

SESSION 2020

CAPET
CONCOURS EXTERNE
TROISIEME CONCOURS ET CAFEP CORRESPONDANT

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
Option : INGÉNIERIE DES CONSTRUCTIONS
Option : INGÉNIERIE ÉLECTRIQUE
Option : INGÉNIERIE INFORMATIQUE
Option : INGÉNIERIE MÉCANIQUE

**ANALYSE ET EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE D'UN SYSTEME
PLURITECHNIQUE**

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie. Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

Concours externe du CAPET de l'enseignement public :

- option : Ingénierie des constructions

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDE	1411E	101	7809

- option : Ingénierie électrique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDE	1412E	101	7809

- option : Ingénierie informatique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDE	1413E	101	7809

- option : Ingénierie mécanique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDE	1414E	101	7809

► Concours externe du CAFEP/CAPET de l'enseignement privé :

- option : Ingénierie des constructions

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDF	1411E	101	7809

- option : Ingénierie électrique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDF	1412E	101	7809

- option : Ingénierie informatique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDF	1413E	101	7809

- option : Ingénierie mécanique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDF	1414E	101	7809

► Troisième concours externe du CAPET de l'enseignement public :

- option : Ingénierie des constructions

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDV	1411E	101	7809

- option : Ingénierie électrique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDV	1412E	101	7809

- option : Ingénierie informatique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDV	1413E	101	7809

- option : Ingénierie mécanique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EDV	1414E	101	7809

SYSTÈME DE PRÉPARATION DE COMMANDE



I. MISE EN SITUATION

1.1 Le contexte général

Le commerce électronique (e-commerce) est un mode d'échange en vogue et présente une croissance ininterrompue en France depuis 10 ans. Les commerçants, qui vendent en ligne, doivent continuer à augmenter le choix et la taille de leur magasin en ligne ainsi que la facilité d'acheter, de ramasser et de retourner les articles localement.

Après la commande d'un article sur un site de e-commerce, un opérateur doit ensuite la préparer, en collectant les produits, pour réaliser le colis client. Cet opérateur met les produits collectés dans des rayonnages, dans un chariot, avant de les apporter à la ligne de mise sous emballage. L'opérateur n'est capable d'attraper que des articles situés à 1,80 m tout au plus (voir Figure 1) et peut parcourir jusqu'à 15 kilomètres en une journée tout en poussant un chariot.



Figure 1 : un rayonnage à hauteur d'homme

Il existe désormais sur le marché des solutions automatisées, qui apportent les caisses chargées de produits directement auprès du préparateur de commande. Majoritairement ces solutions n'utilisent pas d'étagères de grande hauteur (pour l'optimisation du stockage), sont figées et ne permettent pas une évolution de stockage dans le temps pour suivre l'évolution de l'entreprise.

1.2 La solution Exotec

L'entreprise Exotec propose un dispositif robotique qui permet à des robots de travailler en équipe au milieu des étagères d'un entrepôt (voir Figure 2). Ces robots peuvent se hisser le long des étagères jusqu'à 10 mètres de hauteur afin de récupérer le bac de produits désirés et l'amener à l'opérateur qui est maintenant statique.

Le système s'adapte à l'alimentaire (sec et frais) et au non-alimentaire, comme le textile.



Figure 2 : la solution Exotec

Cette solution permet d'importants gains de productivité (cadence des robots quatre fois plus rapide que les solutions classiques), une optimisation de la capacité de stockage et une réduction de la pénibilité du travail en supprimant les déplacements des préparateurs de commande.

L'entreprise Exotec garantit une évolutivité de la solution avec la possibilité d'augmenter facilement la flotte de robots, le nombre d'étagères ou encore le nombre de stations de préparation, en fonction du volume d'activité.

1.3 La présentation de l'installation

Les robots baptisés Skypod naviguent dans l'entrepôt entre les racks de stockage et les stations de préparation de commandes, sans infrastructure de guidage (voir

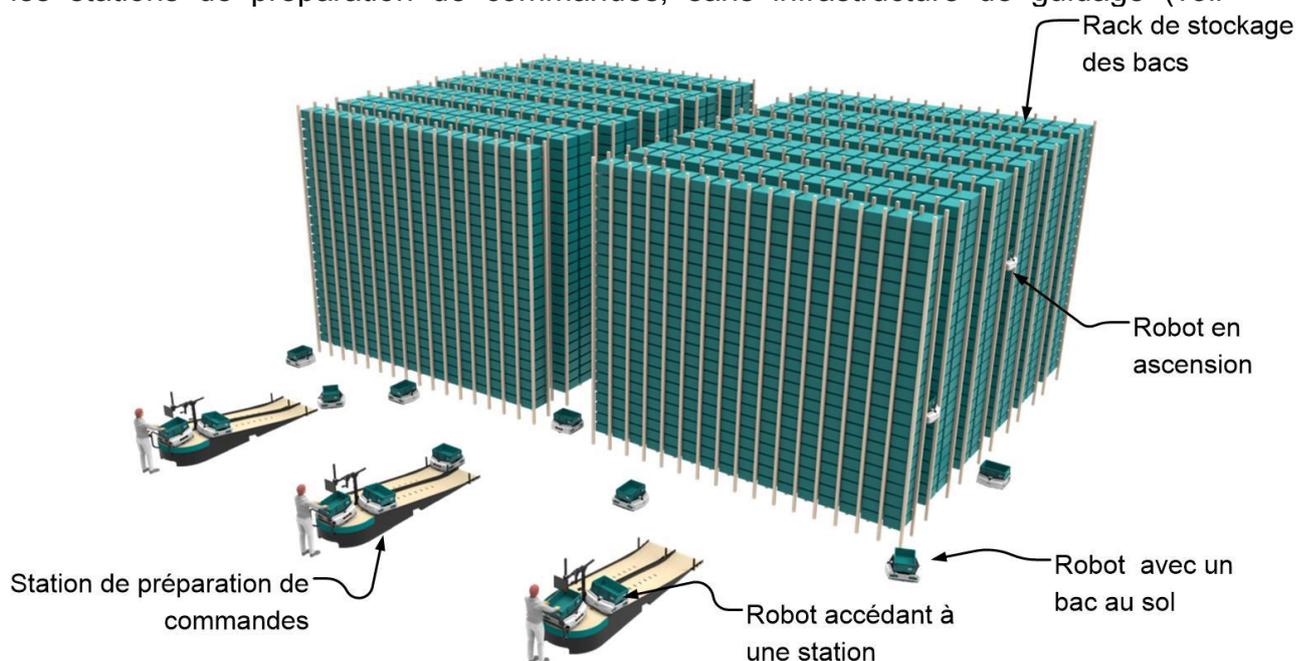


Figure 3). Chaque robot transporte et range un bac contenant les articles dans des racks jusqu'à 10 mètres de hauteur.

À l'extérieur de la matrice de rangement (ou *rack*) haute de 10 mètres, un opérateur indique, depuis le terminal d'une station de préparation de commande, le produit qu'il souhaite sortir.

Affecté à cet ordre, le Skypod se déplace de manière autonome pour aller chercher le bac correspondant à une vitesse atteignant 4 mètres par seconde, se repérant grâce à des lasers. Puis il s'agrippe et s'élève le long des rails verticaux des étagères. Une fois arrivé à destination, il soulève le bac qui contient le produit désiré, avec son plateau télescopique (appelé fourche) et le rapporte ensuite vers la station de préparation de commande, où l'opérateur saisit manuellement le nombre d'articles souhaités. Chaque bac contient jusqu'à 30 kilogrammes d'articles stockés. Les trajets sont optimisés par intelligence artificielle, c'est-à-dire un algorithme complexe qui optimise les trajets, depuis un ordinateur central pouvant contrôler jusqu'à 1 000 robots.

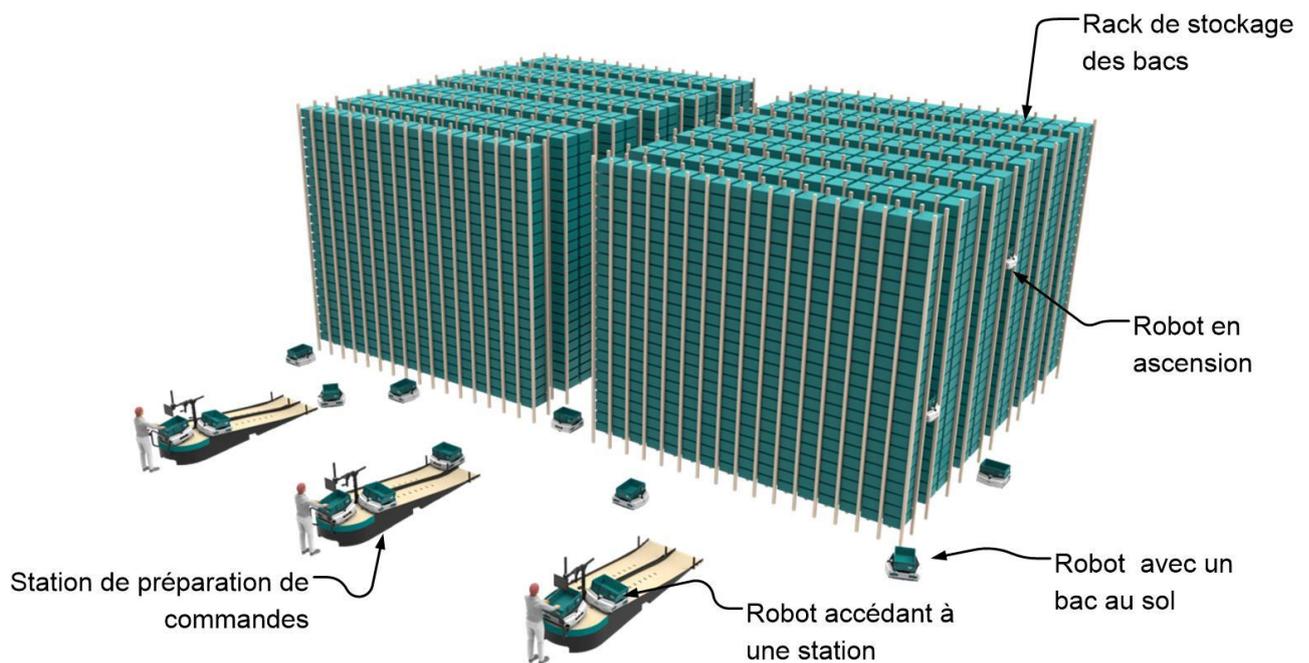


Figure 3 : les robots Skypod dans leur environnement

1.4 Le robot Skypod

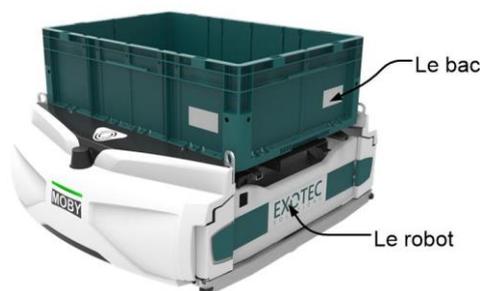


Figure 4 : le robot Skypod avec un bac

Le robot (voir figure 4) pour effectuer sa tâche, dispose de :

- deux roues motrices et deux roues omnidirectionnelles (déplacement horizontal et accès à la station de préparation de commande) ;
- un capteur laser (position dans son environnement) ;
- deux bras motorisés rétractables s'agrippant aux rails des étagères (déplacement vertical) ;
- une fourche télescopique (voir Figure 5) permettant de saisir et déposer un bac dans l'étagère (picking de bac) ;
- une commande embarquée en dialogue avec la supervision (pilotage des mouvements du robot et réception des missions à accomplir) ;
- une batterie (alimentation autonome en énergie).

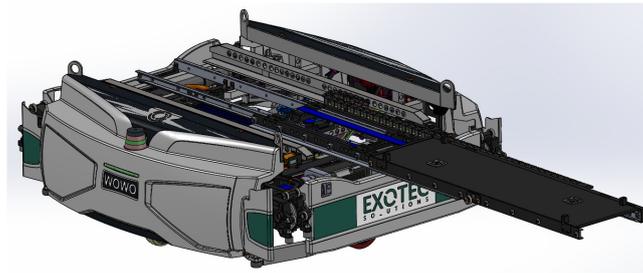


Figure 5 : la fourche télescopique

1.5 Les problématiques du sujet

L'objectif de l'étude est de vérifier la faisabilité de l'implantation d'un système de préparation de commande dans un entrepôt existant. La première partie du sujet permet donc de valider les solutions envisagées (seulement les fonctions les plus critiques), lors de l'étude d'avant-projet afin de lancer la conception détaillée du système et en particulier du Skypod.

L'étude proposée aborde six problématiques techniques indépendantes devant répondre aux exigences détaillées dans le document annexe **DA1** :

- vérifier la possibilité d'implantation du rack de stockage dans l'entrepôt existant ;
- assurer l'ascension du robot dans le rack ;
- assurer le positionnement vertical du robot ;
- choisir la batterie permettant une autonomie suffisante du robot ;
- vérifier la stabilité du robot lors de ses déplacements au sol ;
- vérifier que la fourche télescopique permet l'extraction des bacs.

La deuxième partie, **indépendante** des précédentes, concerne la mise en place de séquences pédagogiques en collège et en lycée. **Il est conseillé de consacrer 1,5 h à cette partie.**

Il est fortement recommandé de formuler explicitement sur la copie, toutes les hypothèses jugées utiles.

II. IMPLANTATION DU RACK

Objectif : vérifier la résistance au poinçonnement du dallage en béton sous l'effet de la charge des poteaux intérieurs du rack

Le rack est constitué de plusieurs étagères identiques espacées soit d'une largeur de robot, soit d'une distance de 150 mm entre elles (voir Figure 6) puis assemblées et contreventées par des traverses supérieures. Le sol est en béton armé.

On souhaite vérifier que ce dallage ne sera pas poinçonné (non-déformation du dallage) sous l'effet du poids d'une étagère. La contrainte admissible du dallage est $\sigma_{\text{béton}} = 25 \text{ MPa}$.

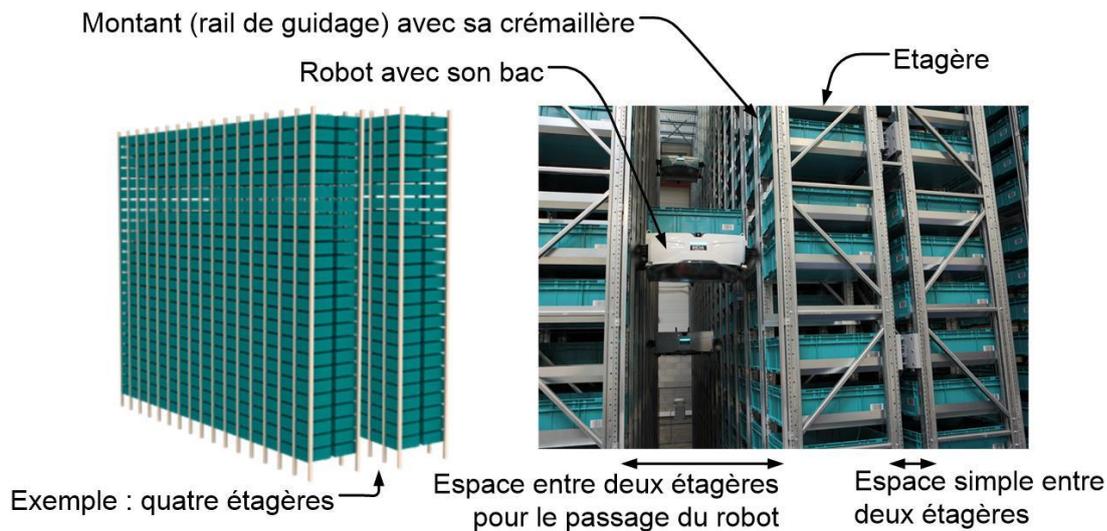


Figure 6 : vues générales du rack rempli de bacs

L'étude est limitée à la platine représentée dans la zone étudiée de la Figure 7.

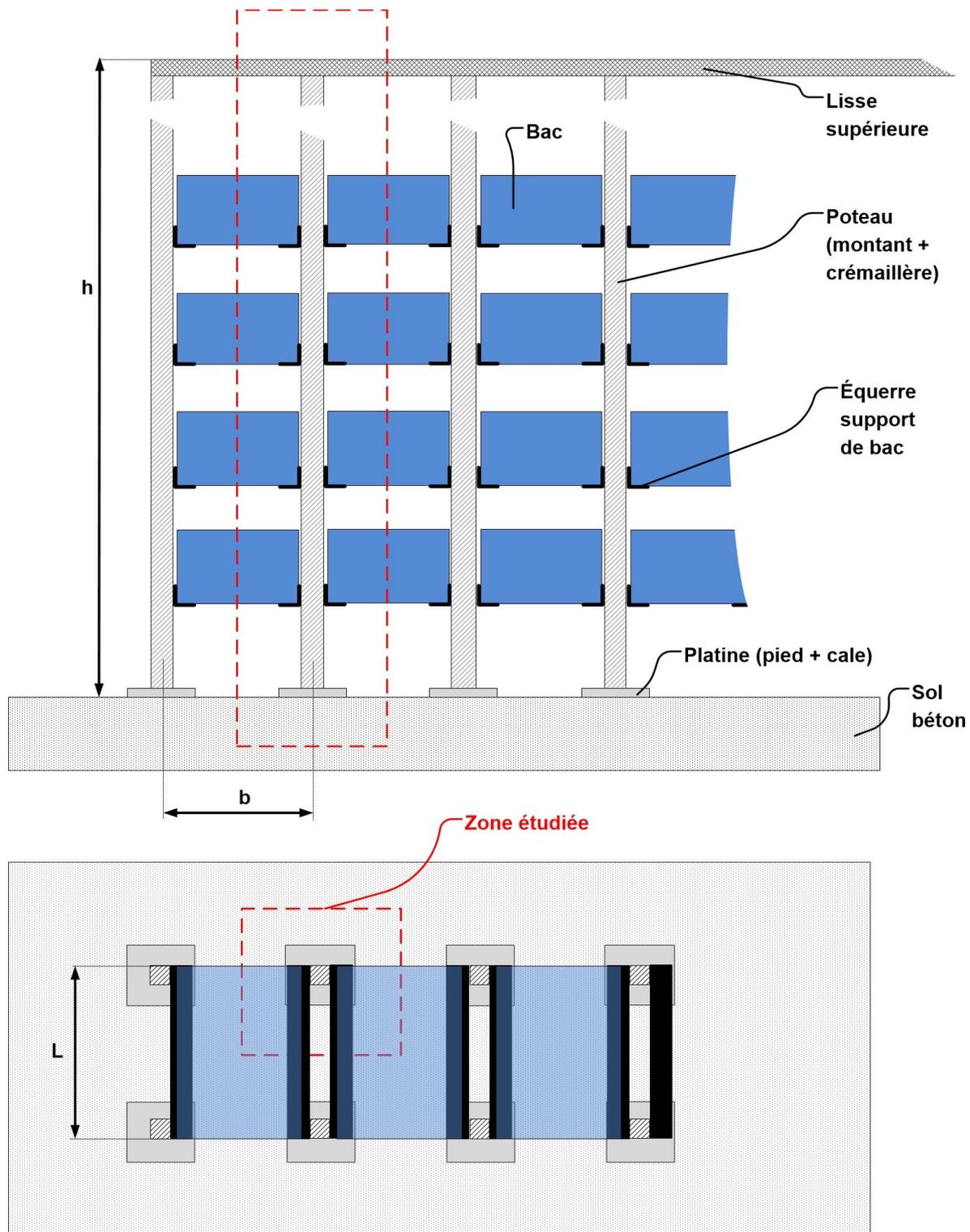


Figure 7 : modélisation d'une étagère

Pour cette étude, les données et hypothèses retenues sont les suivantes :

- la charge totale (bac et charge embarquée) est symétrique et uniformément répartie ;
- seuls les efforts verticaux seront pris en compte ;
- seuls les éléments porteurs représentés sur la Figure 7 sont pris en compte (dans un souci de clarté, les lisses intermédiaires ne sont pas représentées) ;
- l'accélération de la pesanteur est notée $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;

- les données de modélisation d'une étagère sont précisées dans le tableau ci-dessous.

Désignation	Quantité	Longueur utile	Masse
Poteau			
Montant (rail de guidage)	1	h = 10 m	2,97 kg le mètre linéaire
Crémaillère	1	h = 10 m	5,9 kg le mètre linéaire
Platine			
Pied ancrage au sol (acier)		100 mm x 60 mm x 10 mm	négligée
Plaque de calage			négligée
Traverses			
Equerre		L = 600 mm	1,28 kg le mètre linéaire
Lisse	1 tous les 3,5 mètres + 1 en bas + 1 en haut	b = 480 mm	0,53 kg le mètre linéaire
Accessoires			
Visserie, entretoise, ...	1		1 kg par poteau
Charge d'exploitation			
Bac	24	600 mm x 400 mm x 320 mm	3 kg
Charge maxi embarquée par bac	1		30 kg

Question 1 . Déterminer la charge permanente (poids de la structure), notée G, supportée par une platine.

Question 2 . Déterminer la charge d'exploitation (poids du chargement), notée Q, supportée par une platine.

Ces charges sont pondérées par des coefficients de sécurité : 1,35 G et 1,5 Q.

Question 3 . Calculer la pression exercée par une platine sur le sol. **Conclure** quant à la résistance du dallage.

Question 4 . Préciser si la pression exercée par une platine sur le sol, est modifiée lorsque le robot monte ou descend le long du rack (masse du robot $M_r = 45$ kg). **Conclure**.

III. ASCENSION DU ROBOT

Objectif : choisir la motorisation permettant le déplacement vertical du robot sur le rack

Lors du réapprovisionnement du stock, le robot Skypod doit déposer des bacs pleins dans le rack. Pour cela le robot se déplace au sol, se positionne face à une rangée,

sort ses deux bras, s'agrippe aux rails puis monte jusqu'à l'emplacement désiré grâce à un système pignon /crémaillère à denture droite (voir Figure 8).



Figure 8 : déplacement vertical du robot entre les étagères

Cette solution est représentée en

Figure 9.

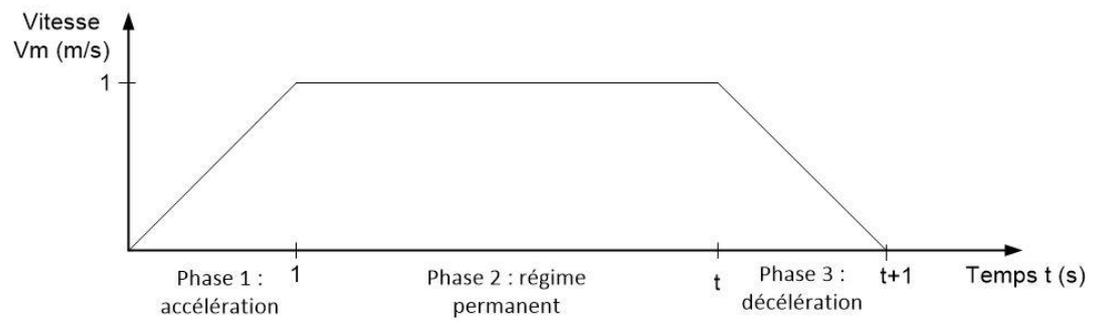
Pour cette étude, les données et hypothèses retenues sont les suivantes :

- le repère $R_0 (O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ est supposé galiléen ;
- les liaisons sont considérées comme parfaites ;
- masse totale du robot $M_r = 45 \text{ kg}$;
- masse d'un bac $M_b = 3 \text{ kg}$;
- masse maximale de la charge embarquée $M_c = 30 \text{ kg}$;
- poids total de l'ensemble (1) (robot + bac + charge). Sa résultante est appliquée au centre de gravité G de l'ensemble (1) ;
- accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ et $\vec{g} = -g \vec{z}$;
- caractéristiques du pignon, module $m = 3,18$ - nombre de dents $Z = 24$, - angle de pression $\alpha = 20^\circ$;
- les quatre crémaillères sont notées (0), (0'), (0''), (0''') ;
- rendement global de la transmission : $\eta = 0,8$;
- les deux bras sont identiques et symétriques ;
- accélération à la montée $a_m = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- vitesse linéaire maximale lors de l'ascension $V_m = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Notation : le torseur de l'action mécanique transmissible par une liaison entre les solides i et j sera noté en un point K , d'une façon générale :

$$\{T_{i \rightarrow j}\} = \left\{ \begin{array}{l} X_{ij} \vec{x} + Y_{ij} \vec{y} + Z_{ij} \vec{z} \\ L_k \vec{x} + M_k \vec{y} + N_k \vec{z} \end{array} \right\}_K = \left\{ \begin{array}{ll} X_{ij} & L_k \\ Y_{ij} & M_k \\ Z_{ij} & N_k \end{array} \right\}_K$$

La loi de vitesse est la suivante :



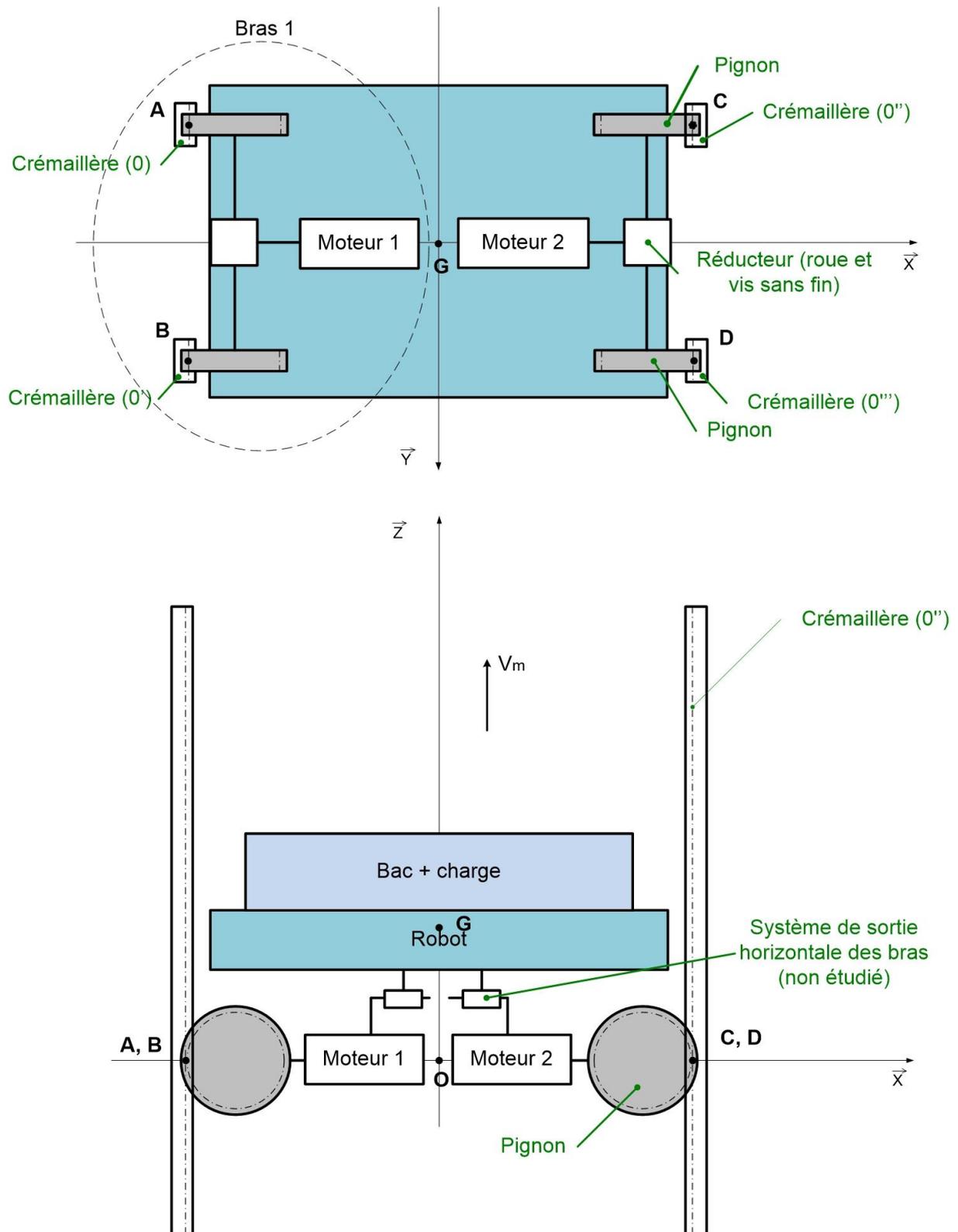


Figure 9 : schéma structurel de la motorisation verticale

En cas de défaillance d'un des deux moteurs, le second moteur est dimensionné pour assurer la montée du robot à pleine charge.

Question 5 . Exprimer le torseur de l'action mécanique du poids, noté $\{T_{\text{poids} \rightarrow 1}\}$, au centre de gravité G de l'ensemble (1) (robot + bac + charge).

Question 6 . En appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'ensemble (1), **déterminer** la force motrice maximale F_m (effort nécessaire à la montée de la charge maximale). **Calculer** sa valeur.

Question 7 . **Calculer** la puissance maximale nécessaire à l'ascension du robot.

Question 8 . À partir du document annexe **DA2**, **choisir et justifier** le moteur répondant à cette exigence de puissance.

IV. POSITIONNEMENT DU ROBOT SUR L'AXE VERTICAL

Objectif : être capable de s'arrêter sur le rail à la position désirée pour saisir le bac

Pour saisir un bac, le robot doit être positionné avec précision avant déploiement de la fourche (voir Figure 10 et

Figure 11) et retrait du bac.

Le robot se positionne de sorte que la fourche soit 10 mm en-dessous de l'équerre sur laquelle repose le bac à retirer.

La fourche se déploie, le robot monte de 30 mm.

La fourche se rétracte avec le bac. Le robot redescend.

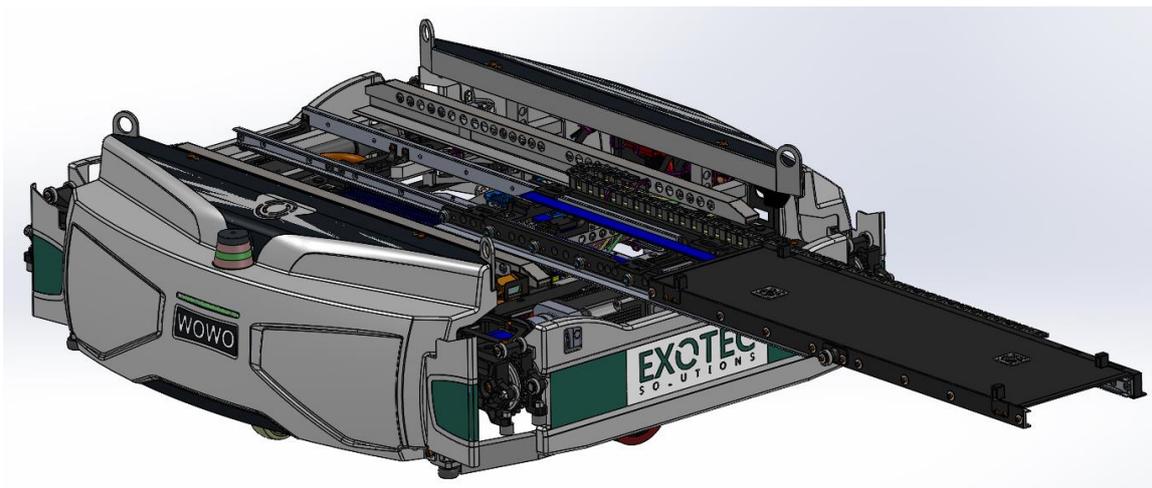


Figure 10 : système de saisie

Pour cette étude, les données et hypothèses retenues sont les suivantes :

- caractéristiques du pignon, module $m = 3,18$ - nombre de dents $Z = 24$ - angle de pression $\alpha = 20^\circ$;
- i – indice de l'emplacement du bac à saisir (étage à atteindre) ;
- capteur inductif, logique positive (PNP), noyable, raccordement par câble ;
- fréquence de rotation du pignon $N = 240 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$;
- la hauteur de sortie de la fourche H_{is} se trouve 10 mm en-dessous de H_i ;
- un signal de sortie commande la marche du moteur ;
- le sens de rotation du moteur vaut 1 pour la montée et 0 pour la descente ;
- les différentes vitesses de déplacement, phases d'accélération et de décélération, ne seront pas prises en compte dans cette partie.

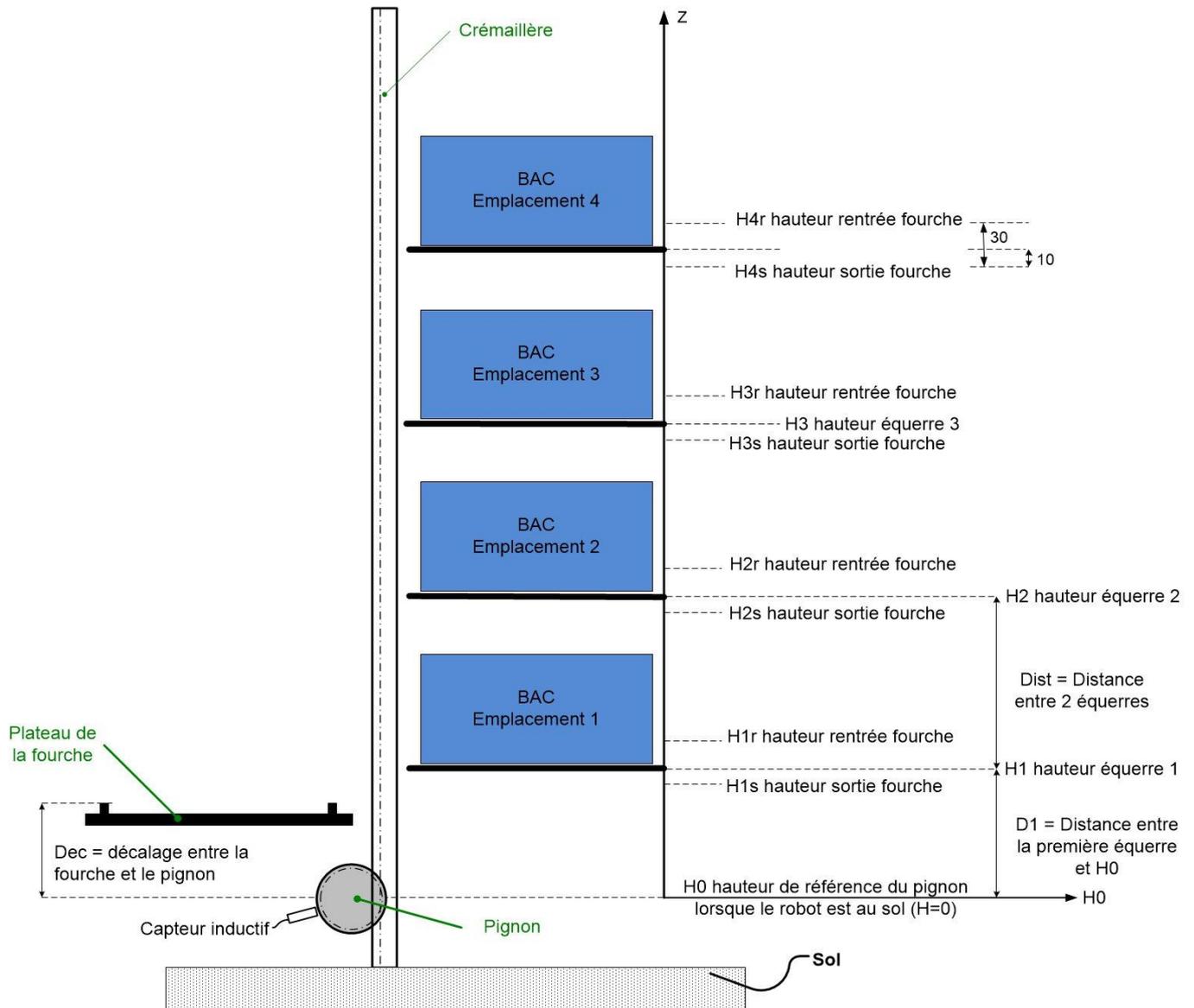


Figure 11 : schéma des positions à atteindre pour la saisie d'un bac

Question 9 . Calculer le pas p du pignon.

Question 10 . Déterminer la hauteur de la traverse H_i en fonction de D_1 , $Dist$ et i . Puis **déterminer** la hauteur H_f que doit atteindre le pignon pour positionner la fourche à H_{is} .

Question 11 . Montrer que $H_f = 9390$ mm pour $i = 24$ sachant que $Dec = 100$ mm, $D_1 = 300$ mm et $Dist = 400$ mm. Est-ce cohérent ?

Question 12 . Déterminer le nombre de dents à compter N_f en fonction de H_f et p .

Un capteur inductif est placé devant la denture (voir

Figure 11 et Figure 12) et génère un signal A qui permet de détecter la présence d'une dent.

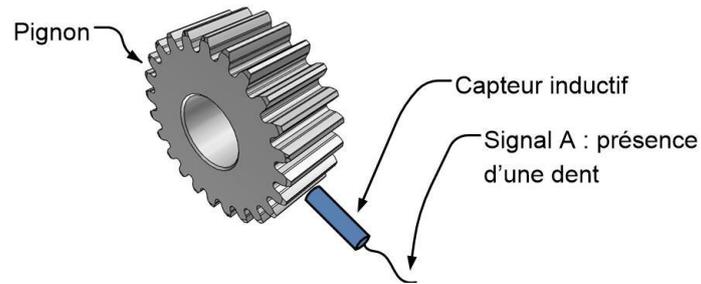


Figure 12 : détection de la présence d'une dent

Question 13 . Compléter l'algorithme sur le document réponse **DR1** décrivant le fonctionnement voulu c'est-à-dire la montée du robot jusqu'à la position de sortie de fourche.

Afin de valider le programme envisagé, une simulation a été réalisée avec le logiciel *Proteus* (voir Figure 13). On y trouve un moteur CC à deux sens de rotation (montée/descente), une carte Arduino Uno (commande), un signal carré de 100 Hz (pour simuler le signal A du capteur inductif) et un écran permettant d'afficher la valeur de consigne *i* (ordre de la supervision).

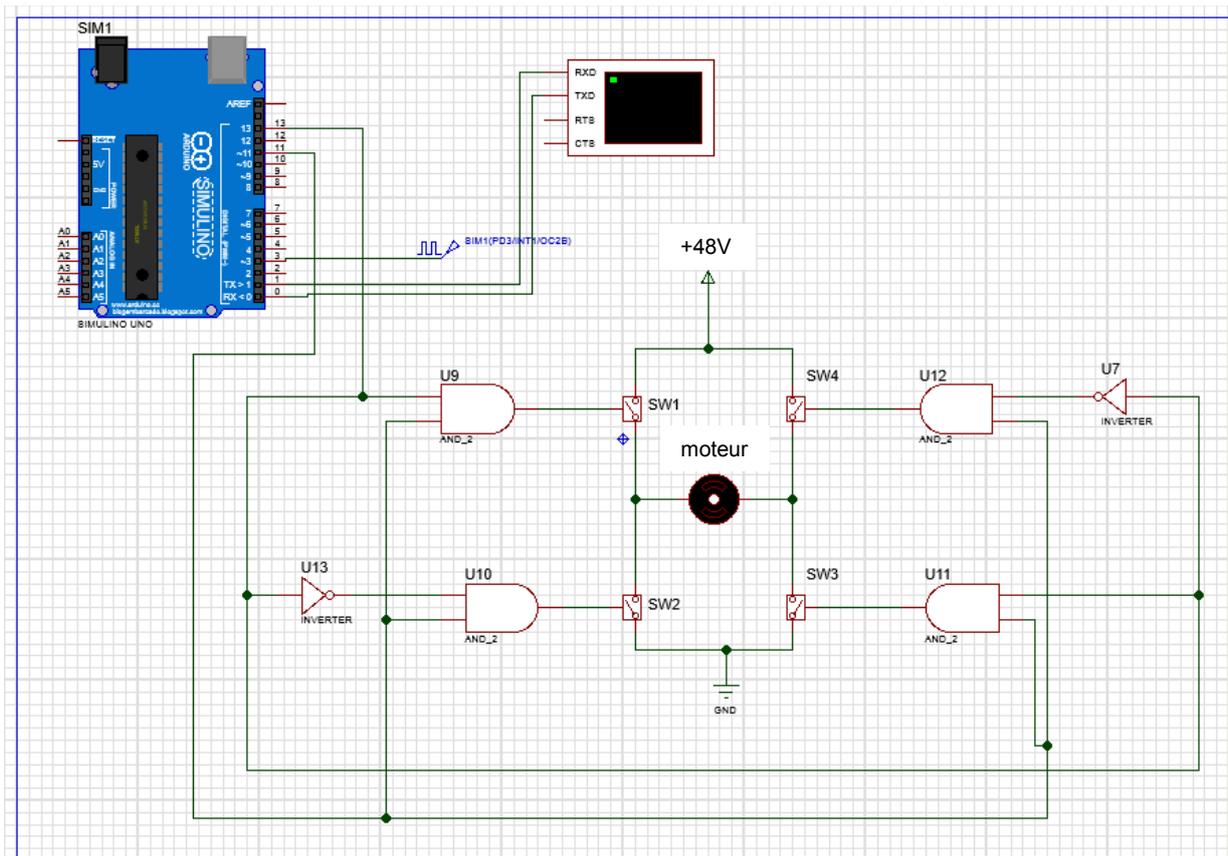


Figure 13 : simulation du programme sous Proteus

Tableau de correspondance :

Variables algorithme	Affectation Arduino
i	etage
Hf	hauteur
C0	compteur
moteur	EnMotPin (marche) SensMotPin (sens)
A	Captind
Nf	...
	...

Question 14 . Compléter sur le document réponse **DR2** (zone en pointillés), le programme noté *position_arret* en langage C de type Arduino à partir des informations contenues dans le document annexe **DA4**. Toute variable supplémentaire devra être justifiée.

On souhaite enfin choisir le capteur inductif capable de délivrer le signal A (présence d'une dent).

Question 15 . Calculer la fréquence du signal A du capteur inductif et à l'aide du document annexe **DA3**. **Donner** la référence du capteur retenu.

V. CARACTÉRISTIQUES DE LA BATTERIE POUR UNE AUTONOMIE OPTIMALE

Objectif : *calculer la capacité de la batterie nécessaire pour que le robot puisse effectuer 160 trajets types*

Le robot dispose d'une batterie conçue sur mesure (compromis masse/puissance) pour alimenter l'ensemble de ses composants et assurer 160 trajets types avant recharge (voir

Figure 14).

Pour cette étude, les données et hypothèses retenues sont les suivantes :

- batterie Li ion de 48 V continu ;
- taux de décharge = 80 % ;
- consommation électrique des composants électroniques (carte de commande, capteur de position, WIFI ...) $I_9 = 1 \text{ A}$ pendant la durée du trajet type ;
- accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- phases d'accélération négligées lors des déplacements du robot ;
- frottements négligés lors de la descente.

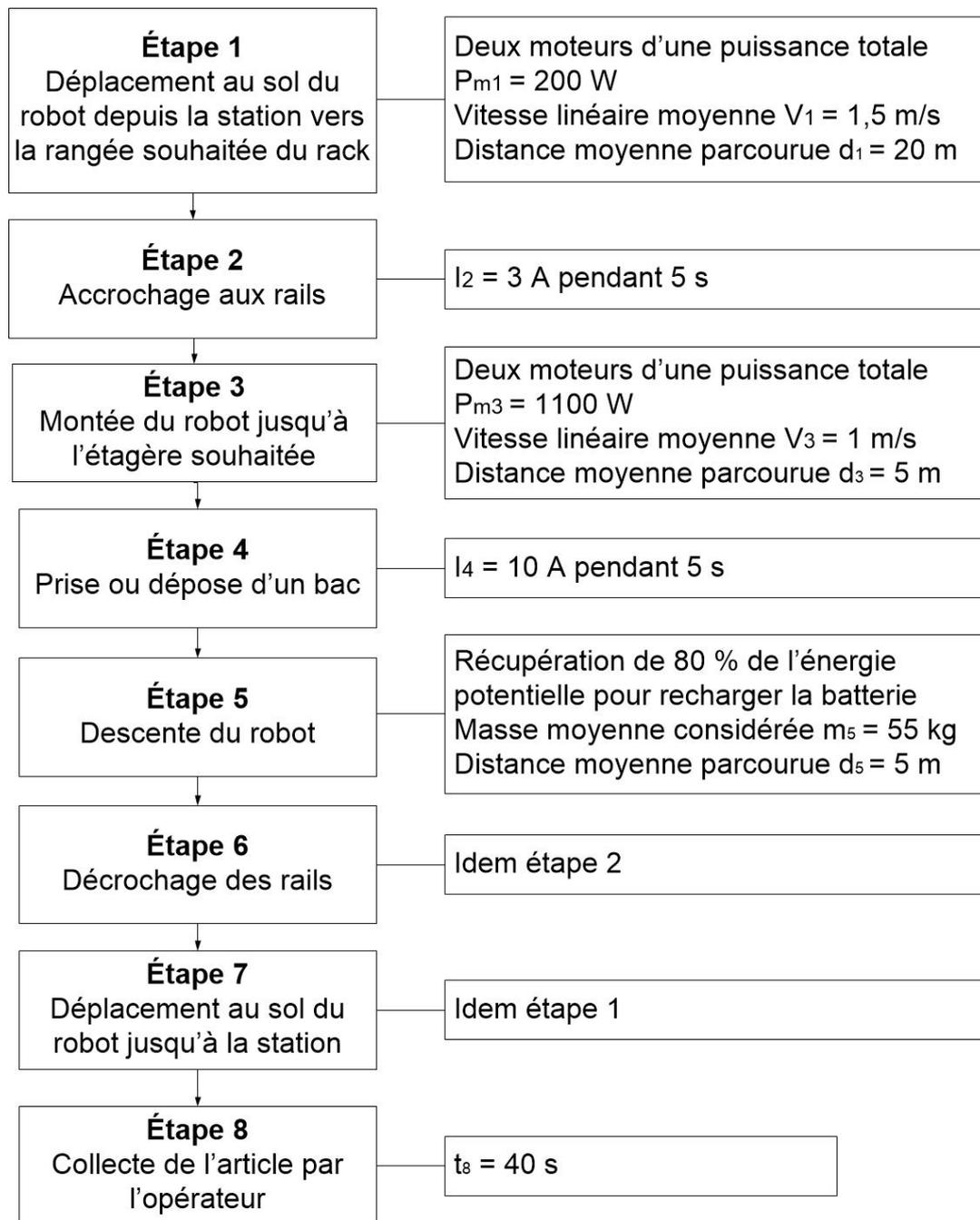


Figure 14 : descriptif des différentes phases d'un trajet type

Question 16 . Calculer l'énergie potentielle récupérée E_p en J puis en $\text{W}\cdot\text{h}$ lors de la descente du robot (étape 5).

Question 17 . Montrer que le temps t_5 est égal à 1 s (temps de descente du robot).

Question 18 . Calculer le temps total t_{trajet} d'un trajet type.

Question 19 . Calculer l'énergie consommée $E_{\text{consommée}}$ par le robot durant un trajet type en J puis en $\text{W}\cdot\text{h}$.

Question 20 . Calculer l'énergie nécessaire $E_{\text{nécessaire}}$ en $\text{W}\cdot\text{h}$ pour réaliser 160 trajets types (en tenant compte du taux de décharge).

Question 21 . Calculer la capacité nécessaire C_b en $\text{A}\cdot\text{h}$ de la batterie.

La batterie est un assemblage de cellules élémentaires dont les caractéristiques sont les suivantes :

- $U = 3,7 \text{ V}$;
- $C = 5,2 \text{ A}\cdot\text{h}$;
- $M_c = 0,092 \text{ Kg}$.

Question 22 . Définir la structure de la batterie. **Calculer** la masse de la batterie ainsi définie. **Conclure** quant au respect de l'exigence " la masse de la batterie doit être inférieure à 5 kg ".

VI. STABILITÉ DU ROBOT LORS DES DÉPLACEMENTS AU SOL

Objectif : vérifier la répartition de la charge sur les quatre roues et leur contact avec le sol dans tous les cas de chargement du Skypod

Le robot Skypod dispose de deux roues motrices et deux roues omnidirectionnelles réparties de façon symétrique (voir Figure 15 et Figure 16) pour effectuer ses déplacements horizontaux et accéder aux stations de préparation de commandes.



Figure 15 : robot sur ses quatre roues

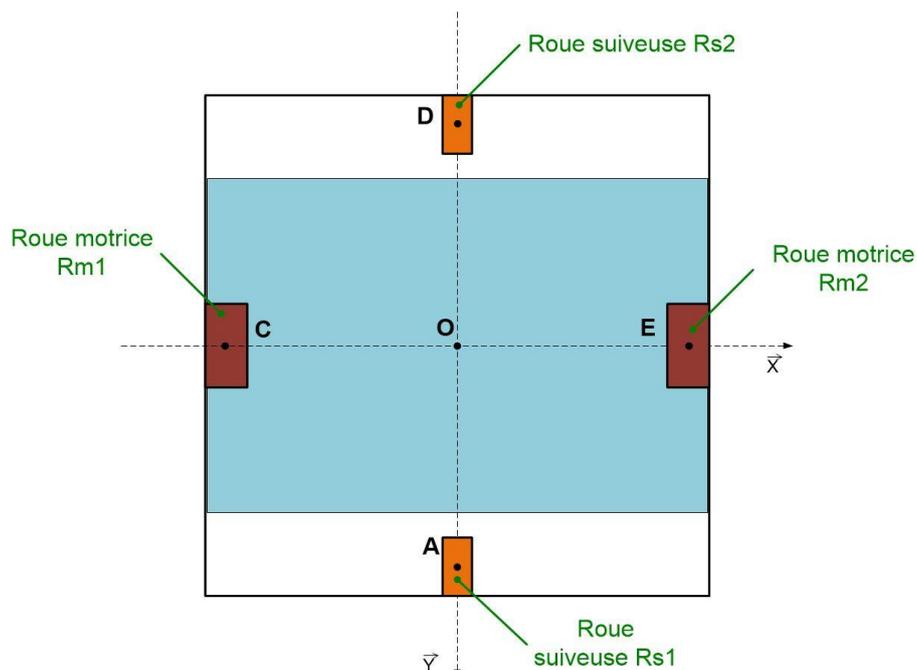


Figure 16 : vue de dessus du robot

Le support de roues embarquant la charge totale c'est-à-dire le poids du robot lui-même, le poids du bac ainsi que le poids du chargement, est constitué de trois éléments (1, 2 et 3) comme le montre la Figure 17. La solution retenue doit permettre d'assurer l'appui au sol des quatre roues quelle que soit la situation.

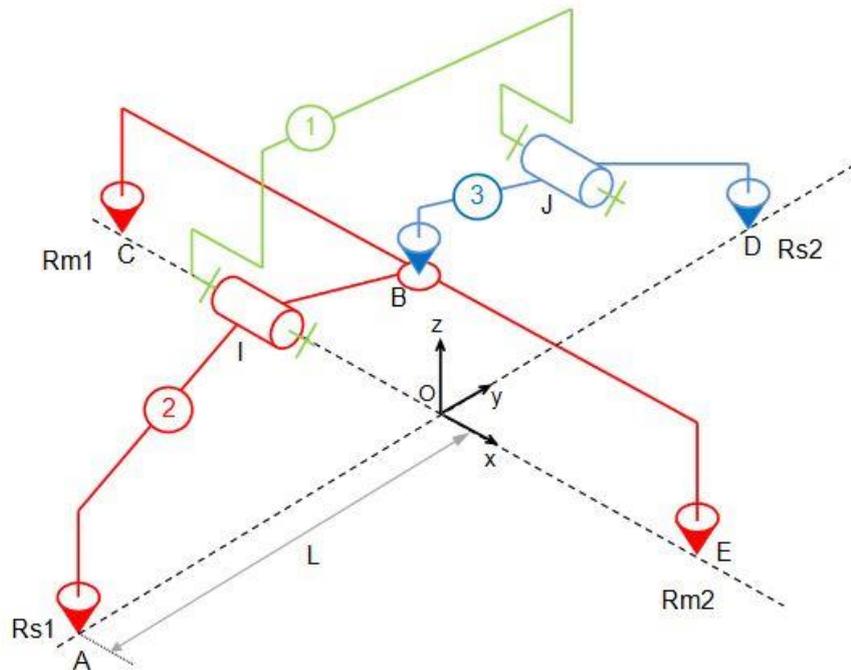


Figure 17 : schéma de cinématique 3D du support de roues

Le système étant symétrique, on ramène cette étude à un problème plan comme illustré par la Figure 18.

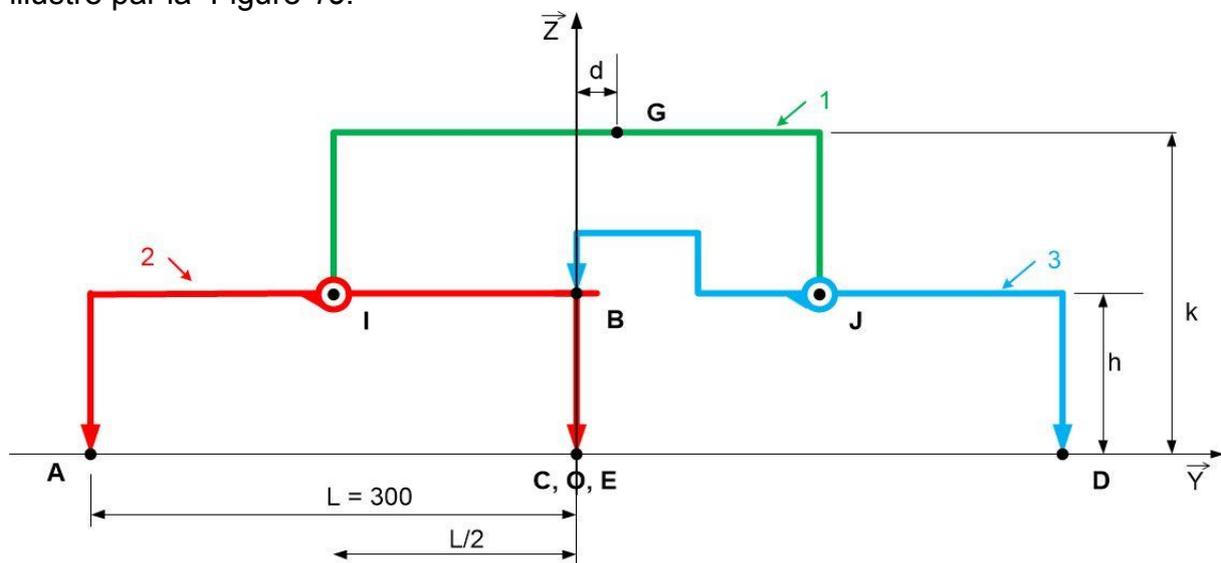


Figure 18 : schéma cinématique du support de roues

Une première étude, avec une charge maximale placée au centre du robot ($d = 0$), a permis de démontrer une répartition de la charge identique sur chacune des roues c'est-à-dire que chaque roue supporte un quart de la charge totale (voir Figure 19).

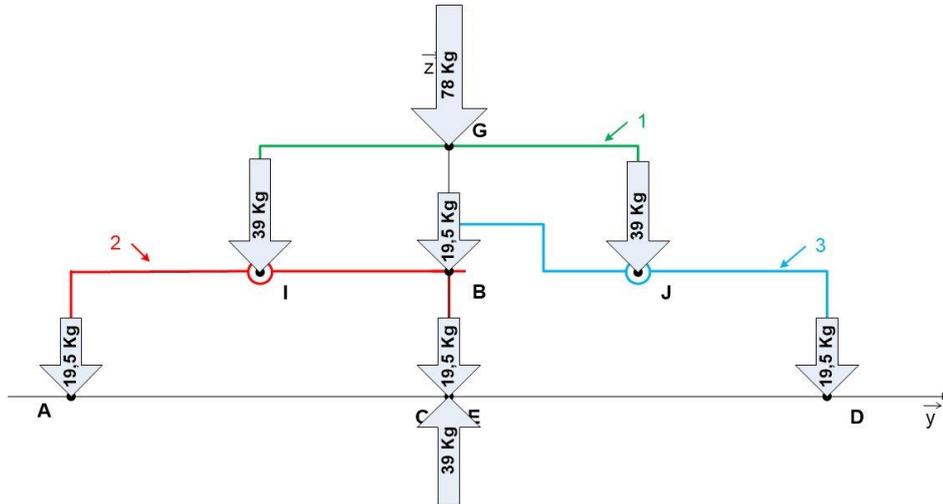


Figure 19 : répartition avec charge centrée

On se propose de vérifier que chaque roue appuie bien sur le sol, avec une charge décalée de la distance d du centre du robot par rapport à l'axe \vec{y} (voir Figure 18) lors d'un déplacement horizontal à vitesse constante.

Pour cette étude, les données et hypothèses retenues sont les suivantes :

- le repère $R_0 (O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ est supposé galiléen ;
- les liaisons sont considérées comme parfaites ;
- masse totale de l'ensemble (robot, bac et chargement) $m = 78 \text{ kg}$;
- accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ et $\vec{g} = -g \vec{z}$.

A – On isole 1

Les torseurs mis en jeu sont :

$$\{T_{2 \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_i & 0 \\ Z_i & 0 \end{Bmatrix}_I \quad \{T_{3 \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_j & 0 \\ Z_j & 0 \end{Bmatrix}_J \quad \{T_{\text{poids} \rightarrow 1}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -m g & 0 \end{Bmatrix}_G$$

L'étude menée nous donne les trois équations suivantes :

$$\begin{cases} Y_i + Y_j = 0 \\ Z_i = mg \left(\frac{1}{2} + \frac{d}{L} \right) \\ Z_j = mg \left(\frac{1}{2} - \frac{d}{L} \right) \end{cases}$$

B – On isole 3

Les torseurs mis en jeu sont :

$$\{T_{1 \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} 0 & (-\frac{L}{2} Z_j + h Y_j) \\ -Y_j & 0 \\ -Z_j & 0 \end{Bmatrix}_O \quad \{T_{2 \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_b & 0 \end{Bmatrix}_B \quad \{T_{\text{sol} \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_d & 0 \end{Bmatrix}_D$$

L'étude menée nous donne les trois équations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_i = Y_j = 0 \\ Z_b = Z_d = \frac{1}{2} mg \left(\frac{1}{2} - \frac{d}{L} \right) \\ Z_d = \frac{1}{2} mg \left(\frac{1}{2} - \frac{d}{L} \right) \end{array} \right\}$$

C – On isole 2

Question 23 . Écrire les actions mécaniques $\{T_{1 \rightarrow 2}\}$ en I , $\{T_{3 \rightarrow 2}\}$ en B , $\{T_{solA \rightarrow 2}\}$ en A et $\{T_{solCE \rightarrow 2}\}$ en O.

Question 24 . Appliquer le principe fondamental de la statique au point O. **Écrire** le système d'équations puis **déterminer** en particulier, les composantes sur l'axe \vec{z} de la résultante.

Question 25 . Calculer les forces appliquées sur chacune des roues pour $d = 100$ mm. **Conclure** quant au maintien du contact des roues avec le sol et à la répartition de la charge sur les quatre roues.

VII. DÉFORMATION DE LA FOURCHE

Objectif : vérifier la déformation totale en bout de fourche télescopique

Lors de la sortie d'un bac du stock, une fois le robot arrivé en position de prise, la fourche (voir Figure 10) sort entre le bac inférieur et le bac à extraire, monte de 30 mm puis revient dans sa position initiale (voir Figure 20).

La déformation totale à l'extrémité de la fourche ne doit pas dépasser 20 mm pour assurer le retrait du bac et éviter toute collision avec l'étagère lors de l'extraction (rentrée de la fourche télescopique).

Cette exigence s'applique également lors du dépôt d'un bac dans le stock.

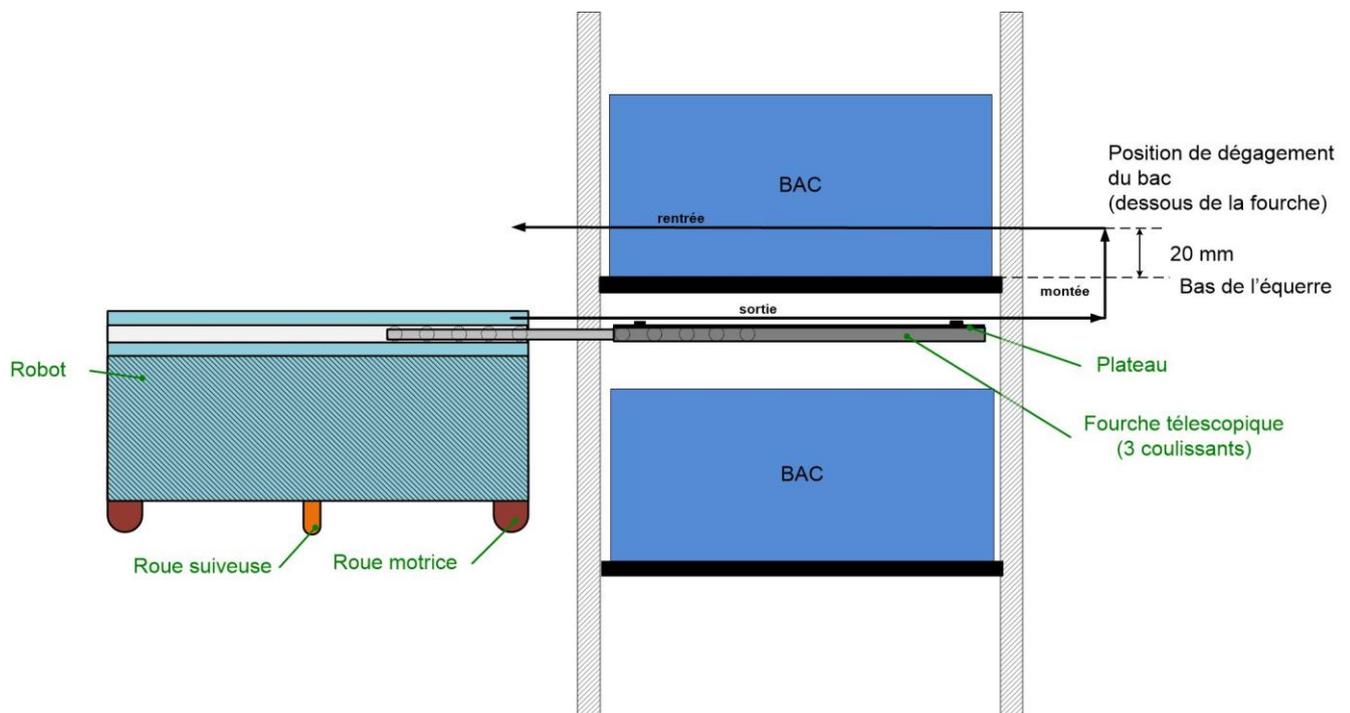


Figure 20 : principe de saisie d'un bac

La fourche est composée de deux glissières télescopiques (voir Figure 21) à grande extension identiques. Les coulissants 1 sont fixés au robot. Un plateau servant à la saisie des bacs est fixé entre les deux coulissants 3 des deux glissières (droite et gauche).

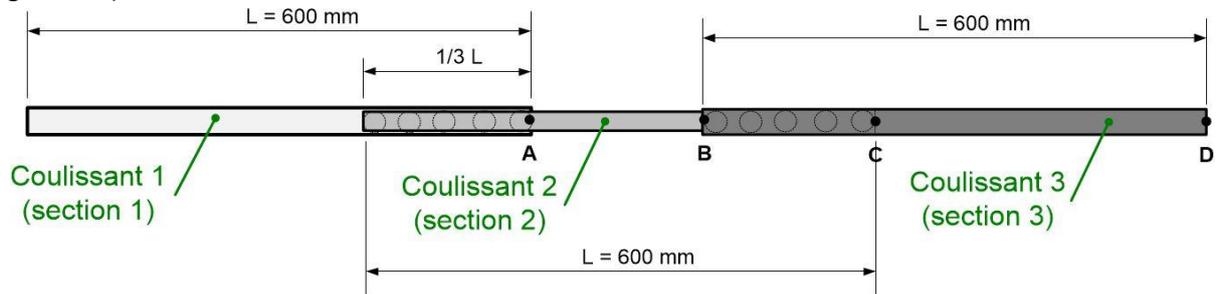


Figure 21 : glissière télescopique déployée

On se propose d'étudier la glissière de gauche (voir Figure 22).

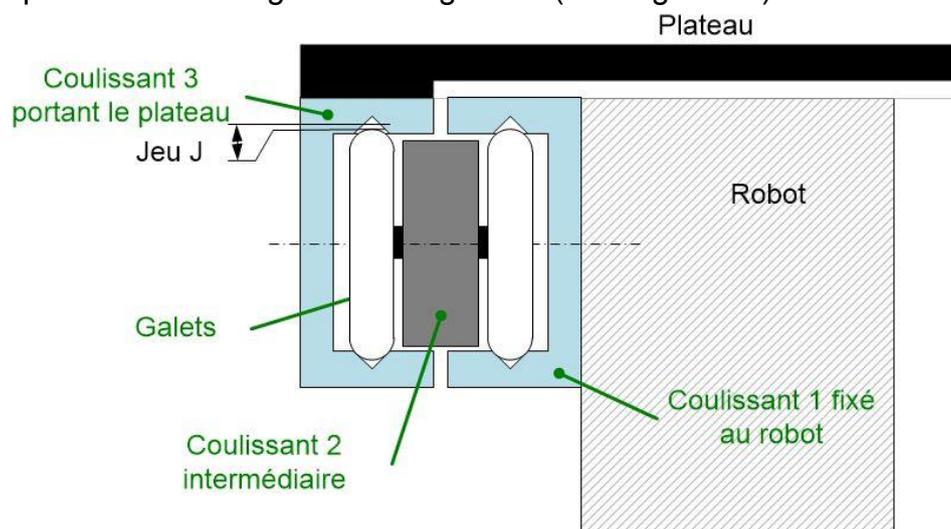


Figure 22 : montage de la glissière de gauche

Pour cette étude, les données et hypothèses retenues sont les suivantes :

- masse du bac chargé = 33 kg ;
- masse propre d'une glissière (avec un demi plateau) = 1 kg ;
- module d'Young $E = 74\,000\text{ MPa}$ (alliage d'aluminium 2017A)
- le plateau ne se déforme pas ;
- le coulissant 1 est monté encastré sur le robot, il est donc indéformable ;
- tous les coulissants ont une longueur L ;
- les sections 1 et 3 de forme en U sont identiques ;
- la section 2 est rectangulaire ;
- la course de sortie d'un coulissant est égale à $2/3$ de la longueur L ;
- dans le cas d'une charge centrée, chaque glissière supporte 50% de la charge totale ;
- dans le cas d'une charge non centrée, une glissière peut supporter jusqu'à 65 % de la charge totale ;
- le plan (O, \vec{x}, \vec{z}) est plan de symétrie du système ;
- le jeu entre deux coulissants est égal à 0,1 mm (voir Figure 22 et Figure 23).

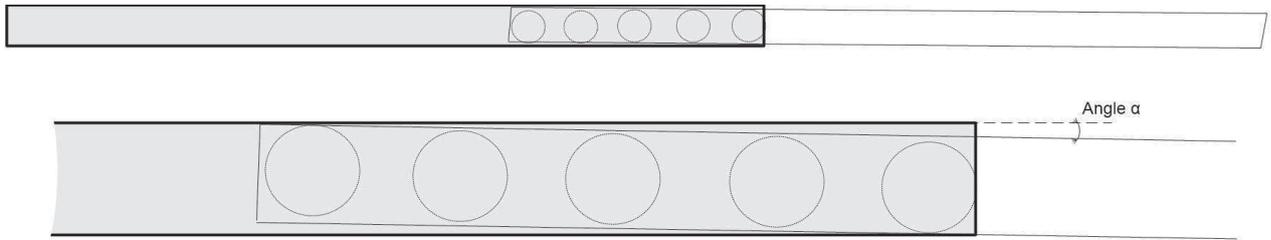


Figure 23 : jeu entre deux coulissants (1 et 2)

Question 26 . Représenter sur un schéma explicatif le jeu total J_{total} en bout de fourche. **Déterminer** sa valeur.

On étudie maintenant la flèche d'une glissière en bout de fourche dans le cas le plus défavorable. L'effort \vec{P}_{b-f} est vertical et prend en compte le bac chargé et la masse propre de la glissière (voir Figure 24).

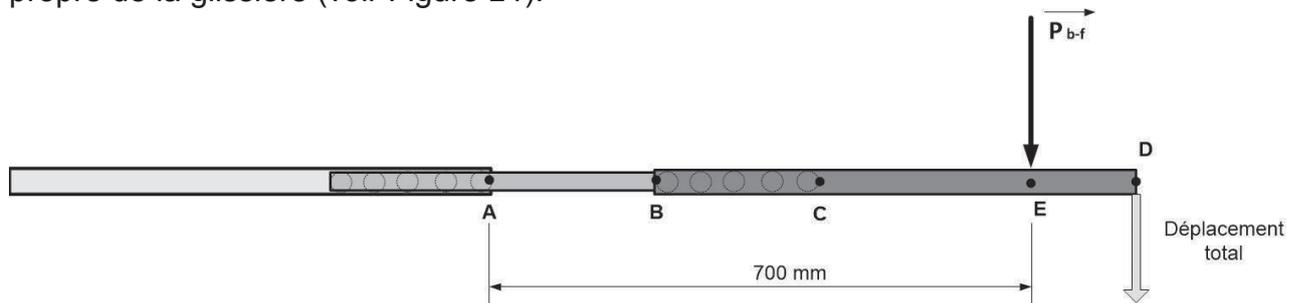


Figure 24 : effort appliqué sur la glissière (cas défavorable)

Question 27 . Calculer l'effort \vec{P}_{b-f} appliqué sur la glissière de gauche dans le cas le plus défavorable.

Question 28 . À l'aide du document annexe **DA5**, **déterminer** la flèche totale f_{totale} en bout de fourche.

Question 29 . Calculer le déplacement total D_{total} en bout de fourche. **Conclure** quant au respect de non-collision lors de l'extraction d'un bac.

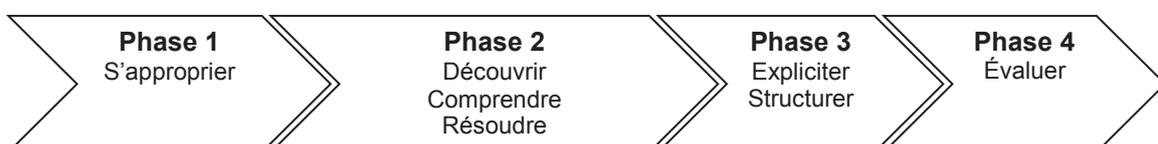
VIII. CONCLUSION ET SYNTHÈSE

Question 30 . Conclure quant à la possibilité d'installer un tel système dans un entrepôt existant et d'assurer les préparations de commandes demandées.

IX. PARTIE PÉDAGOGIQUE

Préparation d'une séquence pédagogique

Quel que soit le niveau de classe pris en charge, l'élaboration d'une séquence pédagogique doit s'intégrer dans une progression des apprentissages qu'il convient de positionner dans le cycle de formation de l'élève. Au cours de cette phase de préparation, à partir de l'objectif pédagogique qu'il s'est fixé, l'enseignant structure la séquence selon les phases du diagramme ci-dessous.



Question 31 - À partir de l'exemple de séquence pédagogique du document annexe **DA6**, compléter le document réponse **DR3**, en précisant, pour chacune des étapes, les éléments que doit définir l'enseignant lors de sa préparation.

Mise en œuvre d'une séquence pédagogique

Dans la séquence pédagogique proposée dans le document annexe **DA6**, l'intention pédagogique de l'enseignant est de faire acquérir aux élèves des compétences en lien avec l'expression du besoin et la démarche d'élaboration d'une solution en réponse à un besoin.

Mise en contexte :

- le laboratoire de technologie est organisé en 8 îlots pédagogiques disposant chacun d'un ordinateur avec les principaux outils bureautiques et de création 3D ;
- chaque îlot dispose d'un robot programmable avec un jeu de capteurs (capteur de ligne, capteur ultrasons, capteur infra rouge) ;
- dans le FabLab commun aux deux laboratoires de l'établissement les outils de prototypage classiques sont disponibles (imprimante 3D, plieuse, machine d'usinage pour matériau tendre) ;
- la séance dure 55 min – l'effectif est de 26 élèves.

Question 32 - Dans le document réponse **DR4**, proposer une situation déclenchante en relation avec le support étudié dans la première partie l'épreuve, le robot Skypod. **Décrire** le déroulement de la phase d'appropriation, pour aboutir à la formalisation de la situation problème de la séance 1 rédigée dans la colonne questionnement de la fiche pédagogique de séquence du document annexe **DA6**. **Préciser** la principale compétence travaillée lors de la séance 1.

Question 33 - Dans la classe prise en charge, le niveau des élèves est hétérogène. Ils se répartissent en 9 élèves plutôt moteurs, 10 élèves moyens et 7 élèves en difficulté. Pour mettre en œuvre la séance 2 décrite dans le document de l'annexe **DA6**, à partir des pistes mentionnées dans le document de l'annexe **DA7**, proposer et **décrire** dans le document réponse **DR4**, deux actions pour prendre en compte les différents profils d'élèves de la classe.

Question 34 – À partir de la proposition formulée pour la séance 2 de la fiche pédagogique de séquence du document annexe **DA6**, proposer le déroulement de la séance 3 en complétant le Document **DR5**.

Démarches pédagogiques

Dans la série technologique STI2D et dans la spécialité de sciences de l'ingénieur de la série générale, les démarches et la didactique de la discipline s'inscrivent dans la continuité du programme de Technologie du collège. Dans le programme de STI2D mis en œuvre depuis la rentrée 2019, les modalités d'enseignement sont décrites dans l'extrait ci-dessous :

« Des particularités pédagogiques perdurent : un équilibre entre abstraction et concrétisation, analyse et action, théorie et confrontation avec le réel, indispensable à toute une catégorie d'élèves qui repoussent le choix d'une formation

professionnelle, mais qui sont davantage sensibles à des approches concrètes. À partir de produits réels et contemporains, les modalités d'enseignement privilégient les **démarches actives** : activités pratiques d'expérimentation, de simulation et d'analyse de produits réels et actuels, ainsi que le projet. Ce dernier, qui permet de synthétiser les activités et de favoriser la collaboration entre élèves, n'est pas seulement support à des situations d'application, mais constitue tout d'abord un temps d'apprentissage. (...). Pour les élèves, le projet, dans le cadre de ce programme, est un élément essentiel aux démarches d'investigation et de résolution de problème. Il conforte l'acquisition du corpus de connaissances générales et techniques, indispensable à la poursuite d'études notamment. »

Composantes essentielles du projet, les démarches d'investigation et de résolution de problème doivent être mobilisées dans les activités proposées aux élèves dans les enseignements de sciences de l'ingénieur en STI2D mais également en Technologie au collège et dans l'enseignement de spécialité de sciences de l'ingénieur de la série générale.

Question 35 - Expliciter dans le document réponse **DR6** ce qui caractérise les démarches d'investigation et de résolution de problème en termes d'objectif, d'activités et de supports mobilisables.

On se place maintenant dans la cadre de l'enseignement Innovation et Développement Durable en STI2D.

Dans la séance envisagée, les connaissances travaillées sont en lien avec l'approche comportementale des produits et en particulier le comportement mécanique des produits.

3 – Approche comportementale des produits

3-2 – Comportement mécanique des produits

3.2.3.1	Résistance à la rupture, résistance à la déformation. Résistance des matériaux : hypothèses et modèle poutre ; notion de contrainte normale ; pour une sollicitation de traction simple, notion de déformation et loi de Hooke ; module d'Young ; limite élastique ; sollicitation simple de type traction, compression, flexion simple. Simulations par éléments finis.
---------	--

Objectif de formation

O6 – Préparer une simulation et exploiter les résultats pour prédire un fonctionnement, valider une performance ou une solution

Compétence travaillée

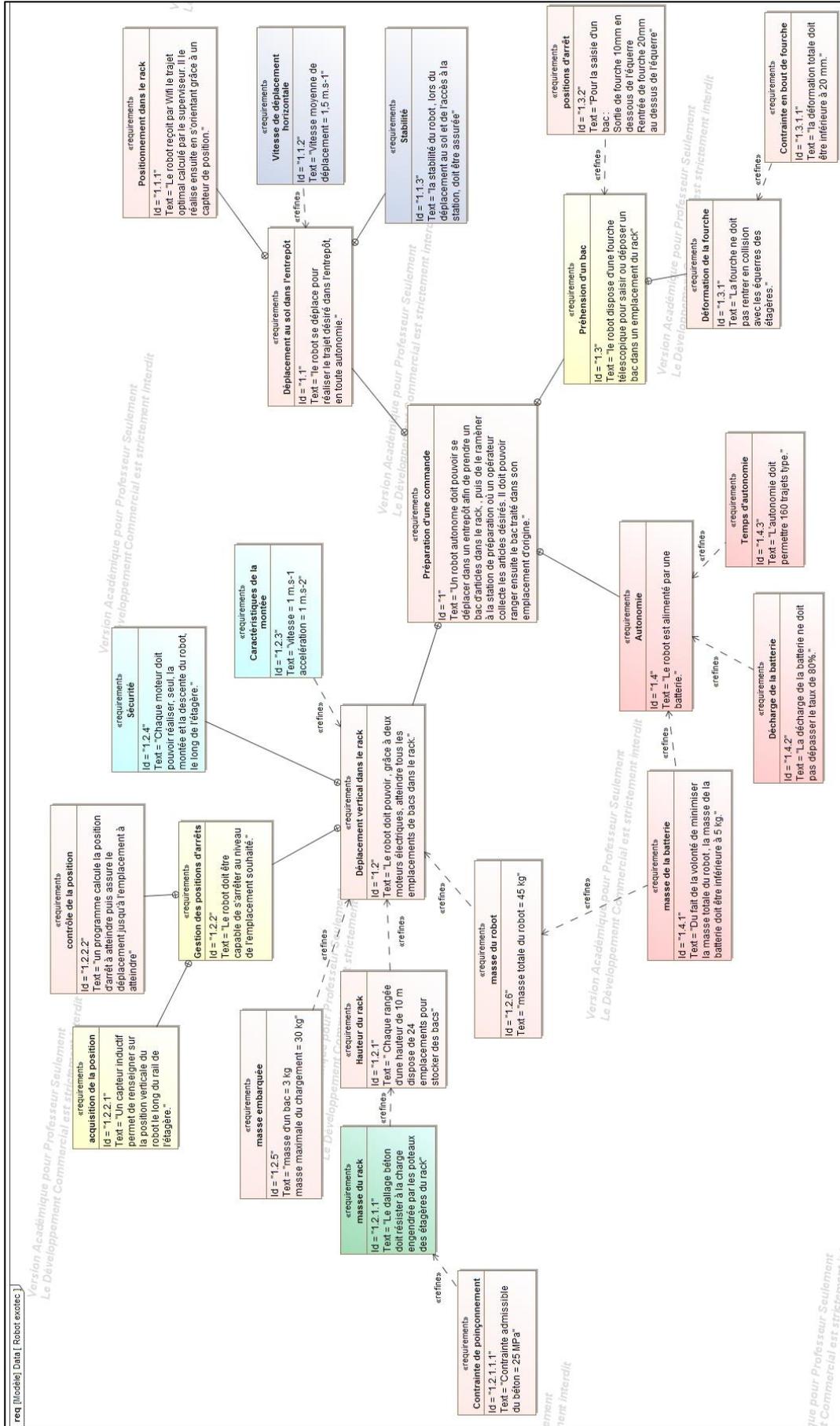
CO6.3	Évaluer un écart entre le comportement du réel et les résultats fournis par le modèle en fonction des paramètres proposés, conclure sur la validité du modèle
--------------	---

Question 36 - A partir de l'étude proposée dans la partie « VII – Déformation de la fourche » de la première partie du sujet, **décrire** dans le document réponse **DR6** une activité pratique d'expérimentation qui permet de répondre à l'objectif : « Vérifier la déformation totale en bout de fourche télescopique ».

Documents annexes



Document annexe DA1 : diagramme des exigences partiel de la solution Exotec



Document annexe DA2 : documentation constructeur du MOVINOR servo moteur basse tension

De par leur puissance supérieure, leur excellente capacité d'accélération, leur compacité et leur légèreté, les moteurs de la gamme sont particulièrement indiqués pour les applications embarquées à haute dynamique en association avec la gamme de servo-variateurs INFRANOR XtrapulsEasy 60VDC.

Données techniques

Type	Bobinage B (48VDC)				Longueur K	
	Couple nominal	Vitesse nominale	Courant nominal	Vitesse maximale	sans frein	avec frein
	M_{nom}	n_{nom}	I_{nom}	n_{max}		
	[Nm]	[t/min]	[Arms]	@48VDC [t/min]	[mm]	[mm]
LT037-1-B	0.10	4 000	2.10	9 430	81	111
LT037-2-B	0.20	4 000	3.20	7 410	96	126
LT037-3-B	0.29	4 000	3.80	6 200	111	141
LT055-1-B	0.19	3 000	3.20	7 530	98	131
LT055-2-B	0.38	3 000	4.30	5 310	113	146
LT055-3-B	0.57	3 000	6.20	5 170	128	161
LT055-4-B	0.76	3 000	6.90	4 280	143	176
LT088-1-B	0.60	3 000	7.00	5 370	109	142
LT088-2-B	1.15	3 000	9.90	3 980	127	160
LT088-3-B	2.20	3 000	14.50	3 410	163	196
LT088-4-B	2.50	3 000	22.40	4 240	181	214
LT098-1-B	2.30	3 000	18.40	3 660	146	178
LT098-2-B	4.60	3 000	34.00	3 480	176	208
LN055-1-B	0.26	3 000	3.50	6 520	67	105
LN055-2-B	0.51	3 000	6.00	5 930	82	120
LN055-3-B	0.71	3 000	7.70	5 390	97	135
LN055-4-B	0.91	3 000	7.30	4 180	112	150
LN086-1-B	1.13	3 000	12.90	5 450	82	120

Document annexe DA3 : documentation constructeur du capteur inductif

IMT 12-4
Capteur inductif



Distance de détection	Modèle	Sortie de commutation	Fréquence de commutation f (ti/tp 1:1)	Type de raccordement	Réf. produit	N° article
4 mm	noyable	PNP	≤ 1000 Hz	Connecteur, M12x1, 3 pôles ⁶	IMT 12-4B-PS-L4	697-01050
4 mm	noyable	NPN	≤ 800 Hz	Connecteur, M12x1, 3 pôles ⁶	IMT 12-4B-NS-L4	697-01051
4 mm	noyable	PNP	≤ 1000 Hz	Câble, 2 m, 3 fils	IMT 12-4B-PS-K3	697-01048
4 mm	noyable	NPN	≤ 800 Hz	Câble, 2 m, 3 fils	IMT 12-4B-NS-K3	697-01049
4 mm	non noyable	PNP	≤ 1200 Hz	Connecteur, M12x1, 3 pôles ⁶	IMT 12-4N-PS-L4	697-01023
4 mm	non noyable	NPN	≤ 1200 Hz	Connecteur, M12x1, 3 pôles ⁶	IMT 12-4N-NS-L4	697-01022
4 mm	non noyable	PNP	≤ 1200 Hz	Câble, 2 m, 3 fils	IMT 12-4N-PS-K3	697-01021
4 mm	non noyable	NPN	≤ 1200 Hz	Câble, 2 m, 3 fils	IMT 12-4N-NS-K3	697-01020

Document annexe DA4 (3 pages) : éléments de syntaxe du langage C sous Arduino

Structure générale

- void setup() (configuration-préparation)
- void loop() (exécution)

Opérations de comparaison

- == (équivalent à)
- != (différent de)
- < (inférieur à)
- > (supérieur à)
- <= (inférieur ou égal à)
- >= (supérieur ou égal à)

Opérations booléennes

- && (et)
- || (ou)
- ! (et pas)

Autres commandes

- // (commentaire simple ligne)
- /* */ (commentaire multi-lignes)

Variables

- char (variable 'caractère')
- int (variable 'nombre entier')
- long (variable 'nombre entier de grande taille')
- string (variable 'chaîne de caractères')
- array (tableau de variables)
- byte (variable 'octet')

Niveaux logiques des connecteurs numériques

- HIGH (état 1)
- LOW (état 0)
- INPUT (configuré en entrée)
- OUTPUT (configuré en sortie)

Entrées-sorties numériques

- pinMode(broche, état) (configuration des broches)
- digitalWrite(broche, état) (écrire un état sur une broche num)
- digitalRead(broche) (lire un état sur une broche num)

Gestion du temps

- delay(ms) (attente, en millisecondes)
- delayMicroseconds(us) (attente, en microsecondes)

Communications série entre Arduino et autres machines ou ordinateur

- Serial.begin(speed) (configuration de la vitesse de communication Série)
- Serial.available() (indique le nombre de caractères disponibles dans la zone tampon Série)
- Serial.read() (lit les données Série)
- Serial.print(data) (transmission des données Série)
- Serial.println(data) (transmission des données Série suivie d'un retour à la ligne)

Contrôle et conditions

- if (si...)
- if...else (si...alors...)
- for (pour...)
- switch case (dans le cas où...)
- while (pendant que ...)

Boucle while	Exemple
<pre>while (/*condition à tester*/) { // instructions }</pre>	<pre>int compteur = 0 ; while (compteur != 5) { Compteur++ ; }</pre>

Structure if ... else	Exemple
<pre>if (/*condition à tester*/) { // instructions A } else { // instructions B }</pre>	<pre>if (temperature >= 70) { //Danger! Shut down the system } else { //Safe! Continue usual tasks... }</pre>

La gestion d'une fonction

Lorsque l'on programme une carte Arduino, on va écrire notre programme dans des fonctions. Une fonction est un programme qui permet de réaliser une tâche bien précise.

On ne peut pas écrire un programme sans mettre de fonctions à l'intérieur ! On est obligé d'utiliser la fonction `setup ()` et `loop ()` (même si on ne met rien dedans).

Une fonction de type `void` ne retourne pas de valeur, c'est donc une procédure.

Fonction VOID	Exemple
<pre>void nom_de_la_fonction() { // instruction }</pre>	

Fonctions particulières liées aux interruptions externes

Seules les broches 2 et 3 sont utilisés pour les interruptions.

attachInterrupt (interruption, fonction, mode) ;

Active la lecture d'une broche attachée à une interruption.

Paramètres

interruption : numéro de l'interruption (type int)

fonction: fonction à appeler quand l'interruption survient; la fonction doit recevoir aucun paramètres et ne renvoie rien. Cette fonction est également appelée une routine de service d'interruption (ou ISR).

mode : définit la façon dont l'interruption externe doit être prise en compte. Quatre constantes ont des valeurs prédéfinies valables :

- **LOW** : pour déclenchement de l'interruption lorsque la broche est au niveau BAS
- **CHANGE** : pour déclenchement de l'interruption lorsque la broche change d'état BAS/HAUT
- **RISING** : pour déclenchement de l'interruption lorsque la broche passe de l'état BAS vers HAUT (front montant)
- **FALLING** : pour déclenchement de l'interruption lorsque la broche passe de l'état HAUT vers l'état BAS (front descendant)

```
const byte ledPin = 13;  
const byte interruptPin = 2;  
volatile byte state = LOW;
```

```
void setup() {  
  pinMode(ledPin, OUTPUT);  
  pinMode(interruptPin, INPUT);  
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), inter, CHANGE);  
}
```

```
void loop() {  
  digitalWrite(ledPin, state);  
}
```

```
void inter() {  
  state = !state;  
}
```

detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin));

Désactive la lecture d'une broche attachée à une interruption

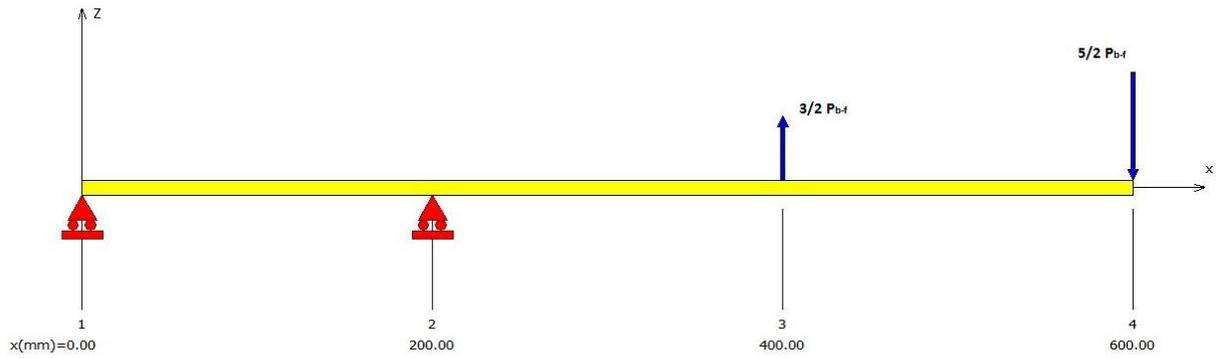
Interrupt() ;

Active les interruptions dans le programme principal.

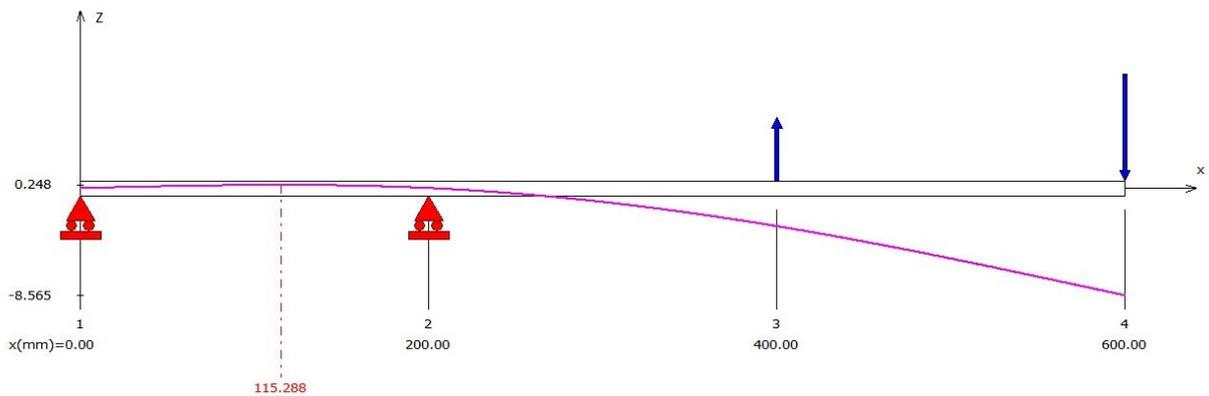
Les interruptions permettent à certaines tâches importantes de se produire en arrière-plan et sont activées par défaut. Sans cela la communication entrante peut être ignorée.

Document annexe DA5 : étude de la flexion des coulissants

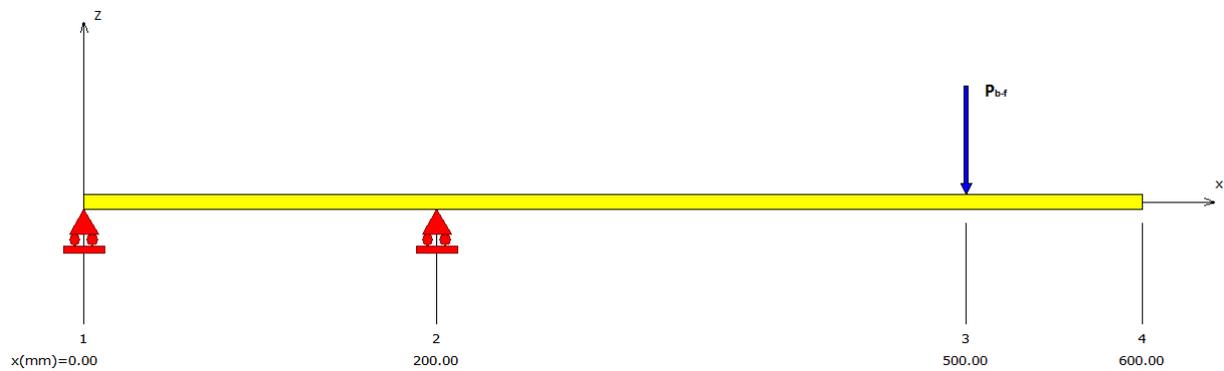
Étude du coulissant 2



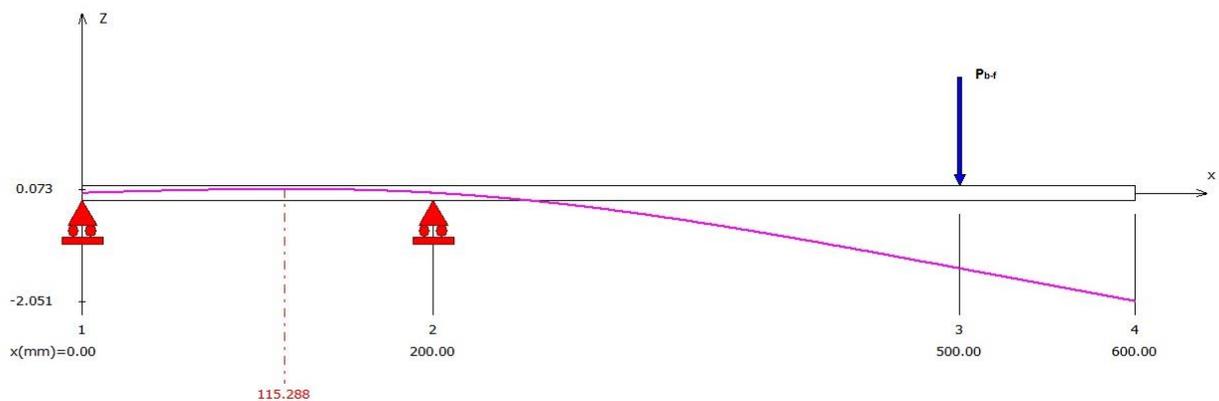
Flèche [mm]



Étude du coulissant 3



Flèche [mm]



Document annexe DA6 : Fiche pédagogique de séquence de Technologie

Cycle 4 – S5	FICHE PÉDAGOGIQUE DE SÉQUENCE <i>Pôle des Sciences et de la Technologie au collège</i>	ACADEMIE De x
<i>THEME DE SEQUENCE</i> Se déplacer sur terre, air, mer	<i>PROBLEMATIQUE</i> Comment rendre un véhicule autonome ?	
<i>OBJET OU SYSTEME TECHNIQUE</i> Robot Mbot suiveur de ligne	<i>POSITIONNEMENT SUR LE CYCLE</i>	
	<i>DEBUT DE CYCLE</i>	<i>FIN DE CYCLE</i>
	X	

Compétences Travaillées (CT)	Compétences associées (CA)	Connaissances (CO)
CT2.5 Imaginer des solutions en réponse au besoin.	DIC1.5 Imaginer des solutions pour produire des objets et des éléments de programmes informatiques en réponse au besoin.	Design. Innovation et créativité. Veille. Représentation de solutions (croquis, schémas, algorithmes). Réalité augmentée. Objets connectés.
CT2.4 Associer des solutions techniques à des fonctions.	MSOST.1.2 Associer des solutions techniques à des fonctions.	Analyse fonctionnelle systémique
CT3.1 Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux (représentations non normées).	OTSCIS.2.1 Exprimer sa pensée à l'aide d'outils de description adaptés : croquis, schémas, graphes, diagrammes, tableaux.	Croquis à main levée. Différents schémas. Carte heuristique. Notion d'algorithme.
CT2.6 Réaliser de manière collaborative, le prototype de tout ou partie d'un objet pour valider une solution.	DIC.2.1 Réaliser, de manière collaborative, le prototype d'un objet pour valider une solution. MSOST.1.1 : Respecter une procédure de travail garantissant un résultat en respectant les règles de sécurité et d'utilisation des outils mis à disposition.	Prototypage rapide de structures et de circuits de commande à partir de cartes standard. Procédures, protocoles. Ergonomie.

Prérequis des élèves

Connaissance des outils d'analyse systémique du besoin.

Présentation de la séquence

Cette séquence a pour objectif la recherche et la formalisation d'une solution technique qui doit contribuer à rendre autonome un robot convoyeur dans une infrastructure existante. La solution technique envisagée est prototypée avec un outil de simulation puis réalisée en réponse aux critères de performance du cahier des charges construit par les élèves en fonction du besoin du client.
Besoin : le client souhaite équiper le robot convoyeur de détecteurs pour intégrer ultérieurement dans le programme un protocole d'évitement d'obstacle.

Situation déclenchante	Éléments de la synthèse
Objet de la question 32	Le cahier des charges Les outils d'analyse systémique – Diagramme FAST Les outils de prototypage
Liens avec les autres disciplines, EPI ou parcours (C4)	Modalités d'évaluation
ASSR2, Sciences physiques, EPI, Parcours éducatif de santé	Formative : être capable de compléter le diagramme FAST Sommativ : savoir caractériser un outil de prototypage – par formage, enlèvement ou ajout de matière.

Déroulement de la séquence					
	Questionnement	Démarche Pédagogique	Activités	Ressources – Matériels	Conclusion - Bilan
Séance 1	Quelles solutions techniques peut-on mettre en œuvre pour éviter un obstacle ?	Investigation	Rechercher de solutions techniques existantes. Analyser une partie du fonctionnement d'un véhicule autonome.	Pré-requis : classe inversée avec parcours numérique sur ENT. Postes informatiques. Documents ressources.	Proposition de solutions techniques en réponse à un besoin
Séance 2	Comment concevoir la solution technique ?	Résolution de problème	Compléter un cahier des charges à partir des mesures effectuées. Réaliser un croquis.	Postes informatiques. Documents ressources. Outils de mesure (pieds à coulisse, réglet...)	Croquis
Séance 3	Comment modéliser et réaliser le prototype de la solution retenue ?	Objet de la question 34			
		<i>Commentaires :</i> <i>Cette séquence peut se poursuivre par une séquence consacrée à la modification du programme du véhicule autonome pour prendre en compte les capteurs ajoutés.</i>			

Document annexe DA7 : Pratiques enseignantes

Un enseignant, dans sa classe, doit être en mesure de faire varier ses pratiques, afin de s'adapter à la diversité de ses élèves, tout en maintenant des objectifs communs et des temps d'apprentissage collectifs. Cela suppose une maîtrise des contenus enseignés, une évaluation fine et régulière des savoirs des élèves et la mise en place de routines dans les classes.

Garantir des objectifs ambitieux communs à tous

La différenciation pédagogique ne signifie pas la différenciation des objectifs pédagogiques qui conduit à un creusement des inégalités scolaires. Ainsi, l'entraînement des élèves sur des tâches à automatiser est nécessaire mais ne doit pas faire perdre de vue les habiletés de plus haut niveau pour tous les élèves. Une baisse du niveau d'exigence est contre-productive pour la réussite des élèves. **Il s'agit alors de proposer une palette diversifiée de manières d'arriver au résultat, sans pour autant abaisser le niveau des tâches demandées.**

Prendre en compte la diversité des élèves dans les situations collectives

La différenciation ne signifie pas la fin de l'enseignement en classe entière. La conduite de séances collectives n'est pas contradictoire avec la prise en compte des singularités des élèves. Ainsi, **en classe entière, les enseignants peuvent récolter les différentes méthodes proposées par les élèves, de la plus simple à la plus complexe, et les exposer à la classe.** Chaque élève peut repérer où il en est et identifier des méthodes plus expertes proches de la sienne.

Faire expliciter par les élèves ce que l'on attend d'eux

Les élèves doivent être amenés, régulièrement, à expliciter leur cheminement, pour rendre objectif ce qu'ils ont appris, en utilisant un langage adapté. Leur enseignant doit les accompagner dans cette phase. Cela suppose qu'il fasse des retours précis à chaque élève sur ses progrès et sur les nouveaux objectifs qui lui sont fixés.

Pratiquer l'auto-évaluation pour responsabiliser davantage les élèves

Les enseignants doivent permettre aux élèves de formuler eux-mêmes les critères de réussite des tâches qu'ils ont à accomplir. **Il s'agit de construire, avec les élèves, une grille progressive et claire des buts visés.** Cela leur donne un appui pour repérer ce qui est essentiel et accroît leur sentiment de compétence.

Varié les situations d'apprentissage

Les apprentissages doivent s'appuyer sur un ensemble cohérent de situations de classe variées, toutes nécessaires (phase d'entraînement, phase de résolution de problèmes, phase de bilan...). La recherche montre que les approches laissant trop de liberté aux élèves ne sont pas les plus efficaces notamment pour les élèves qui rencontrent le plus de difficultés scolaires.

Agencer les différentes phases d'apprentissage

Les enseignants doivent penser que la différenciation peut intervenir à plusieurs moments d'une séquence pédagogique avec des intentions variées.

- **Avant l'enseignement** : réactiver les connaissances, identifier la nature de ce qui est déjà appris ou encore fragile pour chaque élève, préparer la tâche en fournissant des clés d'accès vers ce qui suit ;
- **Pendant l'enseignement** : soutenir l'apprentissage, aménager la tâche en la rendant accessible, évaluer le cheminement cognitif de chaque élève via une analyse de ses acquis et de ses erreurs ; s'arrêter pour formaliser et structurer progressivement ce qui est acquis ;
- **Après l'enseignement** : exercer, revoir ce qui n'a pas été compris, vérifier l'autonomie acquise par l'élève sur les objets d'apprentissage.

Adopter des postures enseignantes variées

La recherche a montré que les élèves qui réussissent adoptent une variété de postures dans leurs apprentissages, et notamment, pour les plus avancés, des postures réflexives et créatives. Pour arriver à ce résultat, les enseignants doivent eux-mêmes adopter une variété de postures d'enseignement : posture de contrôle (cadre d'une situation), posture d'accompagnement (aide ponctuelle, individuelle ou collective) ... **En faisant varier leurs propres postures, les enseignants encouragent les élèves à recourir, eux aussi, à une large palette de postures.**

Éviter les difficultés liées au travail à la maison

Le travail individuel des élèves, réalisé à la maison, ne doit pas comporter de difficultés majeures mais se concentrer sur le renforcement de ce que les élèves savent déjà. Les devoirs donnés aux élèves doivent être à leur portée.

Dispositifs dans la classe

La différenciation pédagogique peut passer par une réorganisation de la classe. Les dispositifs proposés aux élèves doivent être variés et souples. Ils doivent favoriser les interactions entre l'enseignant et ses élèves d'une part, et entre les élèves d'autre part. Ils peuvent aussi s'appuyer sur la présence de deux enseignants intervenant ensemble ou séparément dans la même classe.

Se libérer, ponctuellement, de la gestion collective de la classe

Les travaux de groupes et/ou les travaux individuels permettent à l'enseignant de se libérer momentanément de la gestion collective de la classe et d'être plus disponible pour accompagner un ou quelques élèves.

Faire coopérer les élèves efficacement

La recherche montre qu'un travail dans un groupe est bénéfique à chacun de ses membres, uniquement s'il respecte certaines conditions. Ainsi, pour qu'un travail coopératif existe, **la tâche réalisée par les élèves doit résulter d'un apport de chaque individu dans le collectif, dans le cadre d'une organisation structurée** (explicitation des rôles de chacun), **avec des responsabilités partagées.**

Organiser un tutorat entre élèves

L'intervention d'un élève tuteur, moins formelle que celle de l'enseignant, est un moyen de répondre aux obstacles rencontrés par un élève tutoré. La recherche montre que, pour que cela bénéficie à tous, les tuteurs doivent bénéficier d'une préparation pour accompagner efficacement les tutorés. Les tuteurs tirent systématiquement bénéfice de ce dispositif car ils se voient offrir des occasions d'explicitation et de consolidation des savoirs et savoir-faire qu'ils maîtrisent.

Regrouper temporairement des élèves autour d'un même besoin

La recherche montre que composer un groupe réduit d'élèves sur un temps spécifique est bénéfique aux apprentissages, uniquement si certaines conditions sont réunies. Ainsi, les enseignants peuvent constituer des groupes autour d'un même besoin, reposant sur l'évaluation préalable (pas forcément écrite) d'une compétence précise. **Le groupement doit être flexible et réévalué en fonction des progrès des élèves, pour éviter la démotivation et la stigmatisation.** Les temps en groupe homogène peuvent être réguliers mais doivent rester nettement inférieurs au temps en groupe/classe hétérogène.

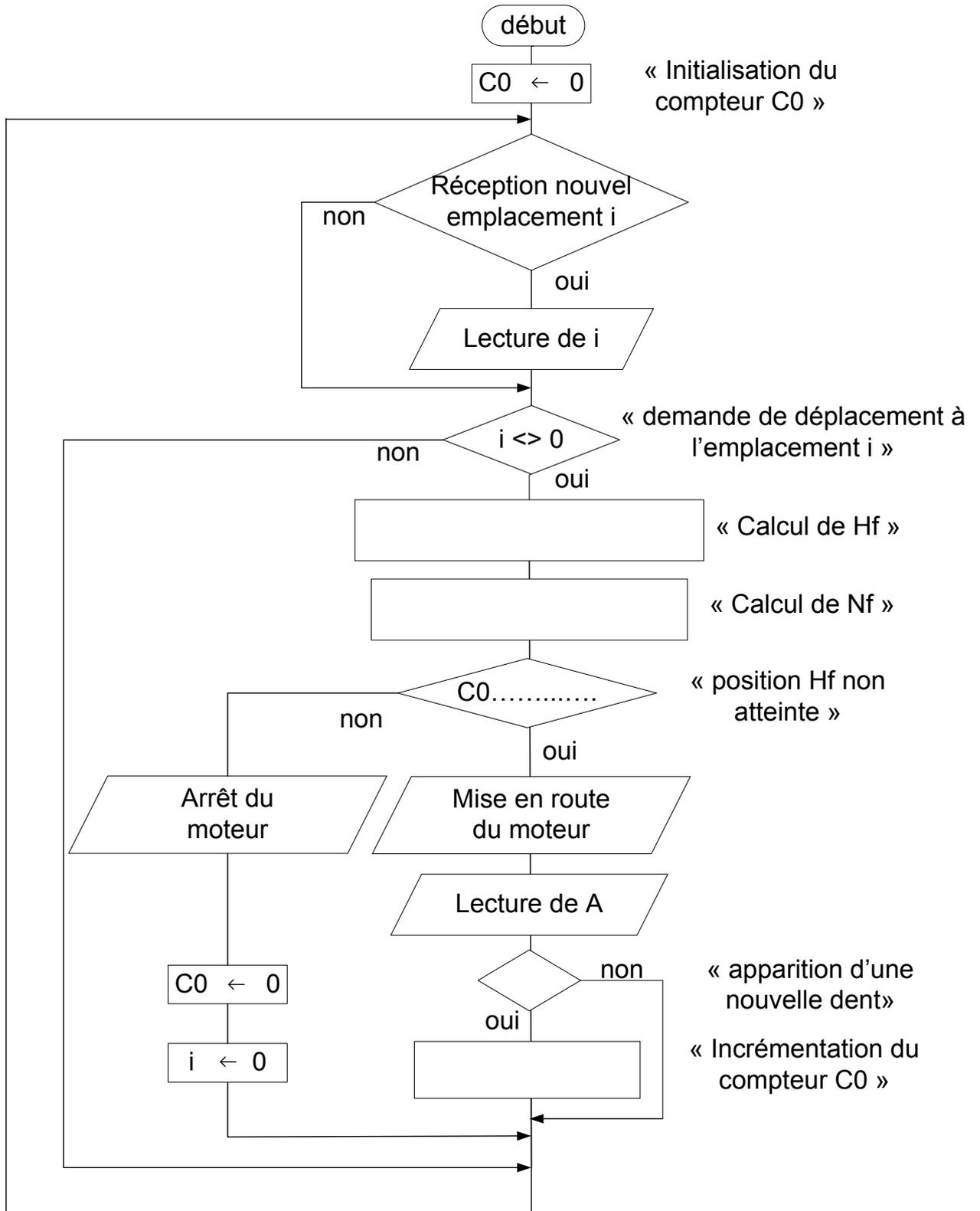
Extrait du dossier de synthèse – Conférence de consensus – Différenciation pédagogique – Mars 2017

Documents réponses

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document réponse DR1 – algorithme de positionnement du robot lors de la prise d'un bac à un emplacement i. (Corps du programme)

Déplacement jusqu'à la position d'arrêt Hf en vue de la prise d'un bac



Remarque : C0 = compteur de nombre de dents

Document réponse DR2 – programme *position_arret* (..... zone à compléter)

```
// déclaration des constante et variables
const byte captind = 3; // le capteur inductif est sur la broche 3
const byte EnMotPin = 11;
const byte SensMotPin = 13;
int compteur = 0;
int etage = 0;
int hauteur = 0;
.....

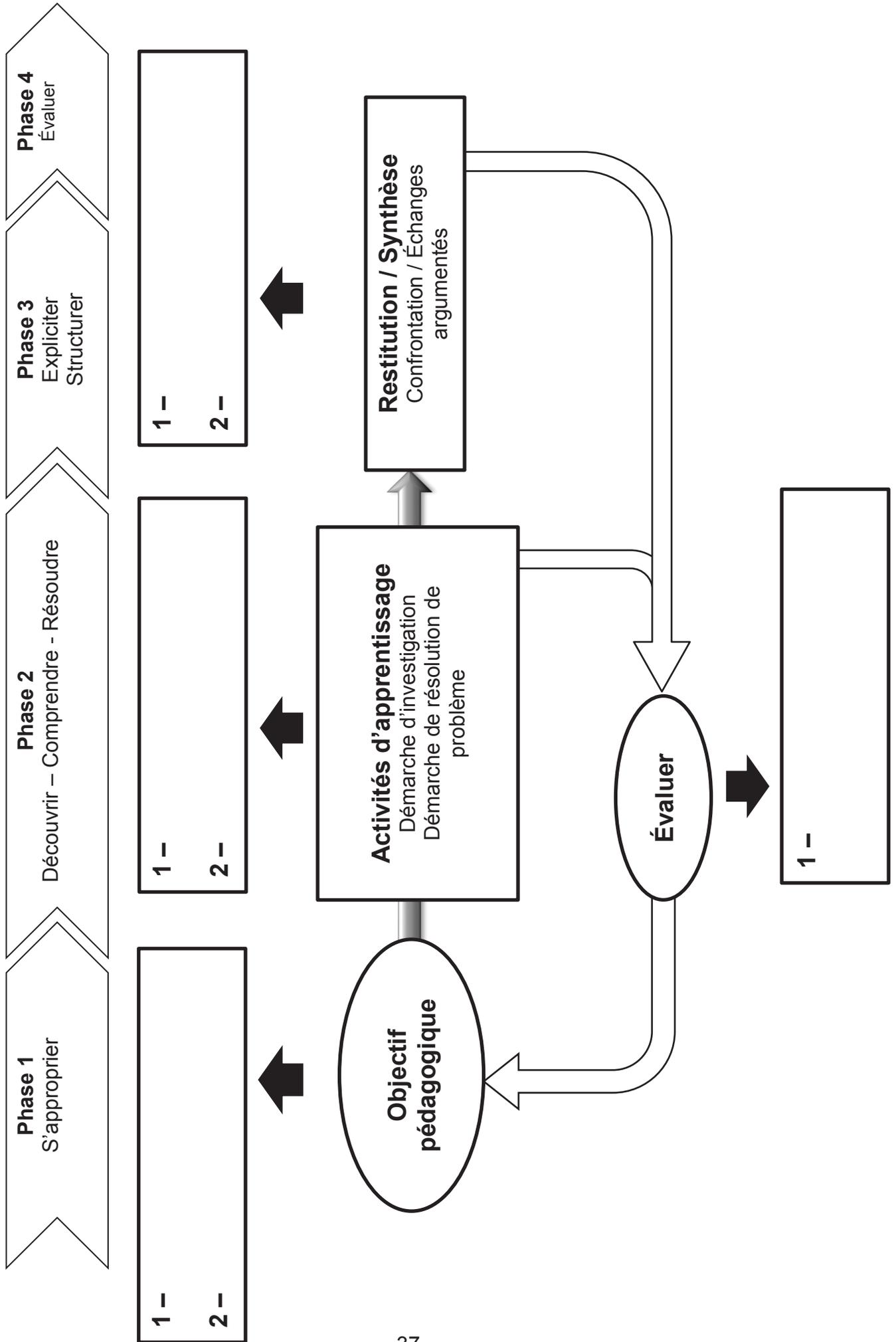
// Initialisation – configuration des entrées et sorties
void setup()
{
  pinMode(captind, INPUT); // le capteur inductif est une Entrée
  pinMode(EnMotPin, OUTPUT);
  pinMode(SensMotPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  interrupts(); // valide les interruptions
}
// définition de la fonction inter appelée lors de l'interruption
// qui réalise le comptage des impulsions du capteur inductif
void inter()
{
  .....

  Serial.println(compteur);
}
// fonction loop - boucle sans fin – Corps du programme
void loop()
{
  // lecture de l'étage à atteindre saisi au clavier à l'aide de l'interface écran
  while (Serial.available() > 0)
  {
    etage = Serial.parseInt();
    delay(20); //pour rester dans la boucle entre chaque caractère
  }
  // déplacement jusqu'à l'étage souhaité
  .....
} // fin du programme
```


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR3 - Préparation d'une séquence pédagogique

Question 31



DR4 – Mise en œuvre d’une séquence pédagogique

Question 32

Situation déclenchante	
Déroulement de la phase d'appropriation (Durée 5 à 10 minutes)	
Questionnement	Quelles solutions techniques peut-on mettre en œuvre pour éviter un obstacle ?
Compétence Travaillée	

exe DA6

Question 33

Action 1	Action Description Description succincte de l'action retenue
Action 2	Action Description Description succincte de l'action retenue

Pour compléter ce tableau, se reporter aux documents DA6 et DA7

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR5 – Mise en œuvre d’une séquence pédagogique

Question 34

Déroutement de la séquence					
	Questionnement	Démarche Pédagogique	Activités	Ressources – Matériels	Conclusion - Bilan
Séance 1	Quelles solutions techniques peut-on mettre en œuvre pour éviter un obstacle ?	Investigation	Rechercher de solutions techniques existantes. Analyser une partie du fonctionnement d'un véhicule autonome.	Pré-requis : classe inversée avec parcours numérique ELEA Postes informatiques Documents ressources	Proposition de solutions techniques en réponse à un besoin
Séance 2	Comment concevoir la solution technique ?	Résolution de problème	Compléter un cahier des charges à partir des mesures effectuées. Réaliser un croquis.	Postes informatiques Documents ressources Outils de mesure (pieds à coulisse, réglet...)	Croquis
Séance 3	Comment modéliser et réaliser le prototype de la solution retenue ?				
<i>Partie à compléter</i>					
Commentaires : <i>Cette séquence peut se poursuivre par une séquence consacrée à la modification du programme du véhicule autonome pour prendre en compte les capteurs ajoutés.</i>					

DR6 – Démarches pédagogiques

Question 35

	Démarche d'investigation	Démarche de résolution de problème
Objectif de la démarche		
Activités induites		
Support d'activité Préciser en quelques mots ce qui caractérise le support d'activité.		

40

Question 36

Questionnement	Démarche	Description de l'activité	Ressources
La déformation totale en bout de fourche télescopique est-elle conforme à l'exigence du cahier des charges ?			
Connaissances travaillées			