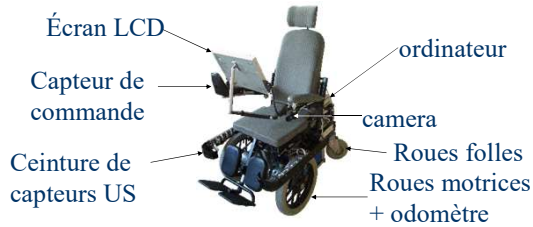
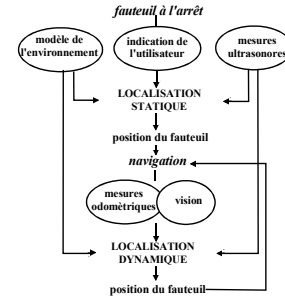


2^{ème} prototype du VAHM

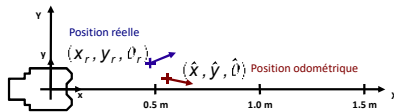


Fauteuil électrique du commerce équipé de :
2 odomètres, 16 capteurs US,
un ordinateur, un écran de contrôle

La localisation dynamique

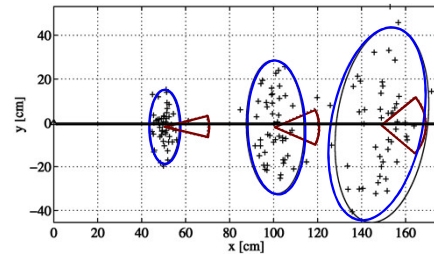


Odométrie



- Erreur en abscisse : $err_x = x_r - \hat{x}$
- Erreur en ordonnée : $err_y = y_r - \hat{y}$
- Erreur en orientation : $err_\theta = \theta_r - \hat{\theta}$

Estimation de l'erreur odométrique



distance	ε_x (cm)		ε_y (cm)		ε_θ (cm)	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
50cm	0.2	3.2	-1.7	7.9	0.2	4.8
100cm	0.7	6.1	-1.9	14.2	0.6	8.0
150cm	-0.8	9.9	-0.9	20.8	-0.2	13.5

Objectifs du recalage

→ Nécessité de corriger la localisation estimée par l'odomètre tous les 50 cm

→ Ramener les erreurs à :

$$err_x \leq 5 \text{ cm}$$

$$err_y \leq 5 \text{ cm}$$

$$err_\theta \leq 3^\circ$$

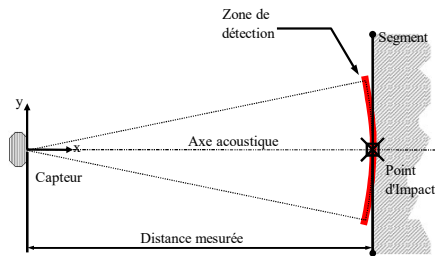
→ Utilisation des capteurs à ultrasons

Méthode de localisation dynamique

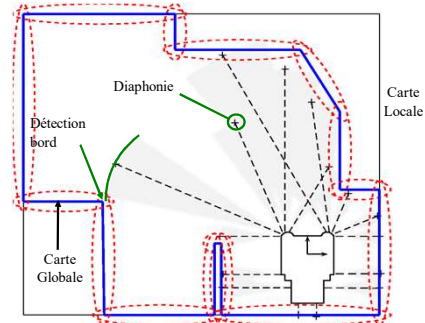
- ♦ Projection de la carte locale autour de la position odométrique.
- ♦ association point de la carte locale-droite de la carte globale.
- ♦ calcul par la méthode des moindres carrés de la transformation (translation + rotation) minimisant la somme des distances points-droites au carré.
- ♦ Ajustement de la position
- ♦ répéter à partir de la nouvelle position

Modélisation des mesures

Représentation ponctuelle dans l'axe du capteur

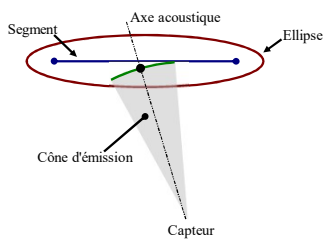


Carte locale et carte globale



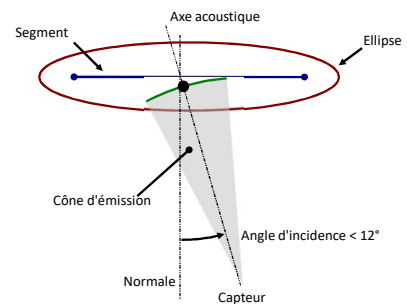
Mise en correspondance

Présence du point d'impact à l'intérieur de l'ellipse associée au segment.



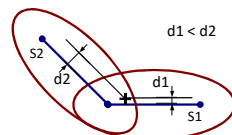
Critère d'incidence

Vérification de l'incidence de l'onde acoustique sur la surface modélisée.

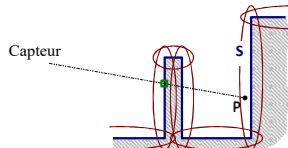


Unicité et cohérence

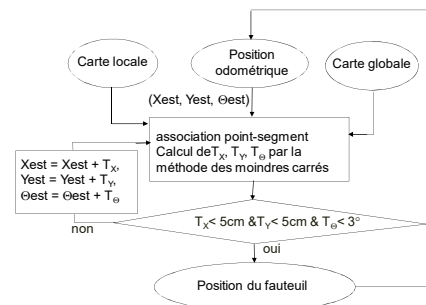
Unicité de la mise en correspondance : distance point / segment la plus petite.



Cohérence de la mise en correspondance.



Algorithme de localisation



mise en œuvre

L'algorithme se décompose en 4 étapes principales:

1. Pour chaque point de la carte locale trouver le segment correspondant dans la carte globale.
2. Calculer le déplacement du robot (translation T_x, T_y et rotation θ) qui minimise la somme des distances point-segment au carré.
3. Définir la nouvelle position du robot et calculer la nouvelle carte locale autour de celle-ci.
4. Répéter les opérations 1- 2 et 3 jusqu'à ce que le déplacement calculé à l'étape 2 soit insignifiant (T_x et $T_y < 5\text{cm}$, $\theta < 1^\circ$).

13

Calcul de l'ajustement

L'ajustement de la position vise à placer chaque point P_i de la carte locale sur le segment qui lui est associé dans la carte globale

Cela signifie que le déplacement d'un point (x_{p_i}, y_{p_i}) , causé par l'ajustement de la position, doit couvrir la distance d_i séparant ce point du segment.

Cela s'exprime par:

$$-d_i = [\sin\alpha_i \quad -\cos\alpha_i] \left[T_\theta \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{p_i} \\ y_{p_i} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix} \right]$$

avec α_i l'orientation du segment

T_θ l'angle de l'ajustement en orientation

T_x l'ajustement selon l'axe des x

T_y l'ajustement selon l'axe des y

14

Calcul de l'ajustement

Soient le vecteur Y de N_p lignes et la matrice X de N_p lignes et 3 colonnes, avec:

$$Y_i = -d_i; \quad X_{i,1} = \sin \alpha_i; \quad X_{i,2} = -\cos \alpha_i; \quad X_{i,3} = (\cos \alpha_i \quad \sin \alpha_i) \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{p_i} \\ y_{p_i} \end{pmatrix}$$

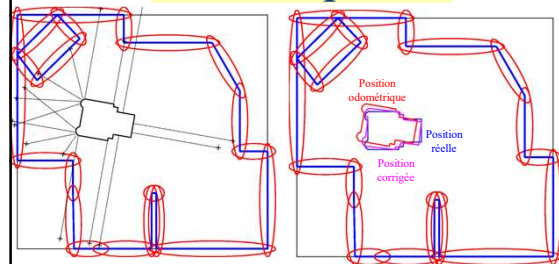
Si $b = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_\theta \end{pmatrix}$ le système de N_p equations (e_i) s'exprime par $Y = Xb$

Et sa solution est donnée en appliquant la méthode des moindres carrés par

$$\hat{b} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

15

exemple



Position Réelle : (150,222,90°)

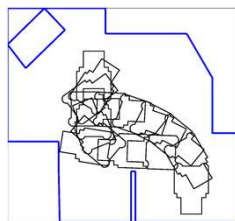
Position Odom : (140,232,80°)

Position US : (148,225,83.4°)

Résultat obtenu en deux itérations

16

Résultats sur une trajectoire



% de réussite : cas où l'erreur après correction est inférieure au seuil désiré
(x,y) : seuil = 5cm
orientation : seuil = 3°

Cas	% de réussite (erreur < seuil)		
	x	y	q
0	97.7	97.4	97.7
3	-	97.9	32.6
4	55.8	9.7	0.4
5	82.0	96.3	18.0
6	72.8	96.0	20.0
7	98.0	97.8	28.8
9	81.8	92.6	47.1
10	81.1	98.6	50.1
11	83.7	35.1	56.5
13	54.6	94.0	42.4
14	87.5	99.5	7.7
15	81.9	99.7	31.6

17

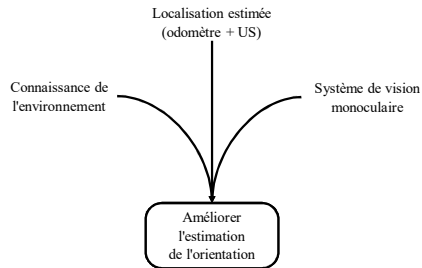
Observations

- Nombre d'appariements important $\Rightarrow$ bonne correction en position,
- Difficulté à corriger correctement l'orientation en raison de la faible précision directionnelle du capteur à ultrasons
- Si les axes des capteurs sont proches des normales des segments $\Rightarrow$ correction améliorée.

Nécessité d'une perception complémentaire de l'environnement qui compense la faible précision angulaire des capteurs à ultrasons

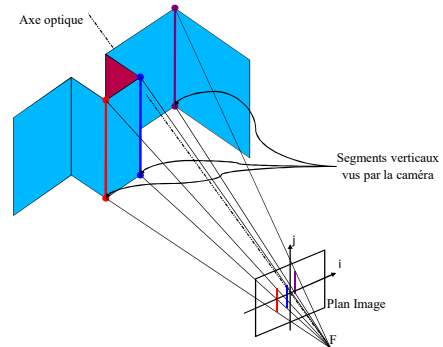
18

Introduction de la vision



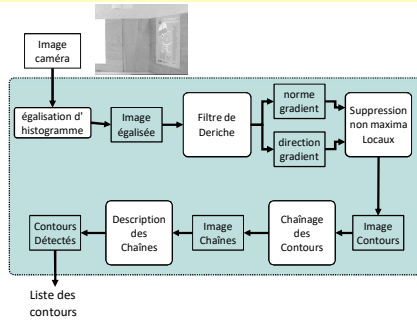
19

Principe de l'emploi de la vision



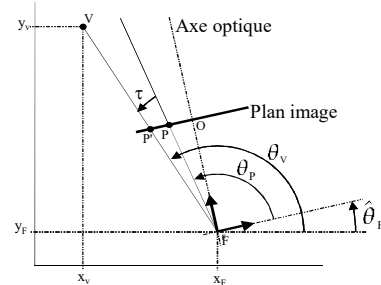
20

Extraction de contours



21

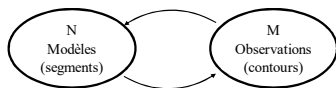
Ajustement de l'orientation à partir d'un contour



22

Appariement contours segments

Objectif : Etablir le lien entre les M contours de l'image et les N verticales du modèle.



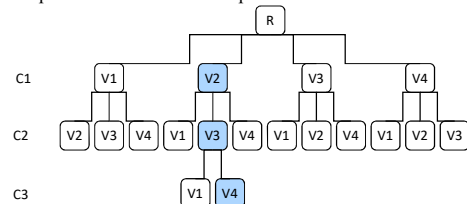
Solution : Utilisation d'un arbre d'interprétation.

23

Arbre d'interprétation

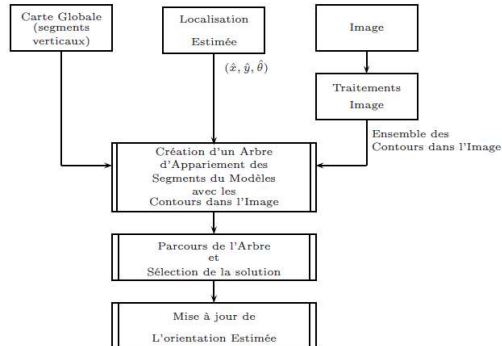
Caractéristiques de l'arbre :

- profondeur de l'arbre : le nombre de contours
- chaque nœud : un ajustement
- chaque chemin : une mise en correspondance des M contours avec les N verticales
- Si les ajustements des nœuds d'un chemin sont proches $\Rightarrow$ mise en correspondance correcte.



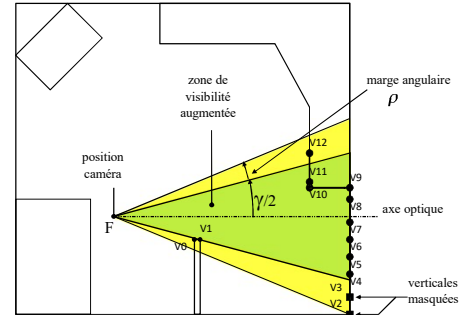
24

Principe de la méthode d'ajustement de l'orientation par vision monoculaire



Réduction de l'arbre

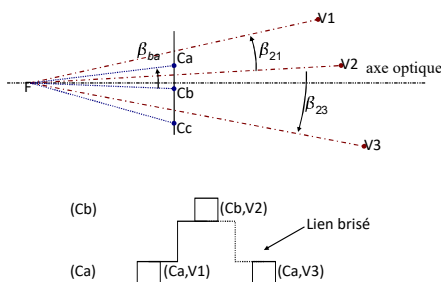
Critère géométrique



26

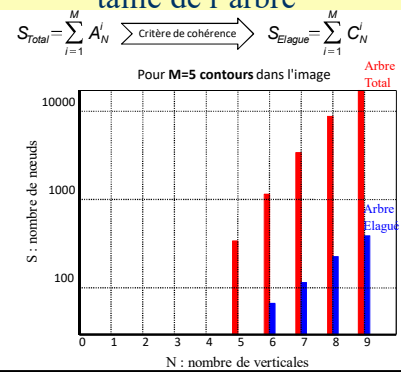
Réduction de l'arbre

Critère de cohérence



27

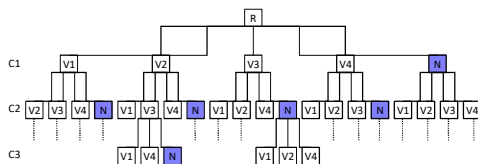
Apport du critère de cohérence sur la taille de l'arbre



28

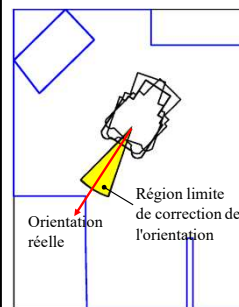
Introduction des verticales virtuelles

- **Objectif** : réduire l'influence des contours n'ayant pas de correspondants dans le modèle.
- **Solution** : ajouter des verticales nulles à la liste des verticales sélectionnées et les appairer avec les contours parasites.



29

Résultats



Utilisation d'une position aléatoire située dans une région de 10 cm autour de la position réelle.
 ⇒ Recherche des limites d'ajustement de la méthode.

30

Résultats

case	$\varepsilon_x(\text{cm})$	$\varepsilon_y(\text{cm})$	$\varepsilon_{\theta\min}(\text{°})$	$\varepsilon_{\theta\max}(\text{°})$
0	5	5	-20	21
1	5	5	-14	9
2	7	5	-17	19
3	9	10	-15	23
4	8	5	-17	16
5	5	11	-2	10
6	10	5	-14	11
7	6	5	-10	10
8	6	8	-12	14
9	9	8	-10	19
11	8	7	-12	18
12	9	10	-12	11
13	7	8	-10	10
14	5	8	-20	17
15	8	8	-10	18

$\varepsilon_{\theta\max}$: erreur positive
maximale corrigée

$\varepsilon_{\theta\min}$: erreur négative
maximale corrigée

pour une erreur en orientation après
correction inférieure à 3°.

31