP1 à l'instant t_2 

DOCUMENT RÉPONSES DR4

Questions 1.14 et 1.15



Formule de calcul de la coordonnée x_G du centre de gravité G de n masses $m_1, m_2, \dots, m_n$ alignées



$$x_G = \frac{x_1 \times m_1 + x_2 \times m_2 + \dots + x_n \times m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

Poids de la main avec une charge de 2 kg

Échelle des normes des forces 1 cm : 2 N ($g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

Échelle des distances 1 : 2

DOCUMENT RÉPONSES DR5

Question 1.20

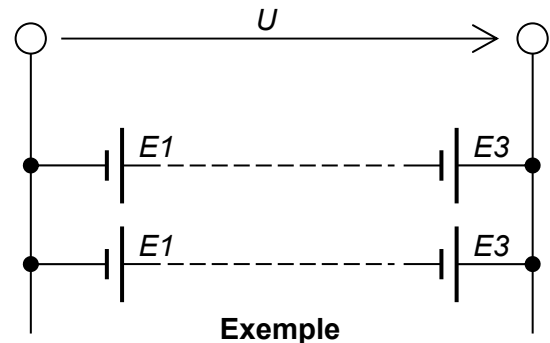
Respecter le modèle ci-dessous pour répondre

La batterie représentée en exemple délivre la tension U entre ses bornes.

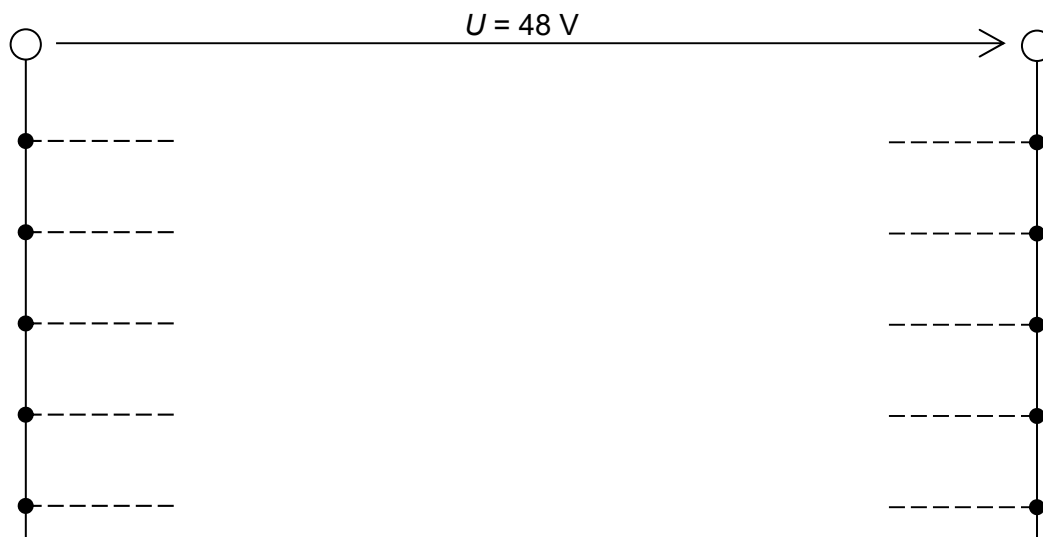
Constitution interne

- Cette batterie comporte 2 branches en dérivation.
- Chaque branche est constituée de 3 éléments $E1$, $E2$ et $E3$ connectés en série.

Les éléments intermédiaires ($E2$ dans cet exemple) ne doivent pas être représentés.



Constitution interne du pack batterie de Romeo (à compléter)



Questions 1.21 et 1.22

Type de batterie	Énergie délivrable (W·h)	Masse (kg)	Durée de vie (en cycles)
LiFePO ₄ (pack batterie de Romeo)	160		
Plomb			
NiMH			400
NiCd		2,7	

DOCUMENT RÉPONSES DR6

Question 2.1

