

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

ROBOT DINO



- Algorithme, programme, langage de programmation
- Notions d'intelligence artificielle
- Systèmes asservis linéaires en régime continu

ACTIVITE DIRIGEE

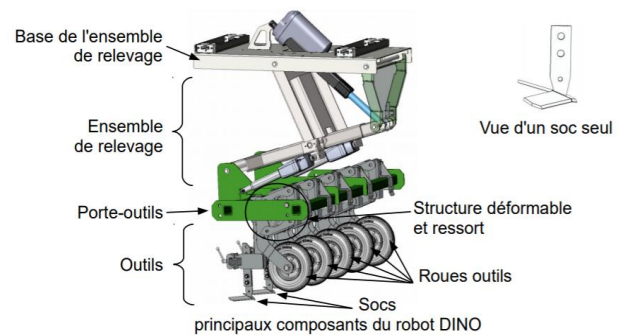
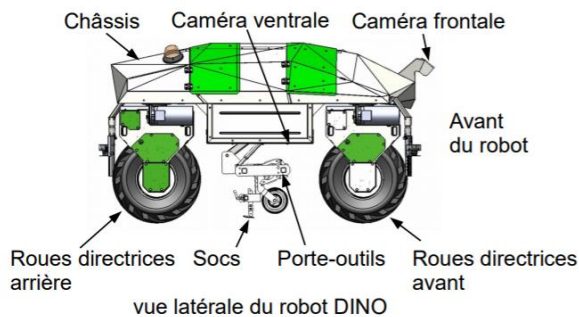
Durée : 1h

1. PRESENTATION

Les maraîchers, producteurs de légumes, ont besoin de désherber leurs champs pour garantir la qualité des récoltes. Une solution consiste à utiliser des herbicides, une autre à désherber mécaniquement. L'opération de désherbage mécanique, appelée binage, ameublait la couche superficielle du sol autour des plantes cultivées à l'aide d'un soc, lame métallique passée à quelques centimètres sous la surface du sol. La société Naïo propose, pour effectuer le désherbage mécanique de légumes en planche, un robot autonome appelé robot DINO

Le robot DINO est constitué d'un châssis motorisé par 4 roues motrices. La largeur du châssis permet aux roues de passer dans les passe-pieds, de chaque côté de la planche travaillée. Les roues sont aussi directrices et permettent au robot de tourner sur place.

Le binage est réalisé par 5 socs placés en parallèle, chacun monté sur un outil. Chaque outil comprend un soc, une roue outil et une structure en parallélogramme déformable avec ressort permettant d'assurer le contact de la roue outil avec le sol lors du binage.



Pour que le robot DINO soit performant et concurrentiel, il doit assurer le positionnement des socs au plus près des plants sans les détériorer. Pour cela, un vérin électrique latéral permet de déplacer rapidement et précisément le porte-outil par rapport au châssis du robot.

Ce système automatisé utilise les images d'une caméra ventrale située au-dessus du porte-outil afin de contrôler à tout instant la position des socs par rapport aux plants.

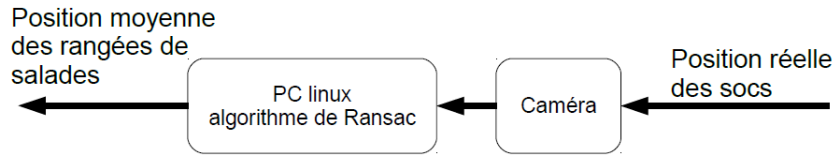


positionnement général et vérin électrique latéral

2. GESTION DE L'ALIGNEMENT LATÉRAL DES SOCS DE BINAGE

2.1 Traitement de l'image

La structure de la chaîne d'acquisition qui permet d'obtenir une image de la position des socs par rapport aux lignes de plants est définie sur la figure ci-dessous.



Chaîne d'acquisition de la position réelle des socs

La mesure est obtenue par traitement des images provenant de l'objectif grand angle de la caméra. Le comportement de la chaîne d'acquisition peut être assimilé à un coefficient multiplicateur si le temps de calcul est suffisamment petit, c'est-à-dire inférieur à 30 ms.

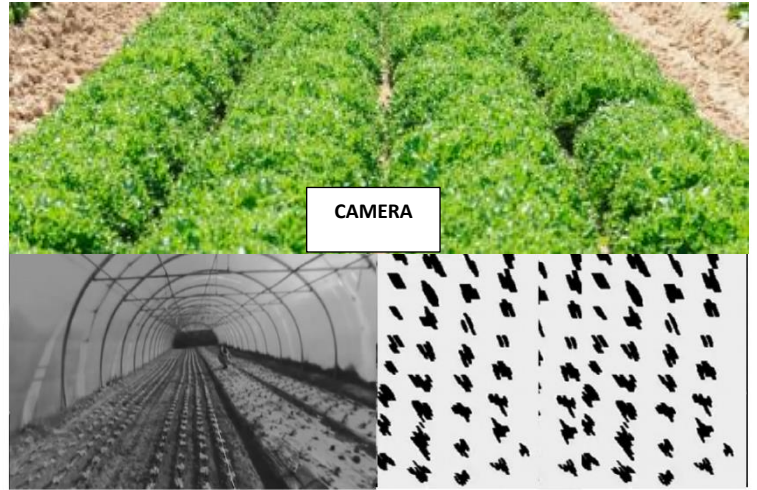


Photo de la caméra (en haut)
Vidéo prise par la caméra (en bas à gauche)
Traitement des images de la caméra (en bas à droite)

L'image initiale en couleurs, qui comprend quatre rangées de plants, est convertie en niveaux de gris, puis en noir et blanc.

Couleur d'une salade

Modifier les couleurs

Couleurs de base :

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Couleurs personnalisées :

| | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|

Définir les couleurs personnalisées >>

OK Annuler Ajouter aux couleurs personnalisées

Teinte : 67 Rouge : 56
Satur. : 188 Vert : 138
Lum. : 73 Bleu : 17

Couleur de la terre

Modifier les couleurs

Couleurs de base :

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Couleurs personnalisées :

| | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|

Définir les couleurs personnalisées >>

OK Annuler Ajouter aux couleurs personnalisées

Teinte : 20 Rouge : 224
Satur. : 117 Vert : 195
Lum. : 183 Bleu : 165

Question 1 : A l'aide de l'algorithme de traitement de l'image sur le DOCUMENT REPONSE 1, **calculer** la valeur du niveau de gris pour la couleur d'une salade et pour la couleur de la terre.

Une image en niveaux de gris est une image dont les couleurs varient du blanc au noir.

Chaque pixel est codé par un nombre entier compris entre 0 et 255. La valeur 0 correspond à une intensité lumineuse nulle, le noir, tandis que la valeur 255 représente l'intensité lumineuse maximale, le blanc.

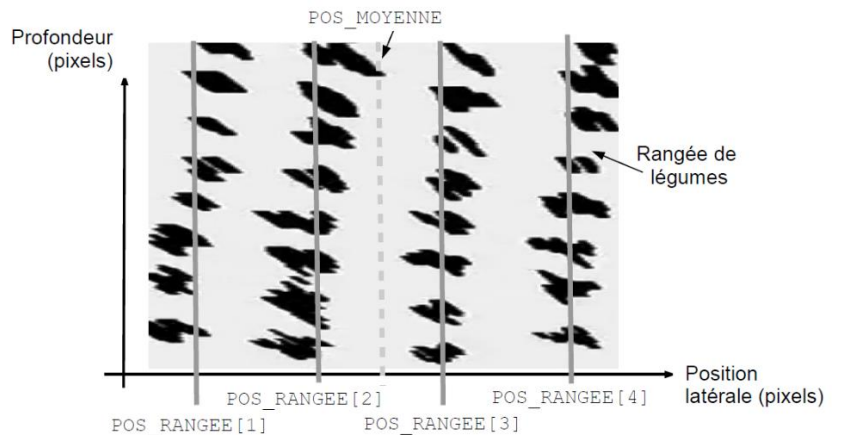
Après avoir calculé la valeur du niveau de gris, l'algorithme de traitement de l'image attribue le noir si le niveau de gris est inférieur ou égal à 127, sinon il attribue le blanc.

Question 2 : Sur le DOCUMENT REPONSE 1, **compléter** l'algorithme de traitement de l'image pour qu'il convertisse l'image en noir et blanc.

L'objectif est de traiter maintenant cette information (points noirs sur fond blanc) afin de déterminer la position des plants et de commander le vérin latéral en conséquence. Pour cela, les étapes suivantes sont réalisées :

- identification de quatre droites modélisant les quatre rangées de salades ;
- détermination de l'écart entre la position des rangées et la position de la caméra.

L'identification mathématique des quatre droites représentant les quatre rangées est basée sur la méthode de RANSAC. L'algorithme de cette méthode choisit aléatoirement des couples de points noirs. Chaque couple de points définit une droite dont les coordonnées sont stockées dans un tableau de flottants de taille 2. Pour chaque droite, l'algorithme calcule un score d'autant plus important que la droite passe par d'autres points noirs ou en est proche. La droite retenue est celle qui a le meilleur score et donc celle qui passe par un maximum de plants. La position de ces droites POS_RANGEE est alors déterminée pour chaque rangée.



Droites et position des rangées de salades à partir de l'image de la caméra

Le porte-socs s'aligne sur la position moyenne des rangées de salades notée POS_MOYENNE. Le pseudo-code décrivant ce comportement est donné sur le DOCUMENT REPONSE 2.

Question 3 : Compléter les lignes 20 à 22 de l'algorithme de RANSAC, permettant de déterminer la droite de score maximal.

Question 4 : Compléter la ligne 27, permettant de déterminer la position moyenne des rangées, notée POS_MOYENNE, à partir des résultats de l'algorithme de RANSAC.

Le traitement informatique est effectué par un ordinateur spécifique fonctionnant sous Linux. La simplification suivante est effectuée : chaque itération de la boucle POUR des lignes 17 à 24 est réalisée en 20 μ s, le temps des autres instructions est négligé. Le cahier des charges impose un temps de traitement de l'information inférieur à 30 ms pour que la chaîne d'acquisition soit assimilée à un gain. Dans l'algorithme de RANSAC, plus le nombre d'itérations maximal est grand, plus l'algorithme est précis. Il existe donc un compromis entre temps de calcul et précision de l'asservissement.

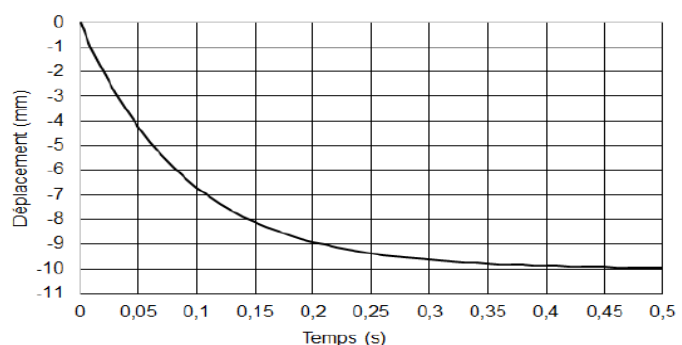
Question 5 : Déterminer le nombre d'itérations maximal Nb_Iterations_max possible permettant de respecter le temps de traitement de l'information

2.2 Vérification des performances du système rebouclé

L'alignement latéral des socs de binage est obtenu par la mise en œuvre des chaînes d'énergie et d'acquisition à l'intérieur d'un système asservi.

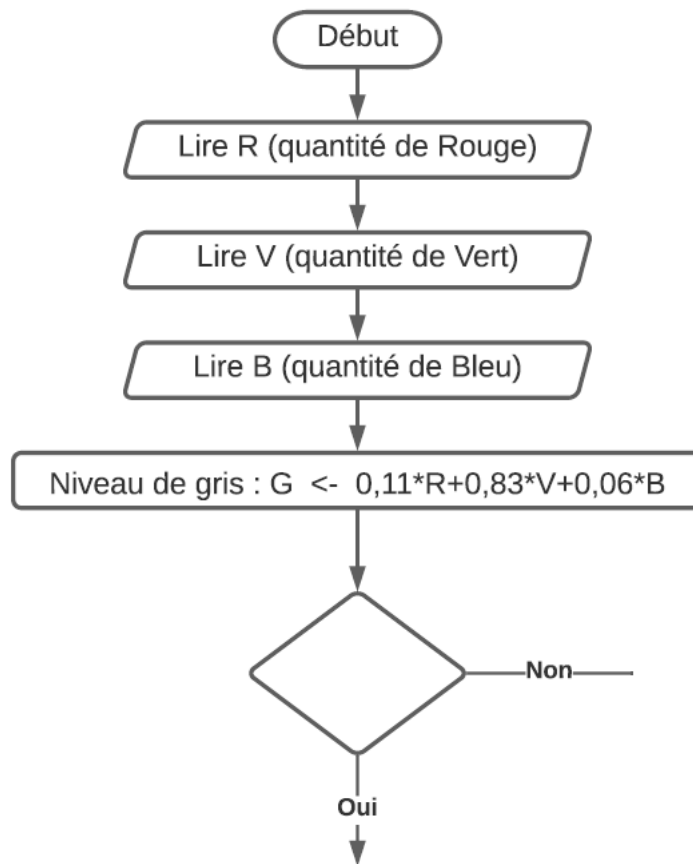
Pour rappel, les performances exigées de l'asservissement sont les suivantes :

- pas de dépassement pour ne pas risquer de dégrader les plants ;
- pas d'écart statique en régime permanent sur la position des socs ;
- temps de réponse à 5 % inférieur à 0,3 s pour une consigne de 1 cm.



Question 6 : Vérifier si toutes les exigences sont respectées. **Conclure** quant à la qualité de l'alignement des socs par cette solution intégrant un traitement algorithmique de l'image.

ALGORITHME DE TRAITEMENT DE L'IMAGE



ALGORITHME DE RANSAC

Les phrases notées en italique et précédées par # sont des commentaires.

Les fonctions suivantes sont utilisées :

- **Initialisation** () initialise toutes les variables ainsi que la caméra ;
- **Calcul_Droite** (i) renvoie un tableau de REEL contenant les coordonnées de la droite déterminée à partir de deux points choisis aléatoirement dans la rangée i ;
- **Score_Droite** (D) renvoie le score de la droite D donnée en paramètre ;
- **Calcul_Pos_Rangee** (D) renvoie un nombre REEL donnant la position latérale de la droite D donnée en paramètre.

Pseudo-code du comportement :

```

1.  # Début des déclarations des variables
2.  Nb_Iterations_max : ENTIER
3.  Score : ENTIER
4.  Score_max : ENTIER
5.  D : FLOTTANT[2]      # tableau contenant les coordonnées
                        # de la droite courante
6.  D_max : FLOTTANT[2] # tableau contenant les coordonnées
                        # de la droite ayant le score
                        # maximal
7.  POS_RANGEE : FLOTTANT[4] # tableau contenant les positions de
                            # chaque rangée
8.  POS_MOYENNE : FLOTTANT # position moyenne des rangées de
                            # salades, correspondant à la
                            # position numérisée
9.  i : ENTIER           # Variable d'incrémentatation
10. j : ENTIER          # Variable d'incrémentatation
11.
12. # Début du programme
13. Initialisation()
14. Nb_Iterations_max ← 100
15.
16. POUR i DE 1 à 4 FAIRE
17.   POUR j DE 1 à Nb_Iterations_max FAIRE
18.     D ← Calcul_Droite(i)
19.     Score ← Score_droite(D)
20.     SI ..... ALORS
21.       .....
22.       .....
23.     FIN SI
24.   FIN POUR
25.   POS_RANGEE[i] ← Calcul_Pos_Rangee(D_max)
26. FIN POUR
27. POS_MOYENNE ← .....

```