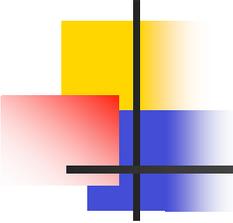


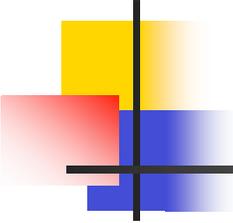
SLAM en activité au LAAS : SEGKIT/SEGLOC

- Historique
- Principe général
- Algorithme
- Performances
- Limitations
- Conclusion



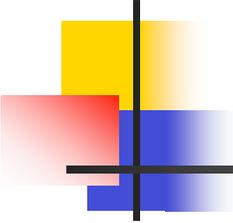
Historique

- 1991 : Thèse de Philippe Moutarlier (encadrée par Raja) -> **YAKA**
- Nomadic : Intégration dans l'interface de contrôle de robot -> **SEGKIT**
*ré-écriture + localisation en mouvement
(transformée odométrique + dé-corrélation)*
- Mars 1999 : intégration sur les robots Dili, H2 et H2bis -> module **SEGLOC**.
Ajout du mode "tracking" (ie, prise en compte de l'odométrie probabiliste)

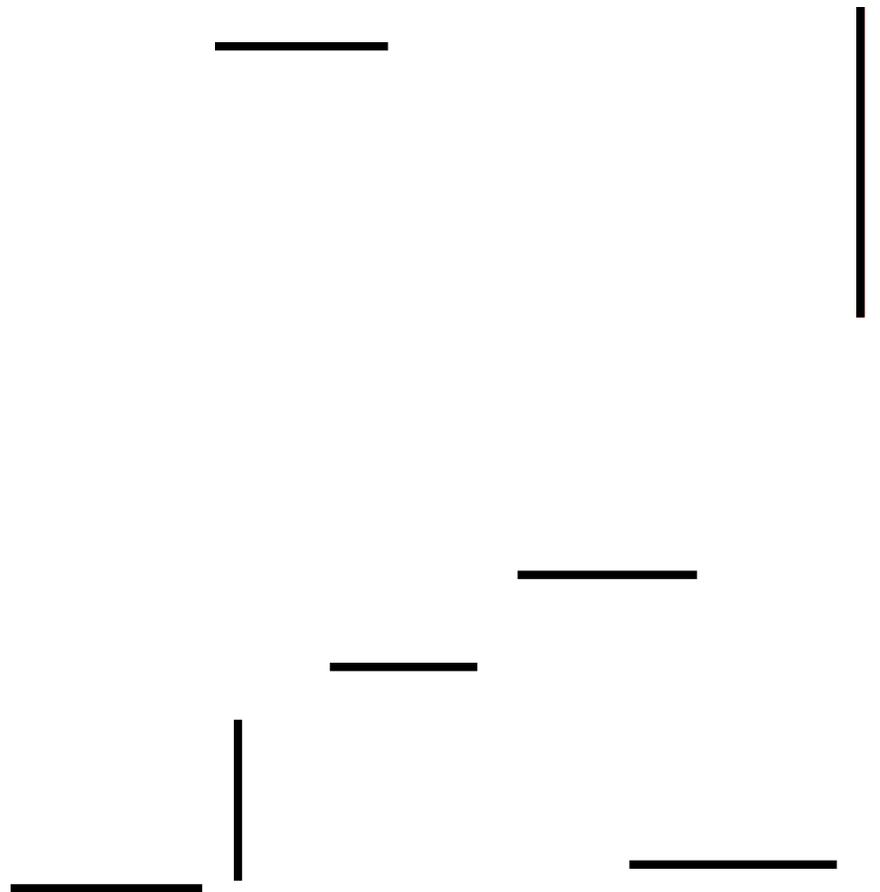


L'approche en mots clefs

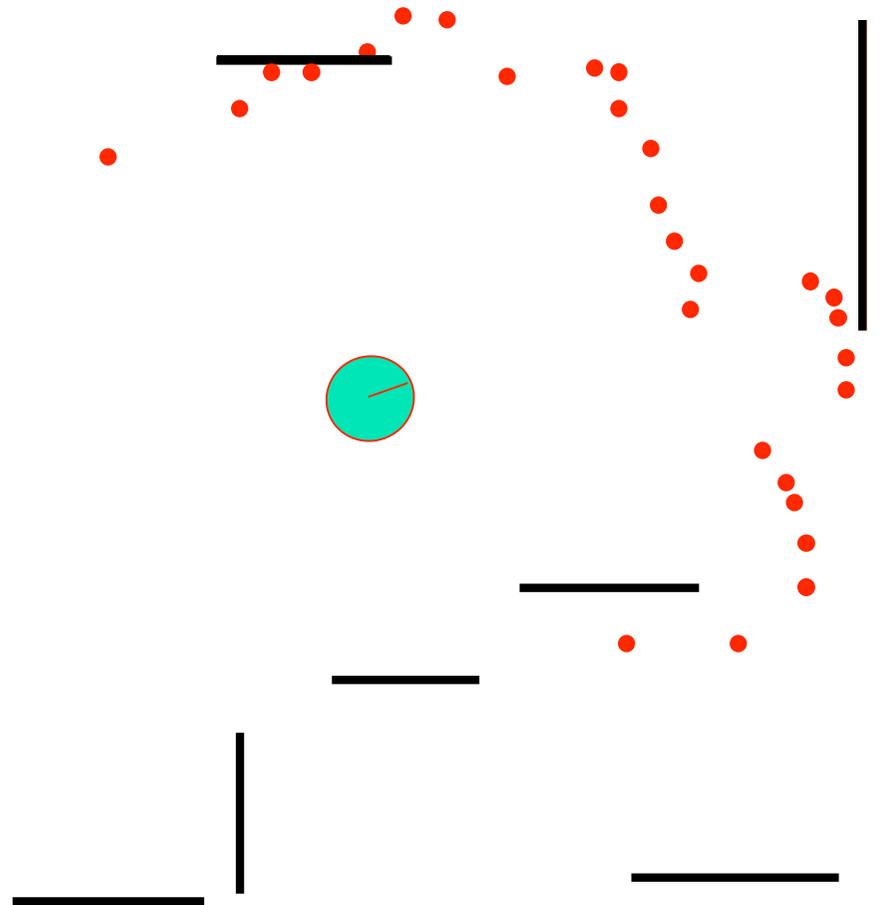
- Primitives : segments
- Identification : motifs de segments
- Fusion par Kalman (sans corrélation)
- Hypothèses multiples
- Maîtrise de la complexité grâce à :
 - calcul de carte d'aspect
 - stratégie de groupement angulaire
- Maîtrise de la dynamique grâce à :
 - Estimation probabiliste de la position
 - Transformation du repère odométrique



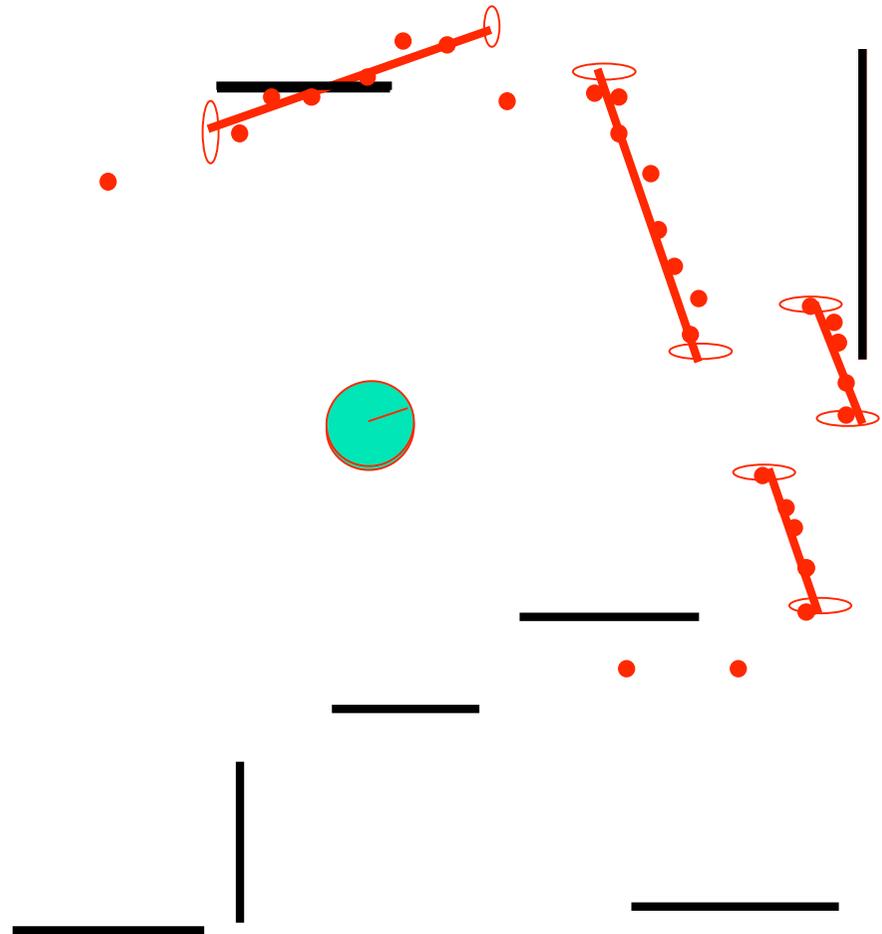
Principe général



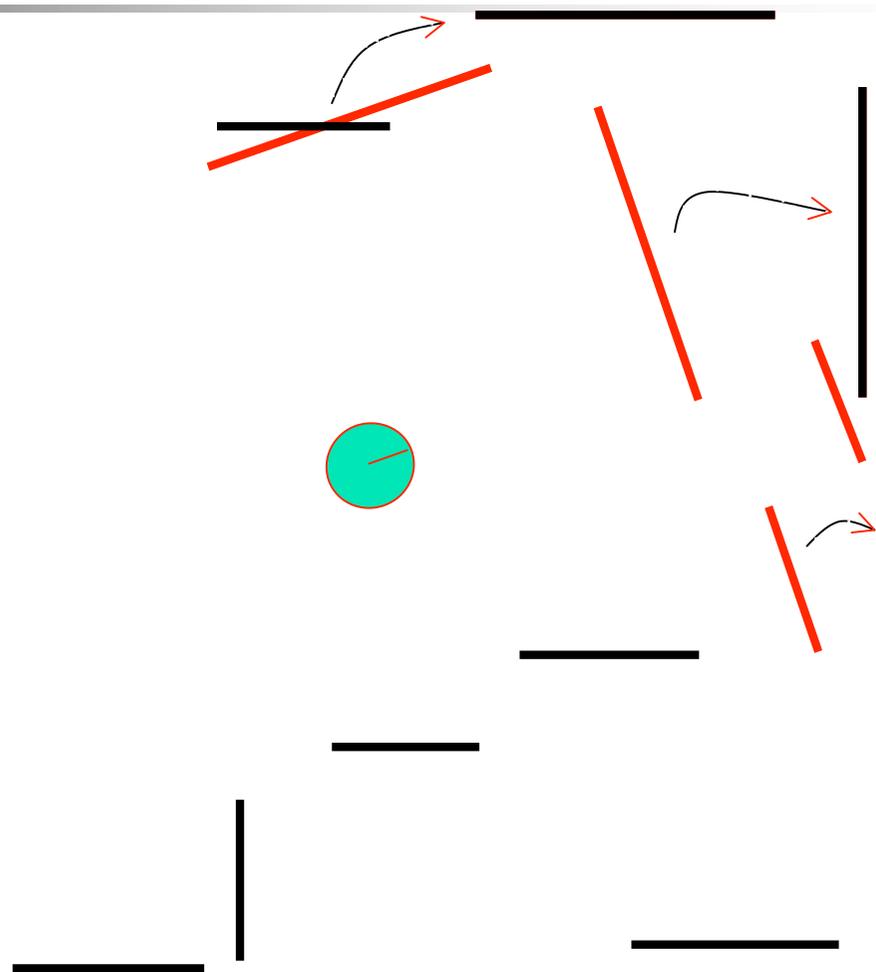
Principe général

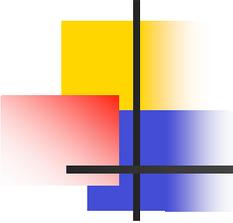


Principe général

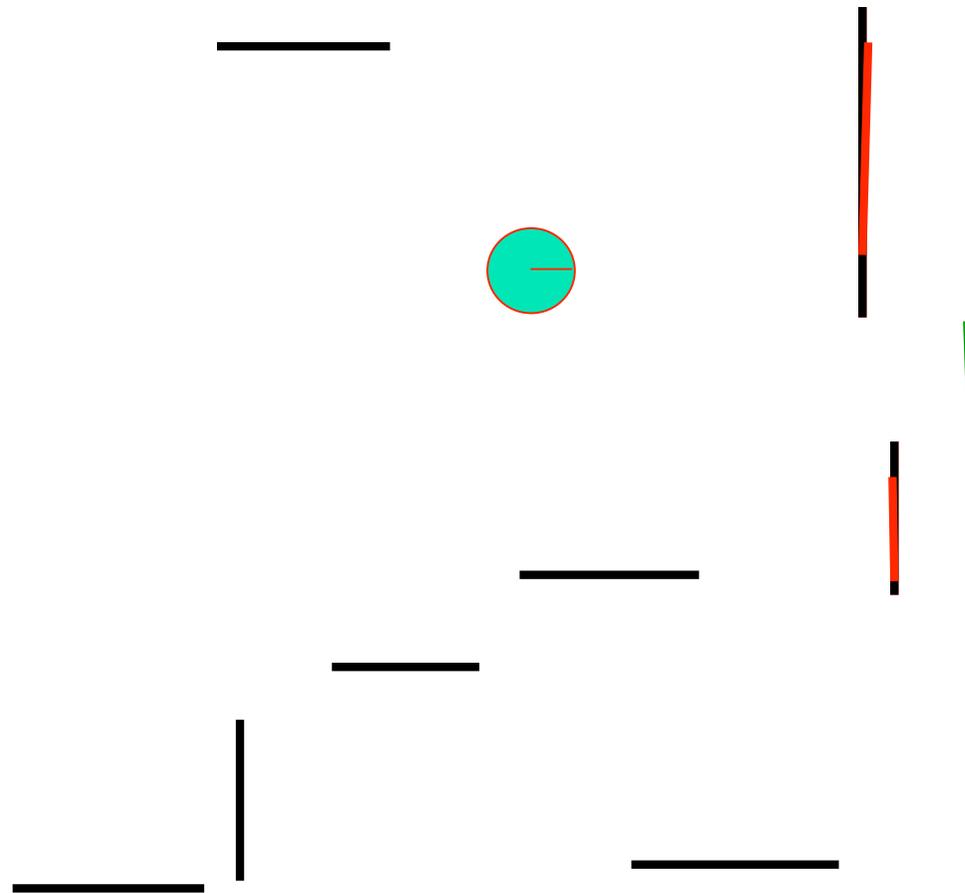


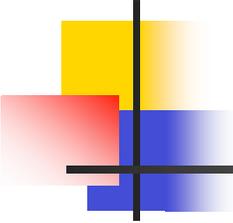
Principe général



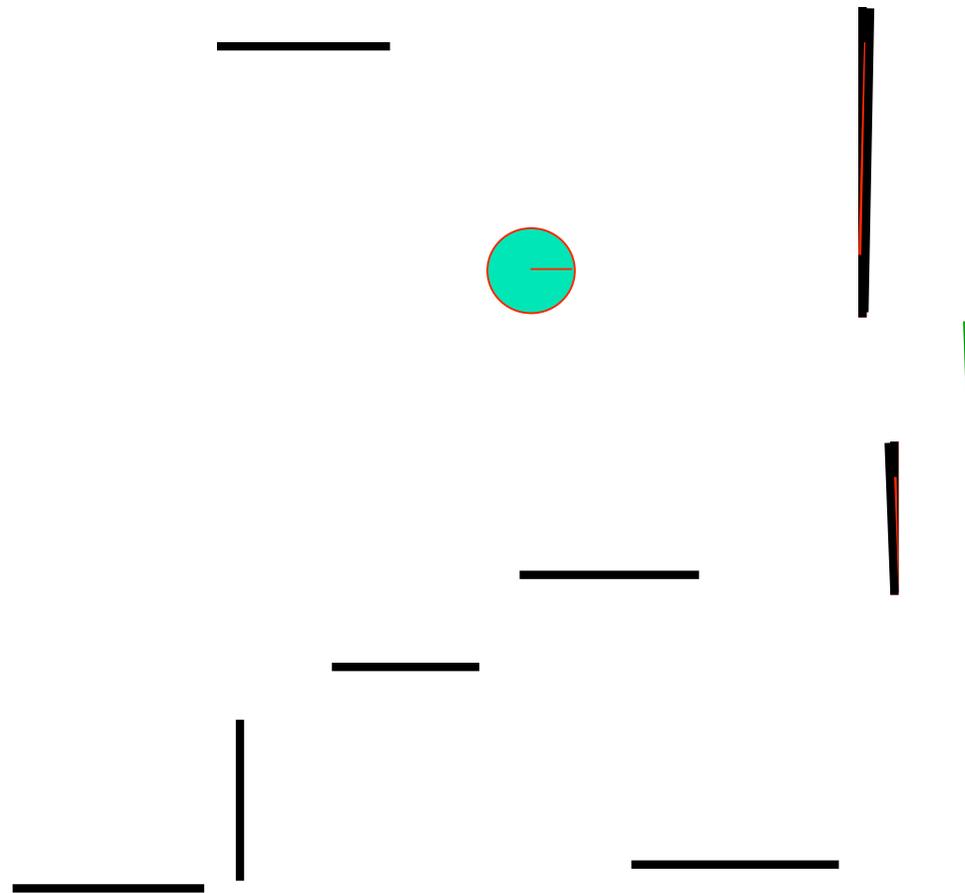


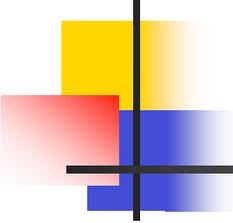
Principe général



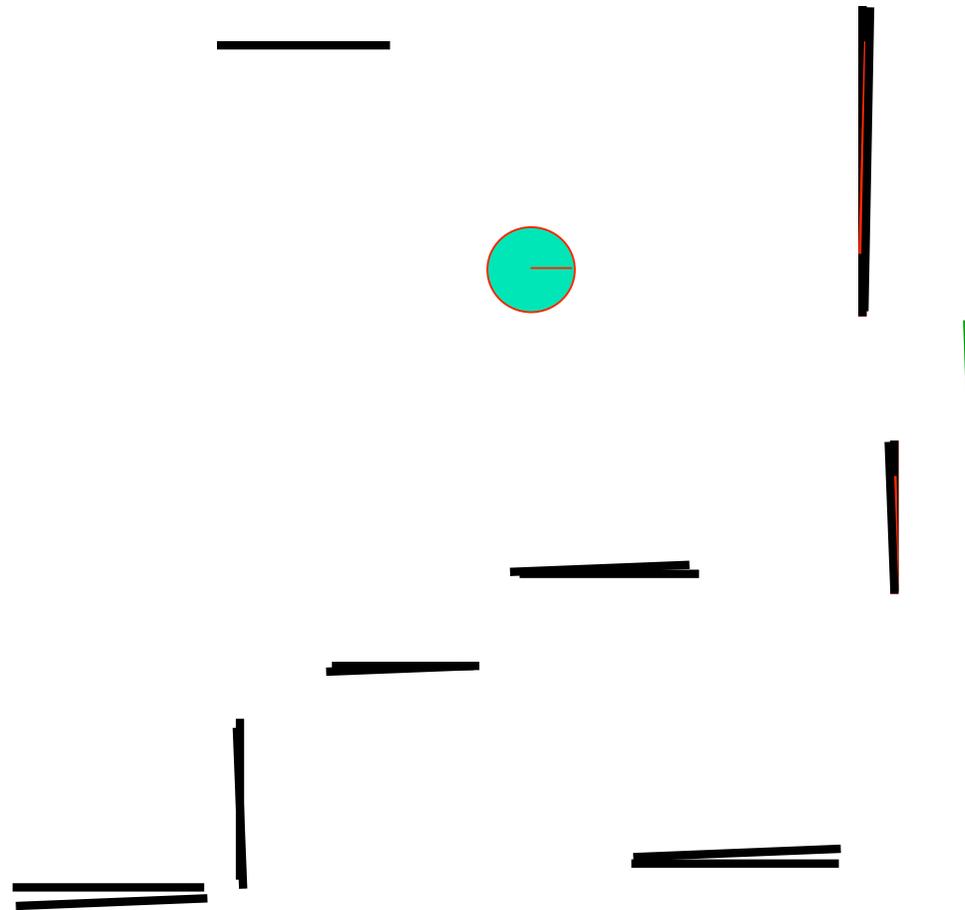


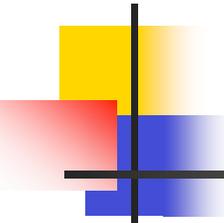
Principe général





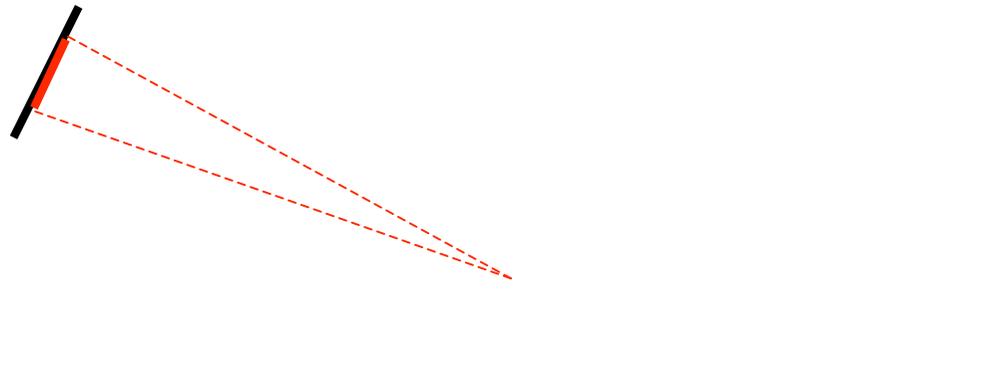
Principe général





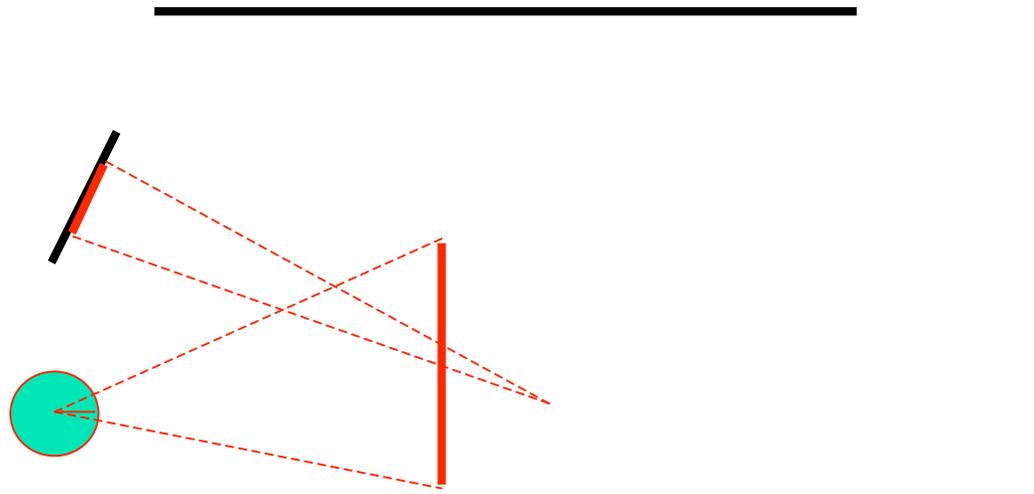
Principe général : construction des hypothèses

2+n appariements \rightarrow renforcement + affinement
de l'hypothèse de position



Principe général : construction des hypothèses

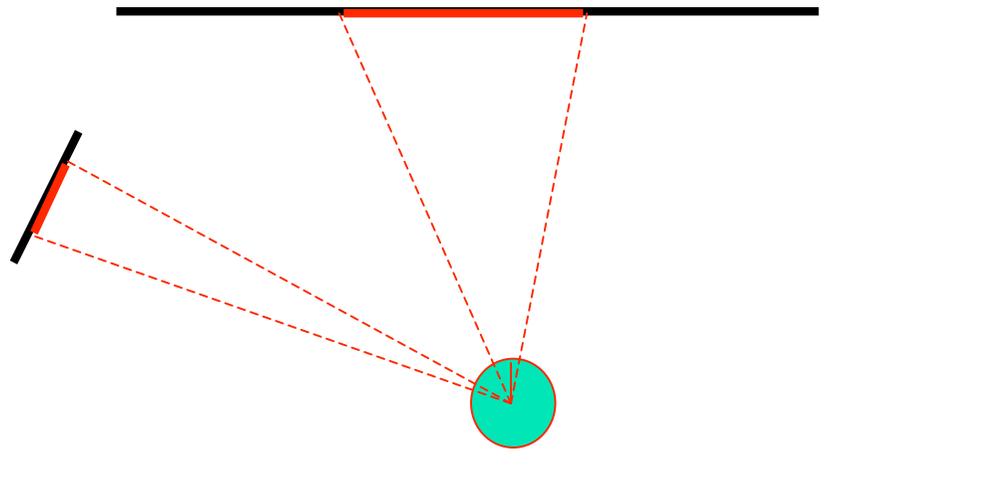
2+n appariements \rightarrow renforcement + affinement
de l'hypothèse de position



Principe général : construction des hypothèses

1 appariement \rightarrow 1 hypothèse d'orientation

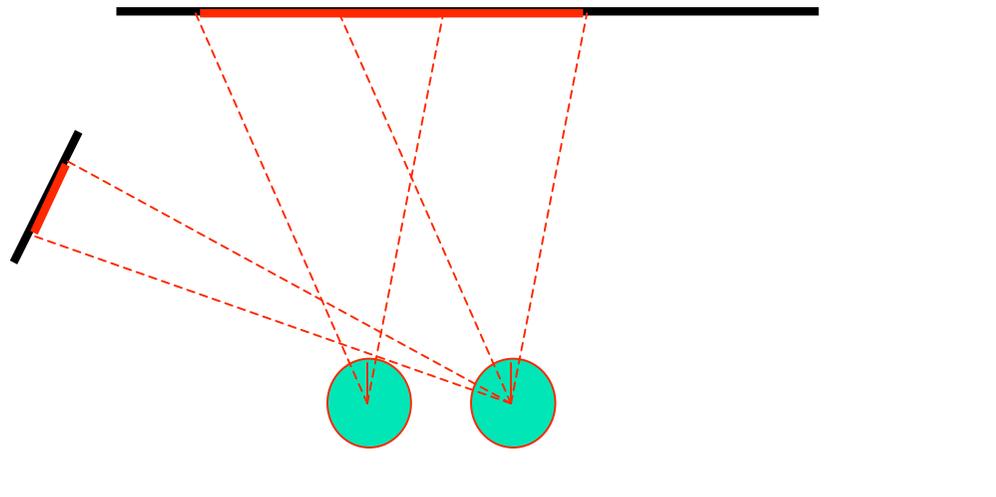
2+n appariements \rightarrow renforcement + affinement
de l'hypothèse de position



Principe général : construction des hypothèses

1 appariement \rightarrow 1 hypothèse d'orientation

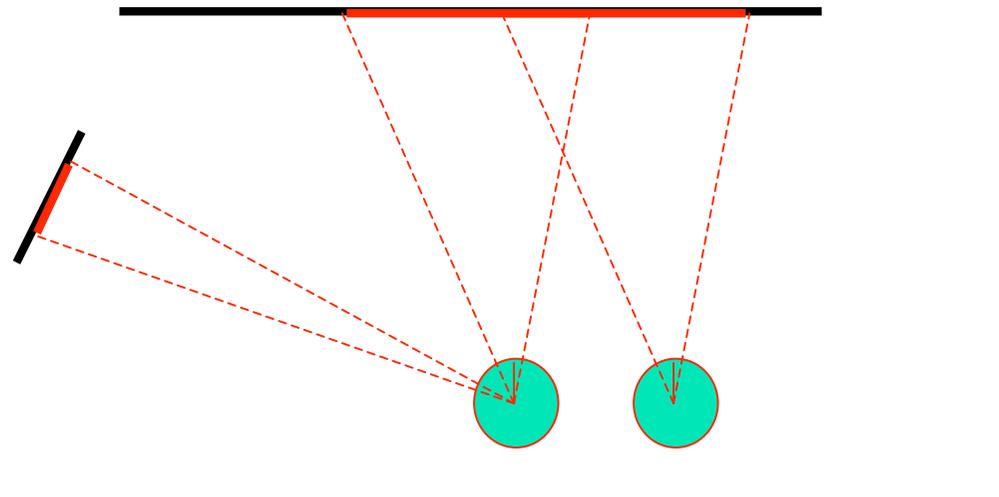
2+n appariements \rightarrow renforcement + affinement
de l'hypothèse de position



Principe général : construction des hypothèses

1 appariement \rightarrow 1 hypothèse d'orientation

2+n appariements \rightarrow renforcement + affinement
de l'hypothèse de position

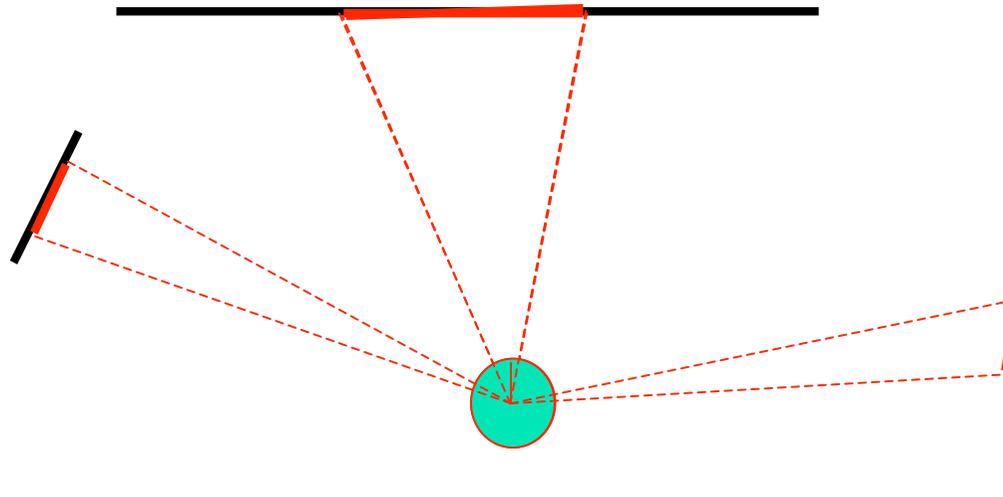


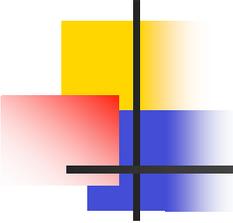
Principe général : construction des hypothèses

1 appariement -> 1 hypothèse d'orientation

2 appariements -> 1 hypothèse de position

2+n appariements -> renforcement + affinement
de l'hypothèse de position

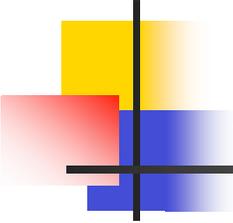




Difficultés

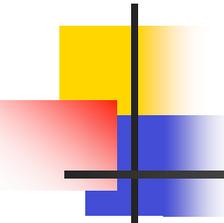
- Imprécision (mesures, segments)
- Combinatoire (nombreux segments)
- Ambiguïtés (segments à angles droits)
en particulier en absence de prédiction
- Dynamique (robot en mouvement)

+ **temps réel** (*!= Yaka*)



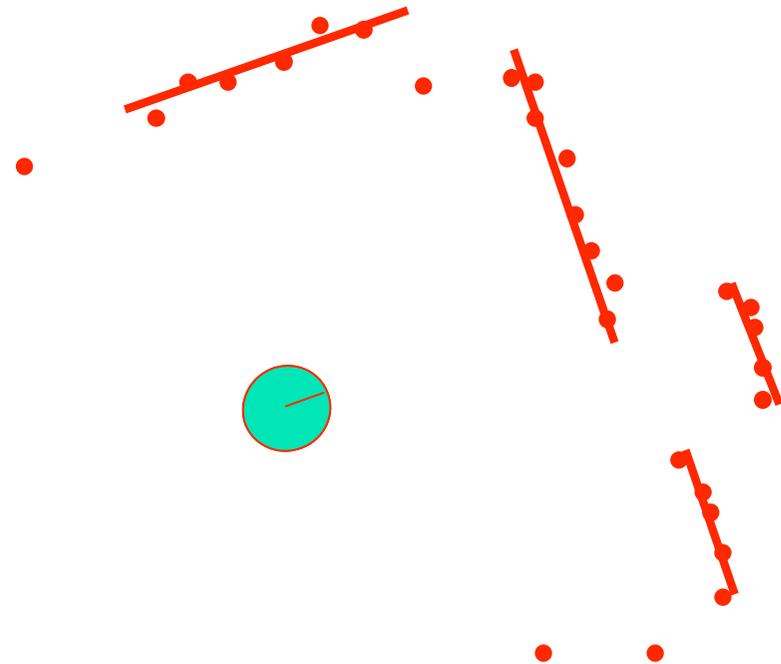
Algorithme

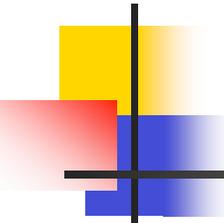
- 1/ segmentation
- 2/ prédiction position (tracking)
- 3/ carte d'aspect (tracking)
- 4/ groupement angulaire
- 5/ construction d'hypothèses
- 6/ sélection d'une hypothèse
- 7/ mise à jour de la carte
- 8/ calcul transformation odométrique



Algo : 1/ segmentation

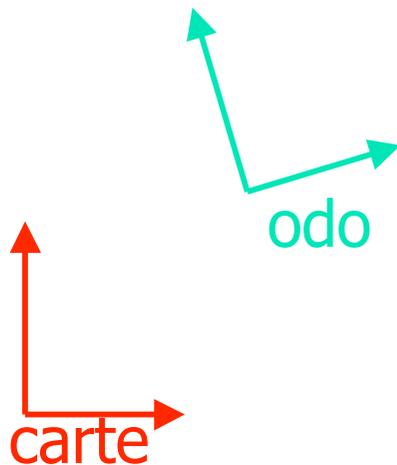
- Moindre carré
- + Kalman pour l'incertitude
- points isolés perdus
- pas de caractérisation des extrémités

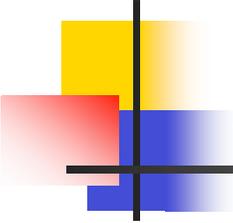




Algo : 2/ prédiction position

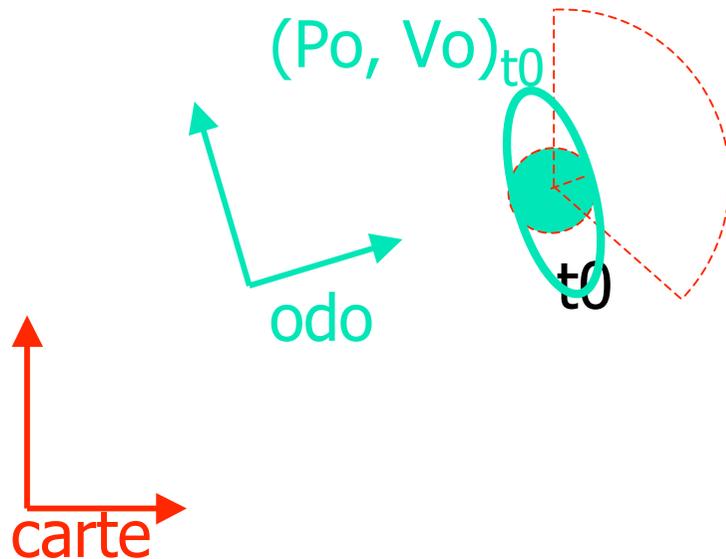
- Mode tracking uniquement
- Prédiction probabiliste

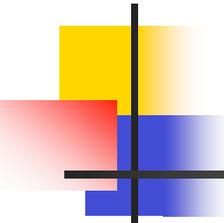




Algo : 2/ prédiction position

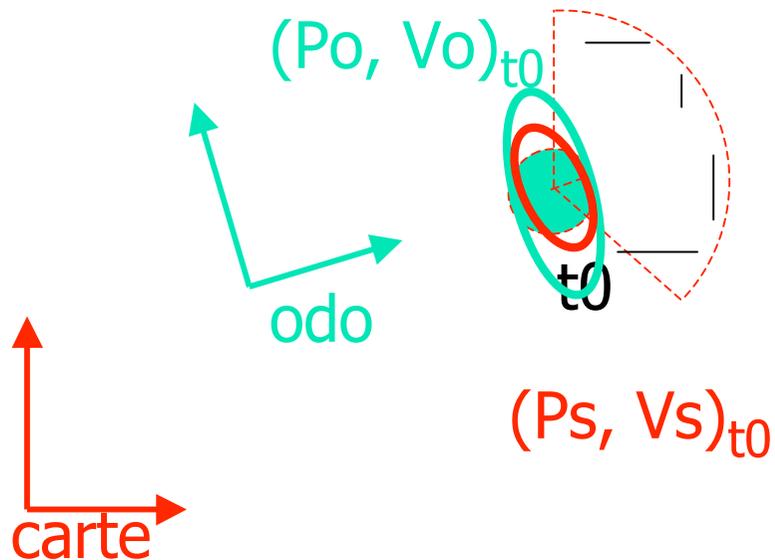
- Mode tracking uniquement
- Prédiction probabiliste





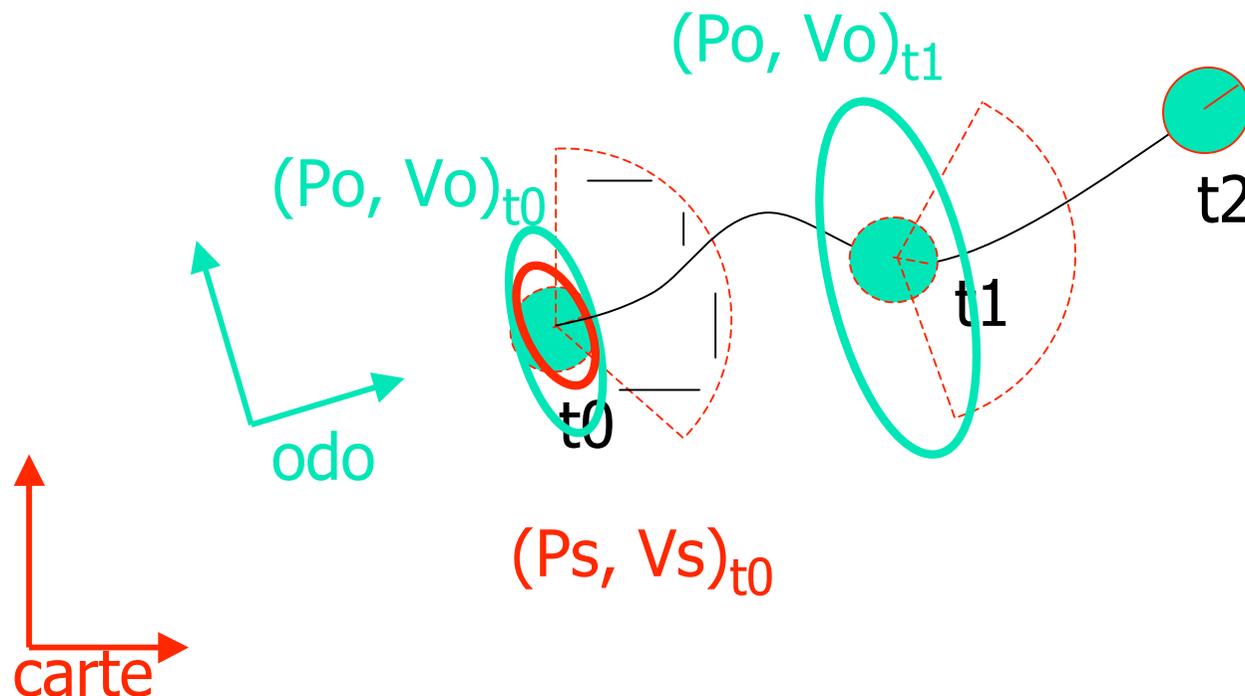
Algo : 2/ prédiction position

- Mode tracking uniquement
- Prédiction probabiliste



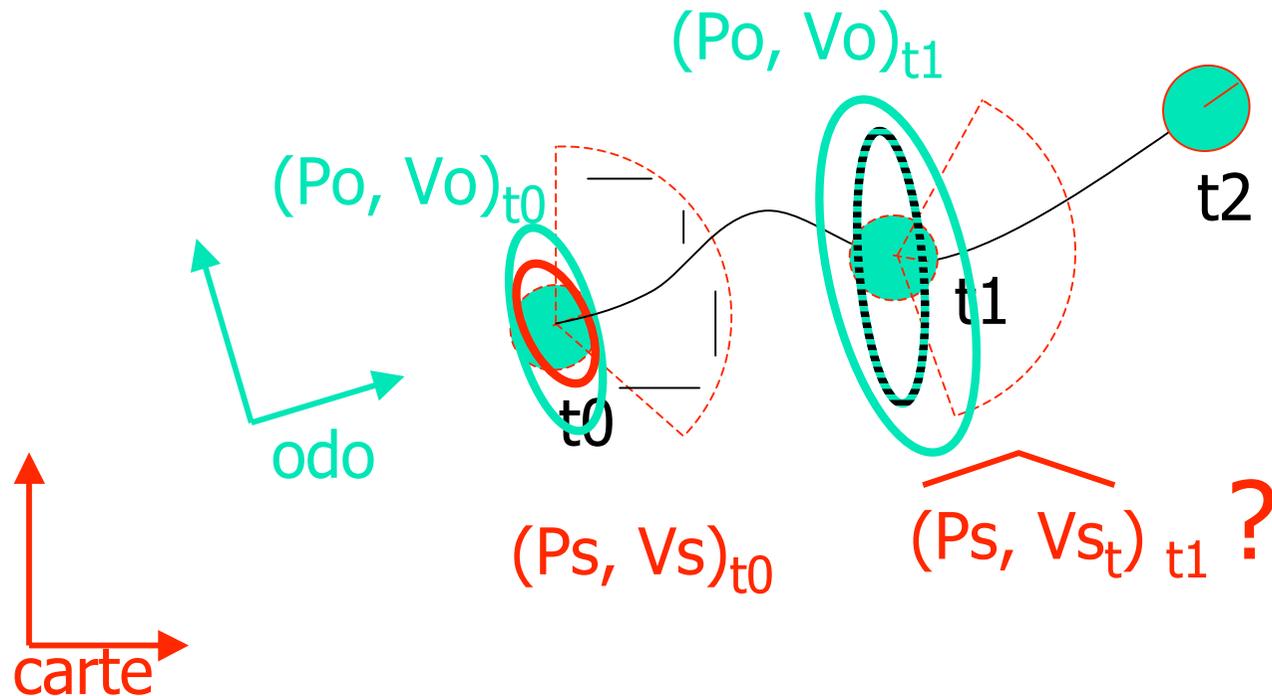
Algo : 2/ prédiction position

- Mode tracking uniquement
- Prédiction probabiliste



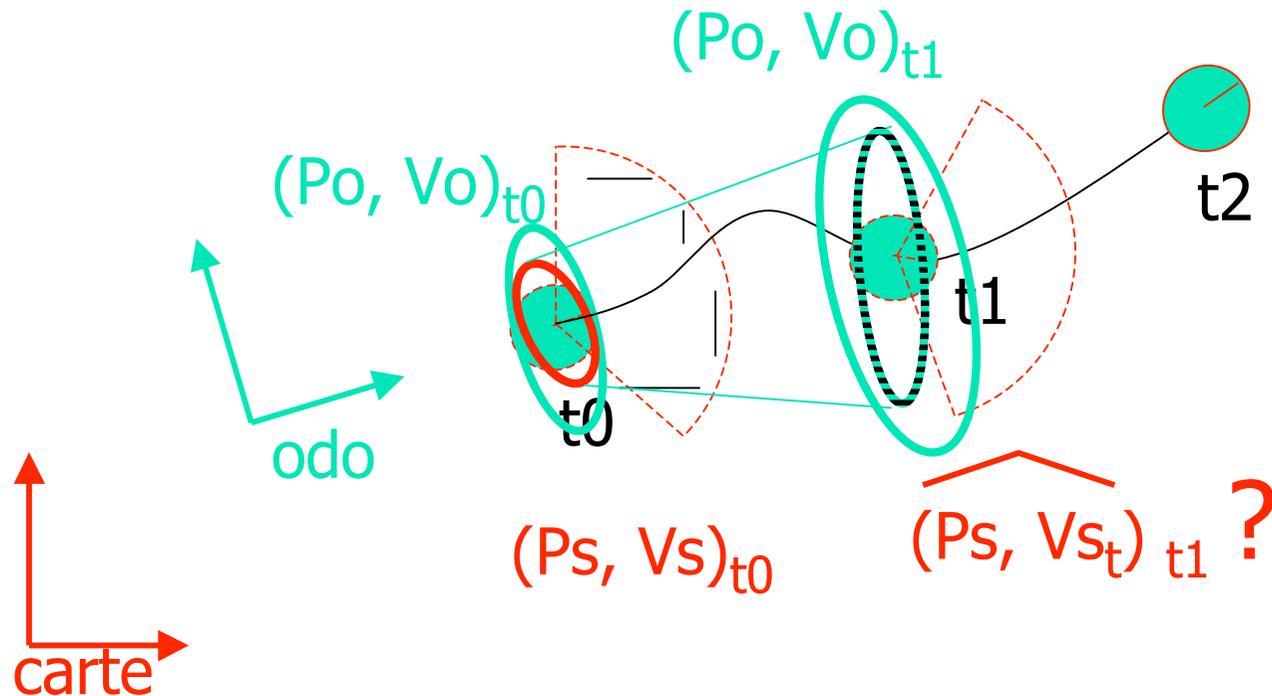
Algo : 2/ prédiction position

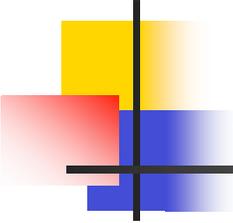
- Mode tracking uniquement
- Prédiction probabiliste



Algo : 2/ prédiction position

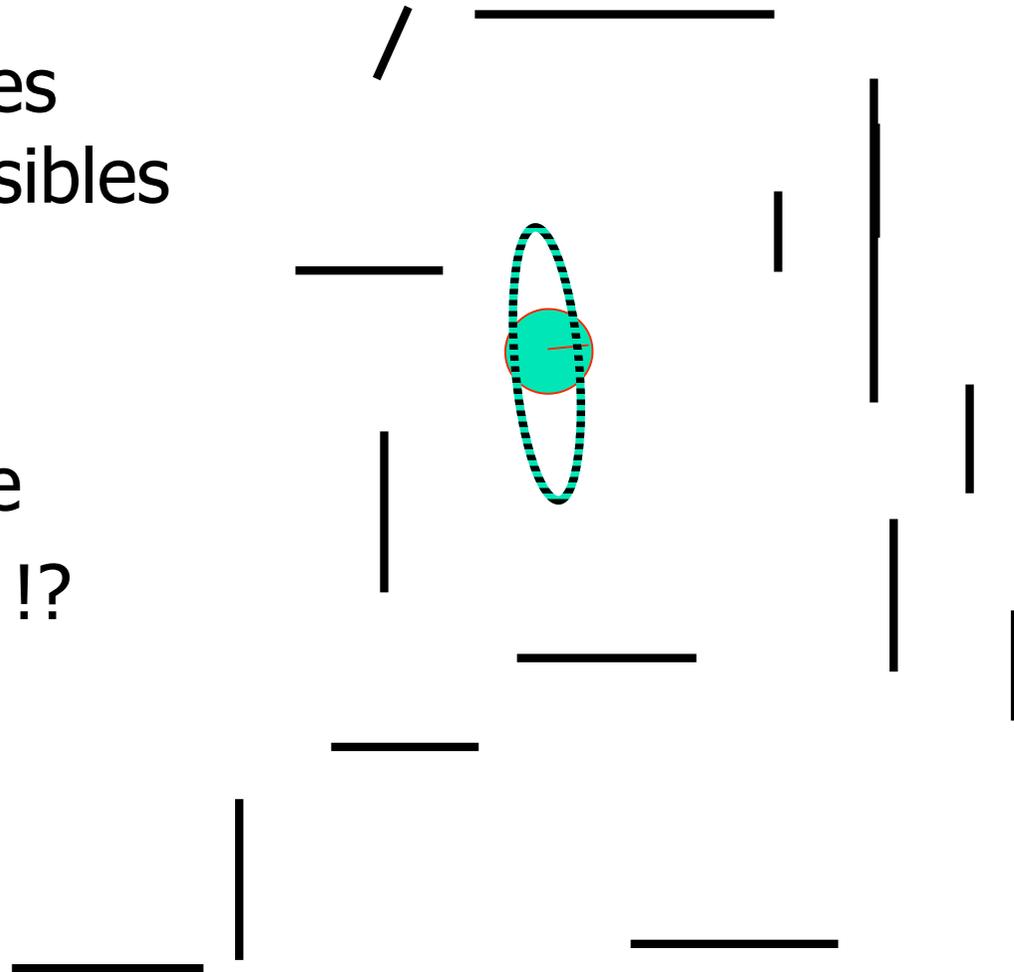
- Mode tracking uniquement
- Prédiction probabiliste





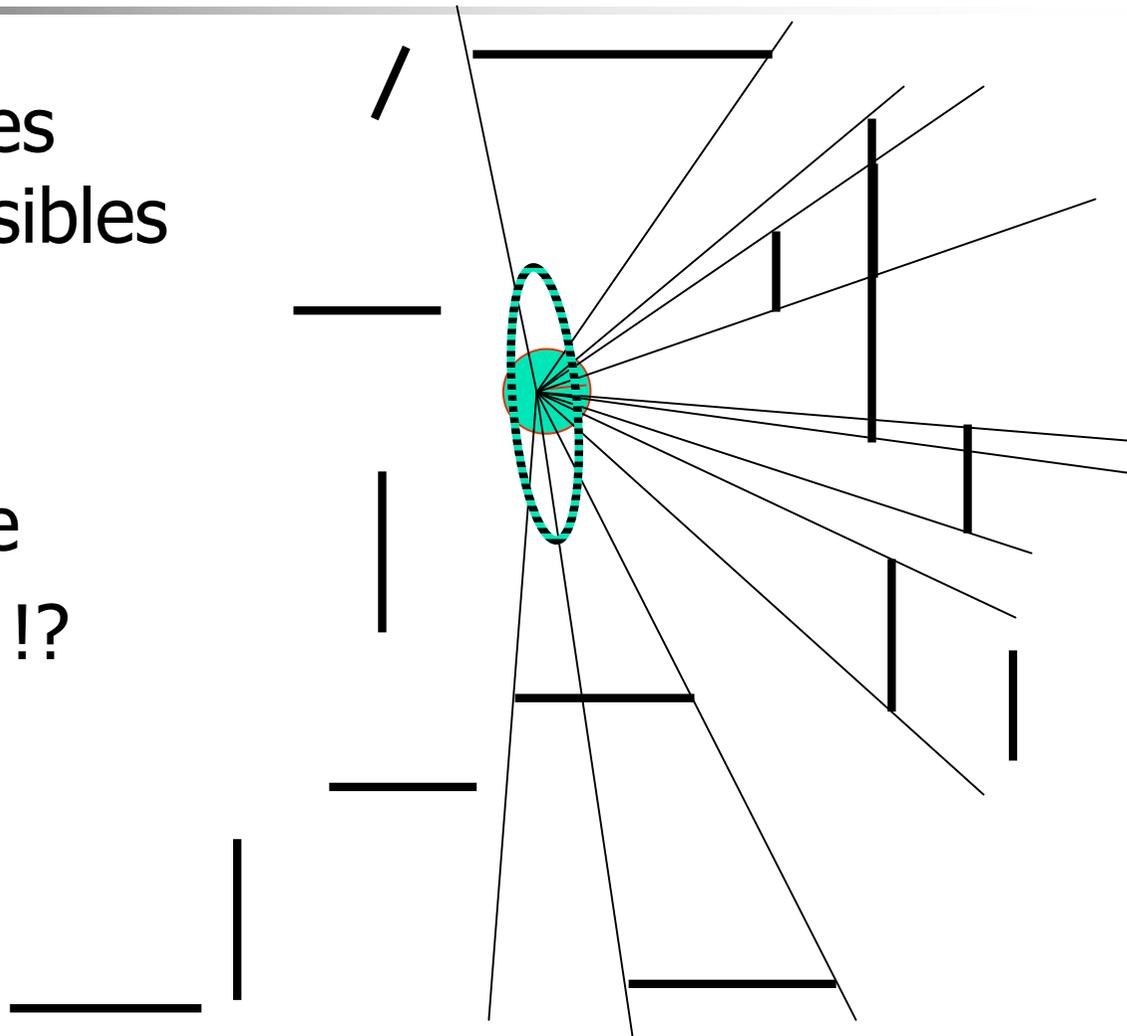
Algo : 3/ carte d'aspect

- Prédiction des segments visibles
- Optionnel
- Réduction combinatoire
- Calcul exact !?



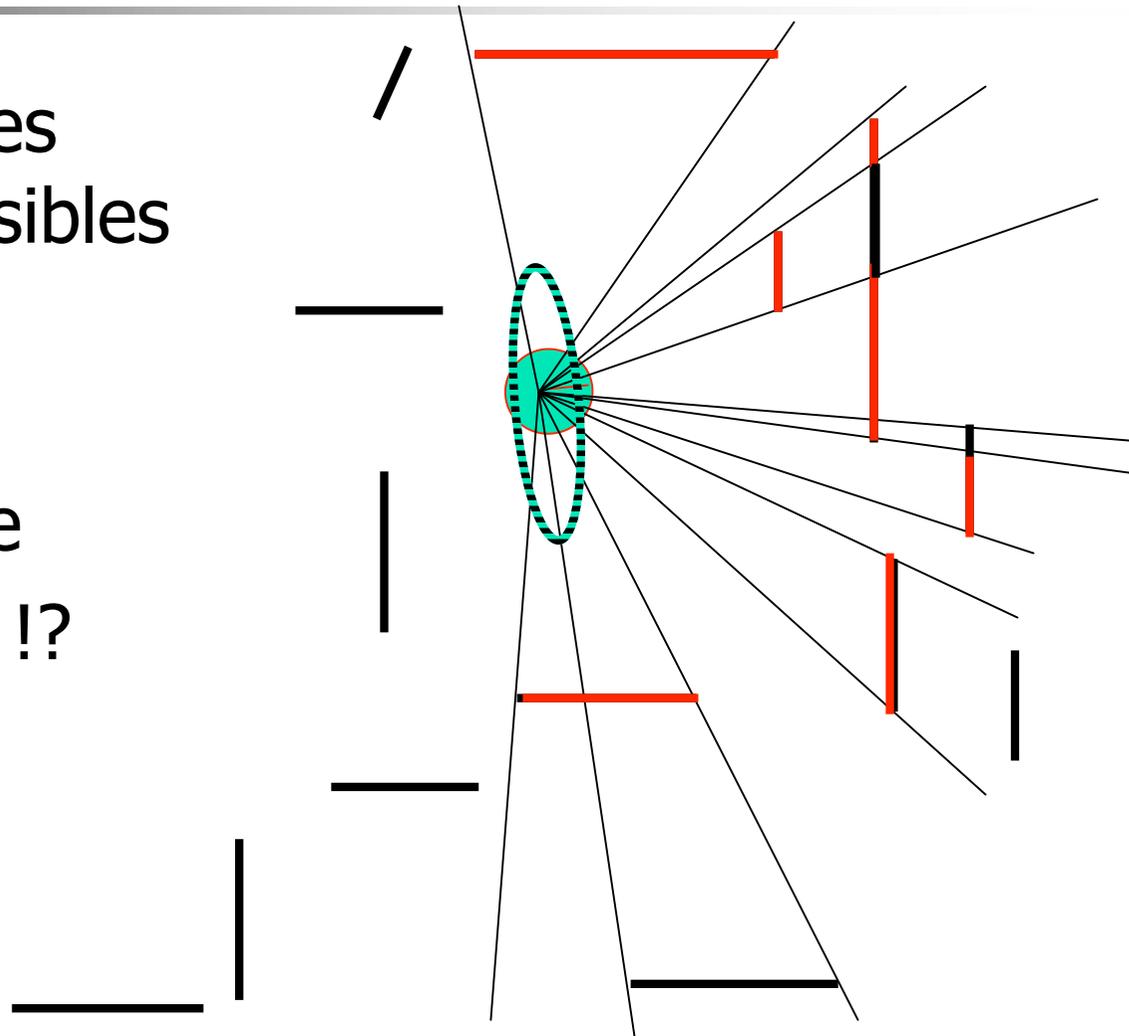
Algo : 3/ carte d'aspect

- Prédiction des segments visibles
- Optionnel
- Réduction combinatoire
- Calcul exact !?



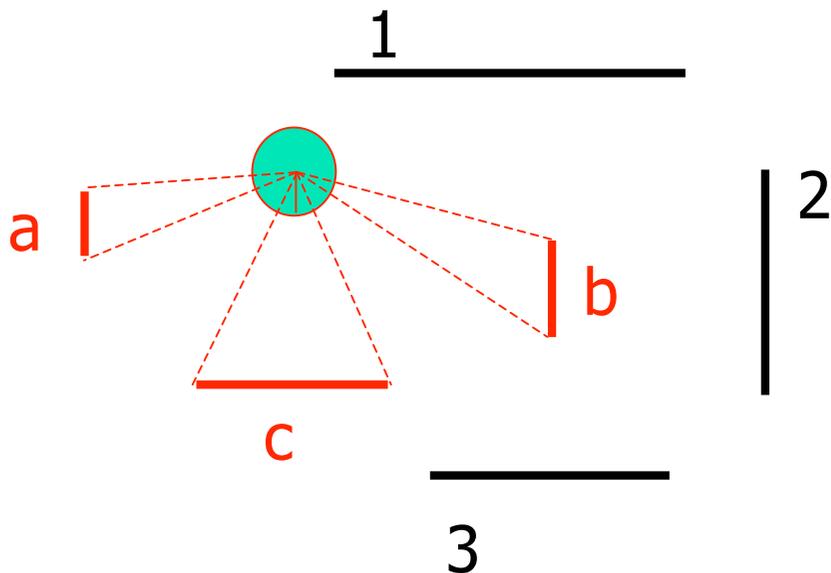
Algo : 3/ carte d'aspect

- Prédiction des segments visibles
- Optionnel
- Réduction combinatoire
- Calcul exact !?

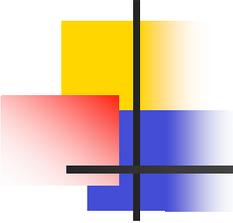


Algo : 4/ groupement angulaire

- Chaque couple d'appariements -> 1 hypothèse position
- Combinatoire importante
- Partitionnement des appariements en groupe angulairement compatibles

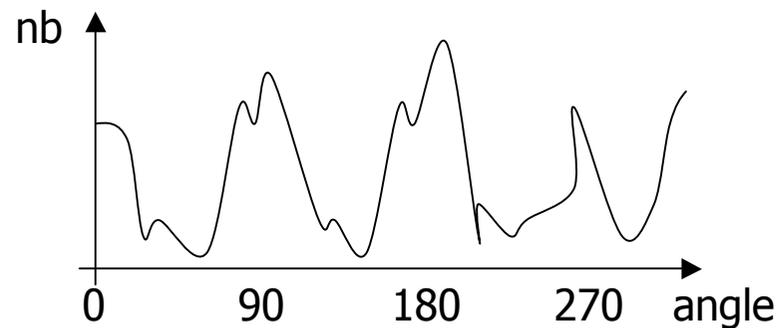


Angle	0	90	180	270
	(b,1)	(c,1)	(a,1)	(b,2)
	(c,2)	(a,2)	(b,3)	(c,3)
	(a,3)			



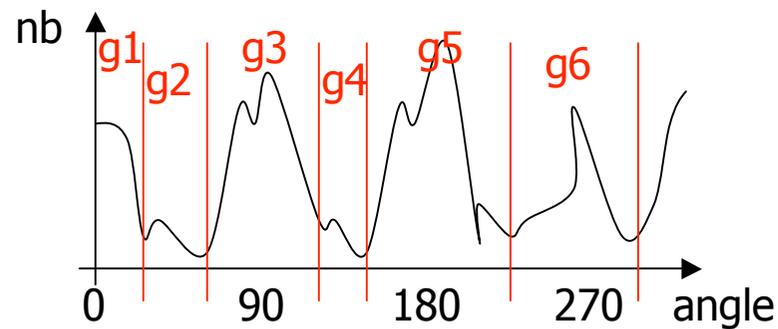
Algo : 4/ groupement angulaire

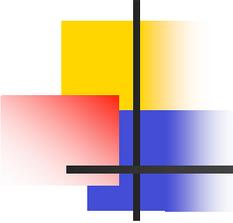
- 2 méthodes :
 - Kalman (distance de mahalanobis)
 - partitionnement de l'histogramme



Algo : 4/ groupement angulaire

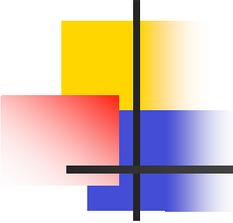
- 2 méthodes :
 - Kalman (distance de mahalanobis)
 - partitionnement de l'histogramme





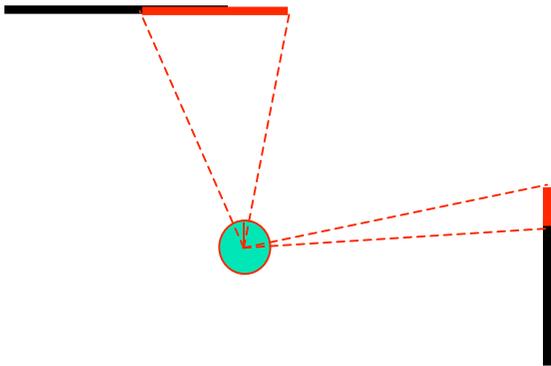
Algo : 5/ construction hypothèses

- Pour chaque groupe angulaire
 - Pour chaque couple d'appariement non-parallèle
 - Construction d'une hypothèse
 - Pour chaque appariement du groupe
 - Renforcement de l'hypothèse avec Kalman : distance mahalanobis sur *droite porteuse* (orientation + distance), fusion



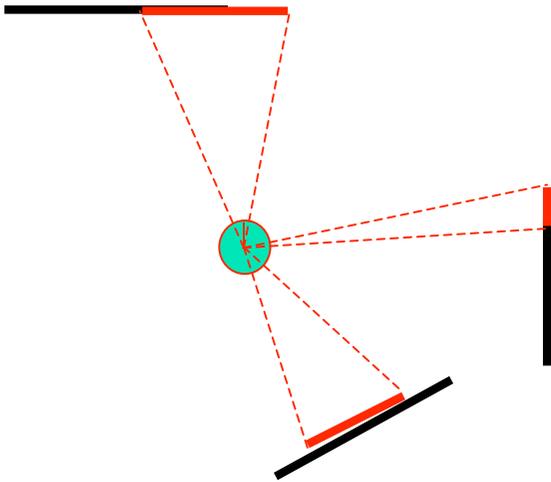
Algo : 5/ construction hypothèses

- Pour chaque groupe angulaire
 - Pour chaque couple d'appariement non-parallèle
 - Construction d'une hypothèse
 - Pour chaque appariement du groupe
 - Renforcement de l'hypothèse avec Kalman : distance mahalanobis sur *droite porteuse* (orientation + distance), fusion



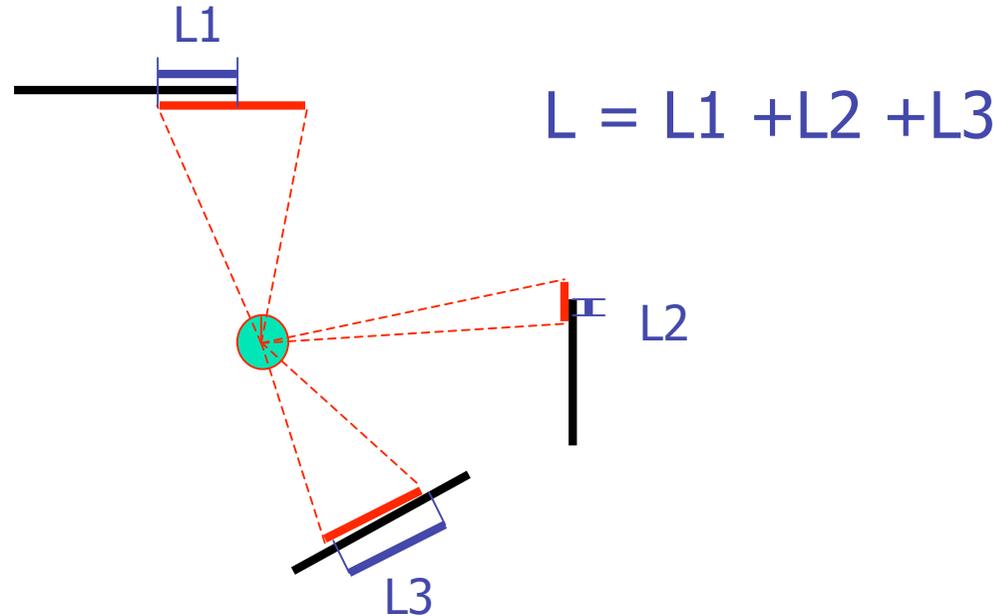
Algo : 5/ construction hypothèses

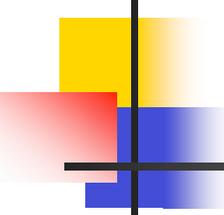
- Pour chaque groupe angulaire
 - Pour chaque couple d'appariement non-parallèle
 - Construction d'une hypothèse
 - Pour chaque appariement du groupe
 - Renforcement de l'hypothèse avec Kalman : distance mahalanobis sur *droite porteuse* (orientation + distance), fusion



Algo : 6/ sélection hypothèse

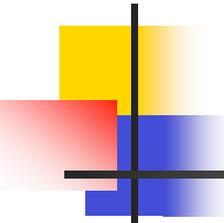
1. Si tracking : compatibilité avec position estimée
2. Heuristique : la plus grande longueur appariée cumulée (ie, meilleur recouvrement des segments)





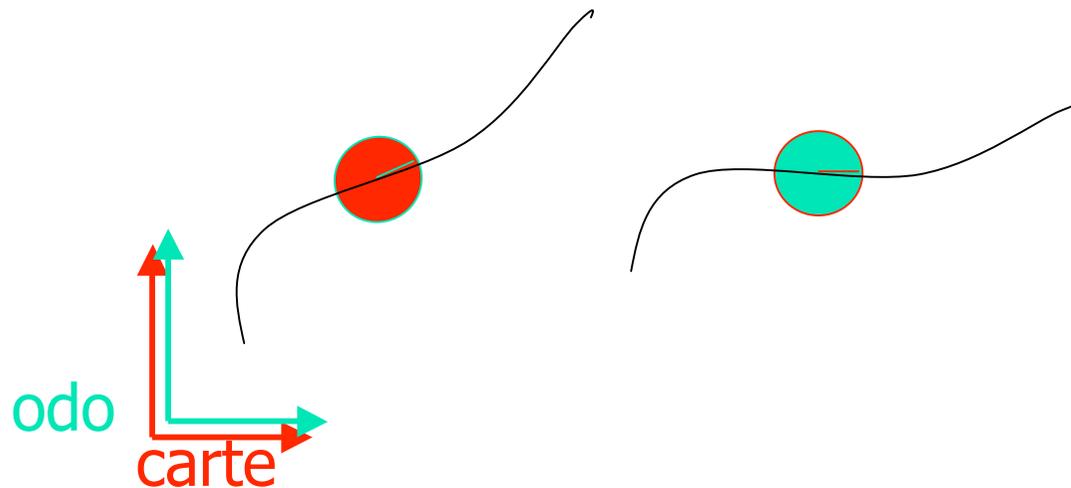
Algo : 7/ Mise à jour de la carte

- Si mise à jour de la carte
 - Fusion segments appariés
 - Ajout nouveaux segments



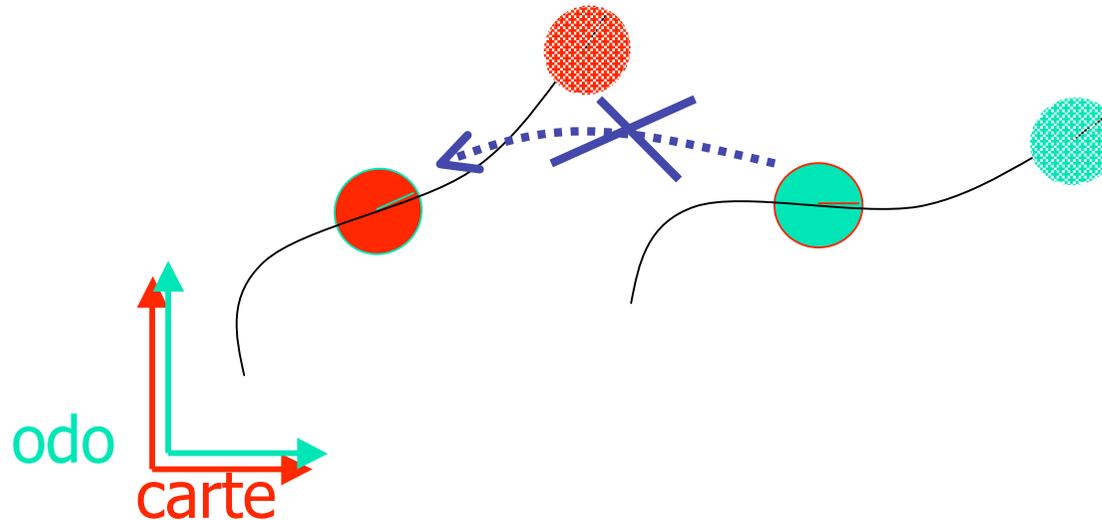
Algo : 8/ Calcul correction odo

- La *position* corrigée est déjà caduque lorsqu'elle est calculée
- Calcul de l'erreur sur le *repère* odo.



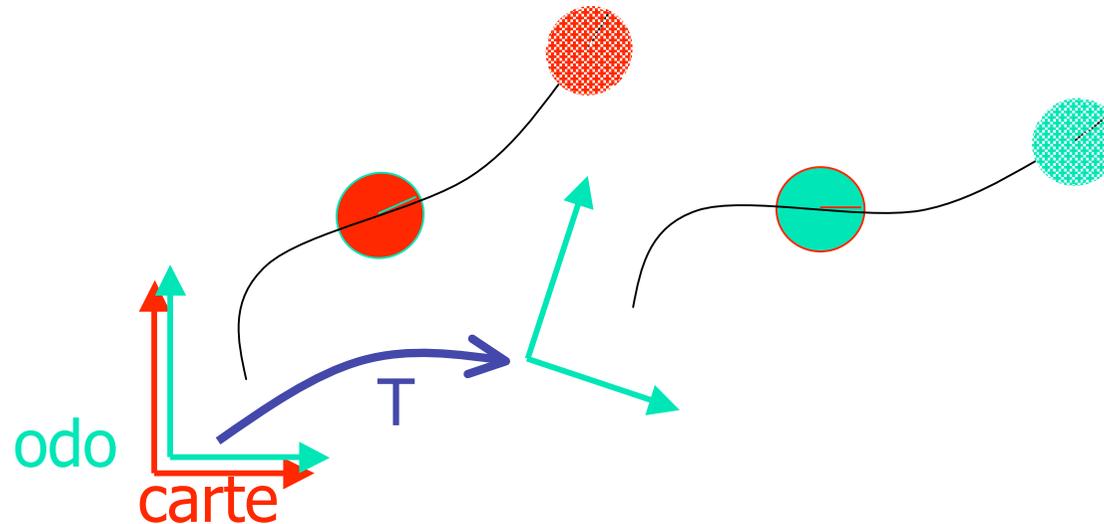
Algo : 8/ Calcul correction odo

- La *position* corrigée est déjà caduque lorsqu'elle est calculée
- Calcul de l'erreur sur le *repère* odo.



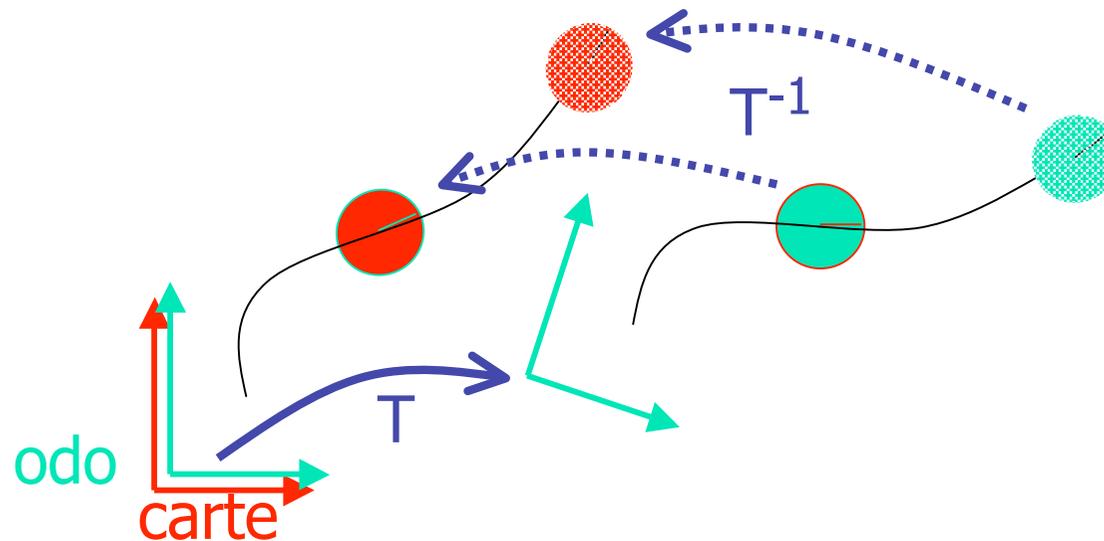
Algo : 8/ Calcul correction odo

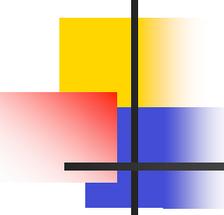
- La *position* corrigée est déjà caduque lorsqu'elle est calculée
- Calcul de l'erreur sur le *repère* odo.



Algo : 8/ Calcul correction odo

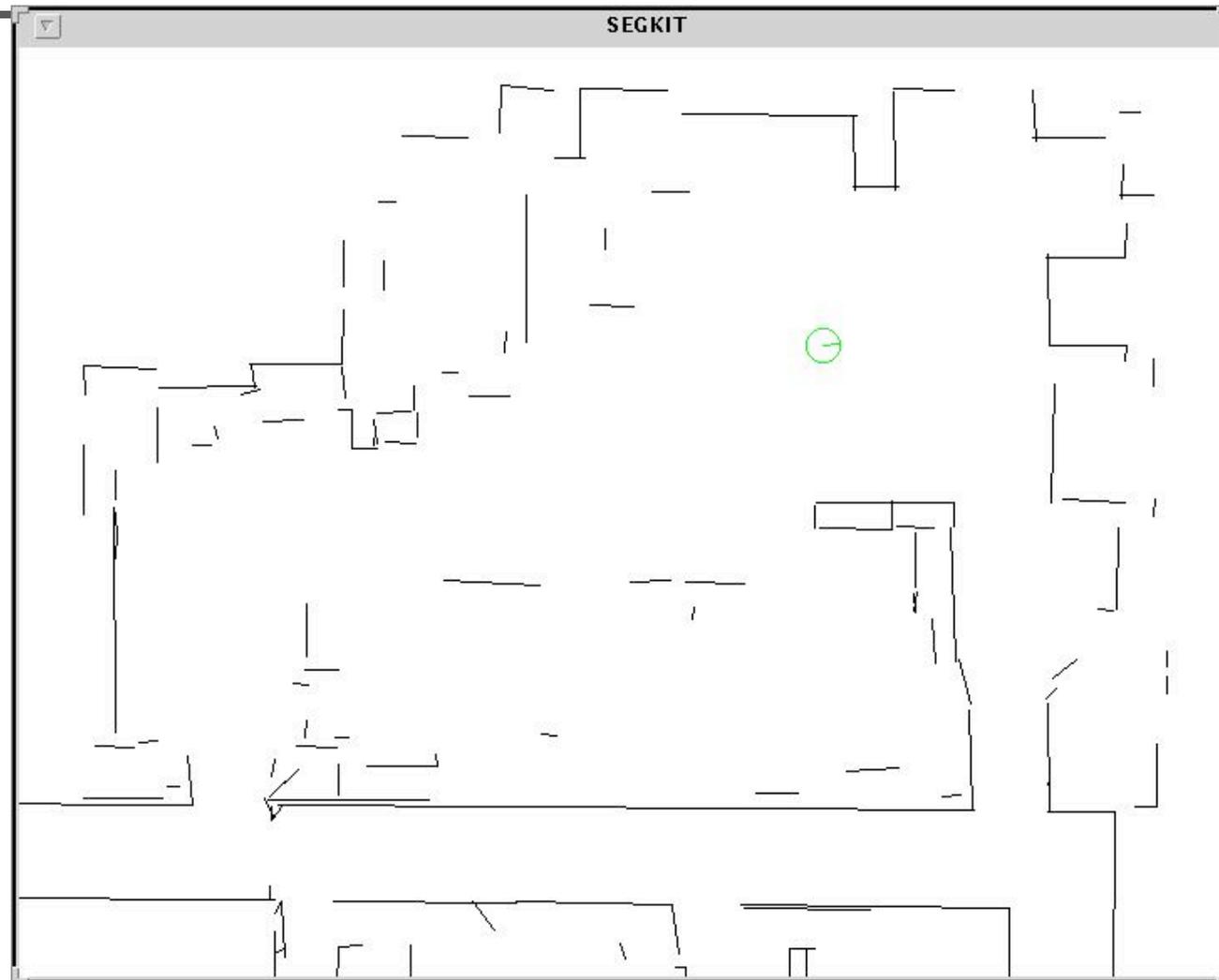
- La *position* corrigée est déjà caduque lorsqu'elle est calculée
- Calcul de l'erreur sur le *repère* odo.



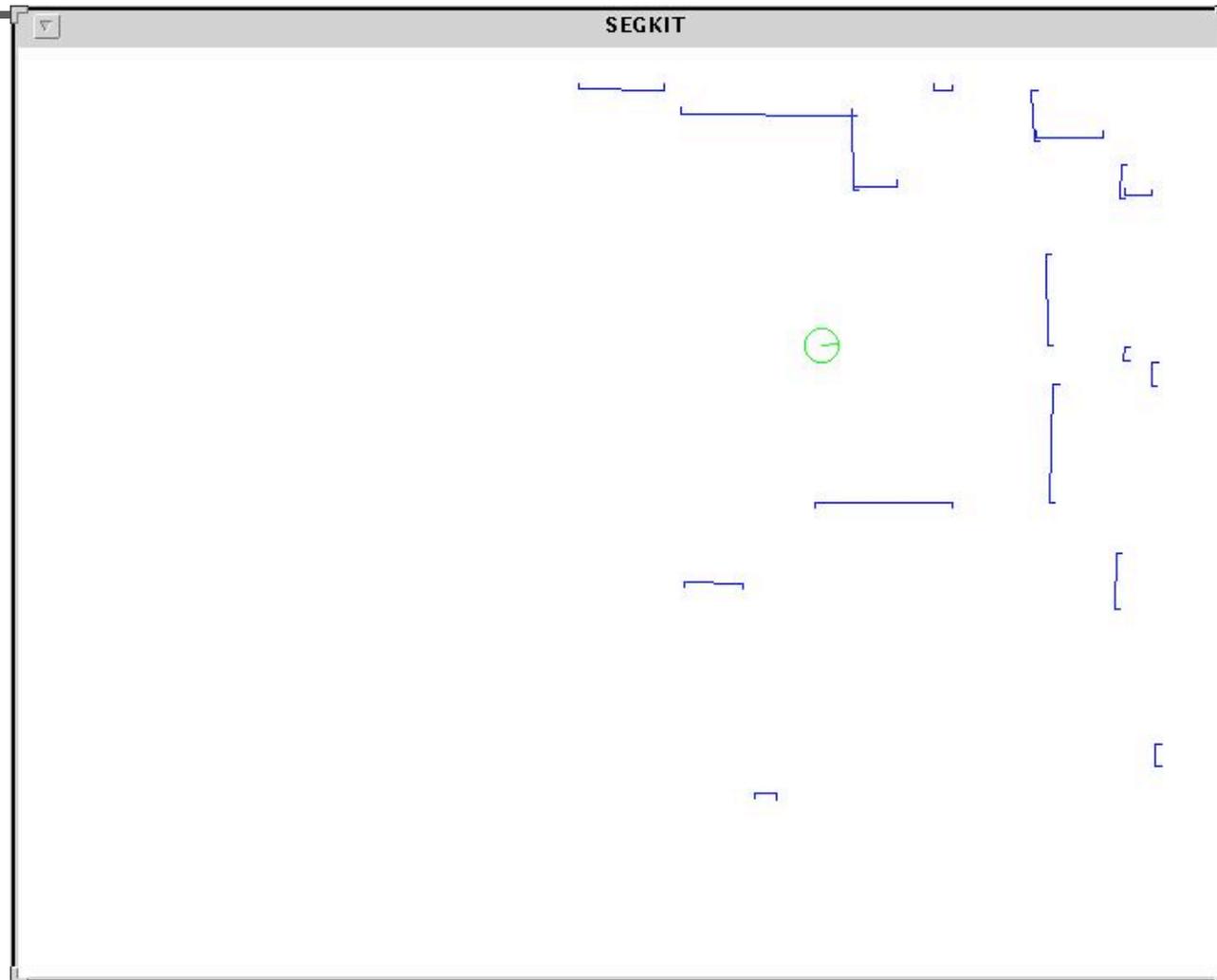


Exemple : la carte

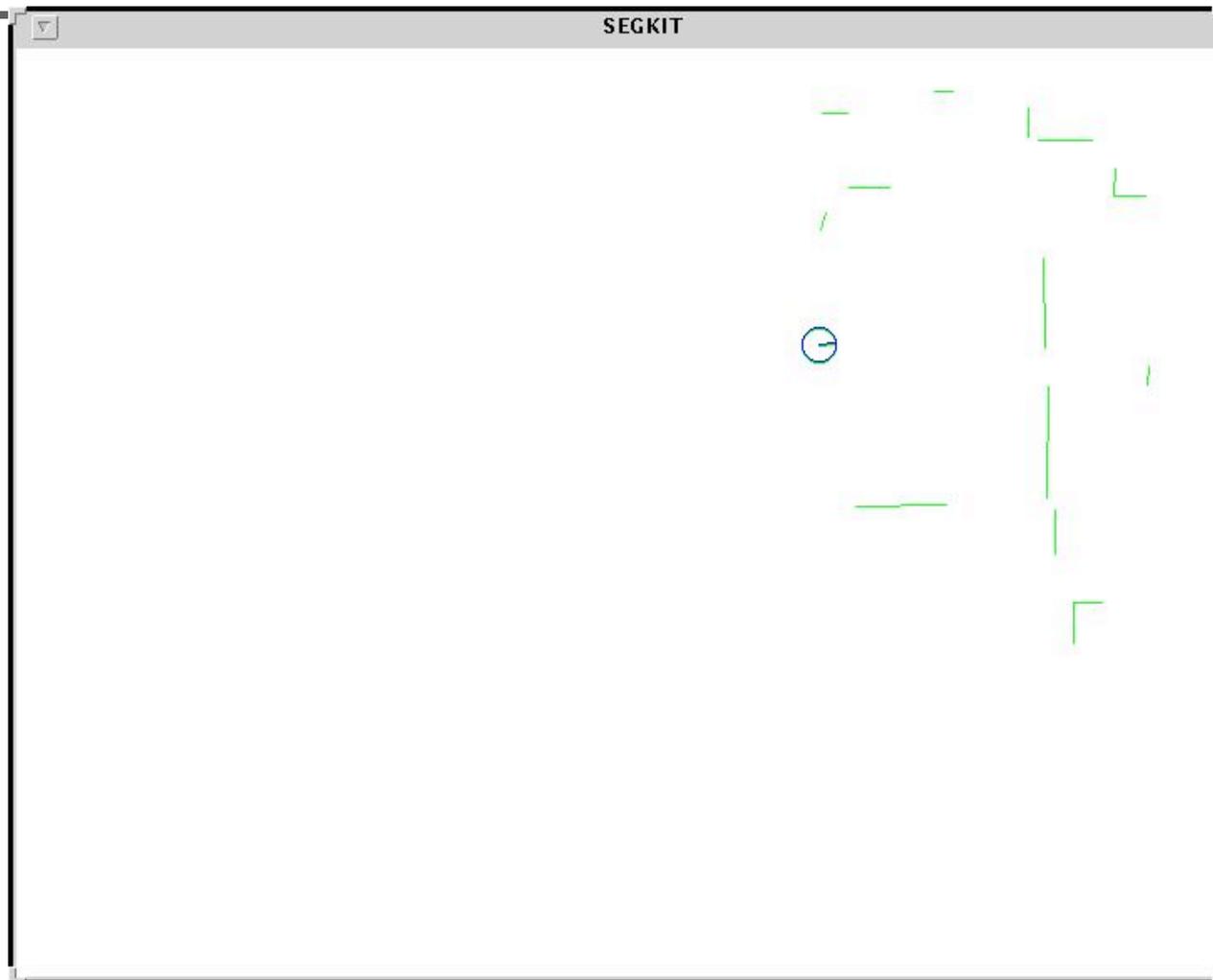
Exemple : la carte



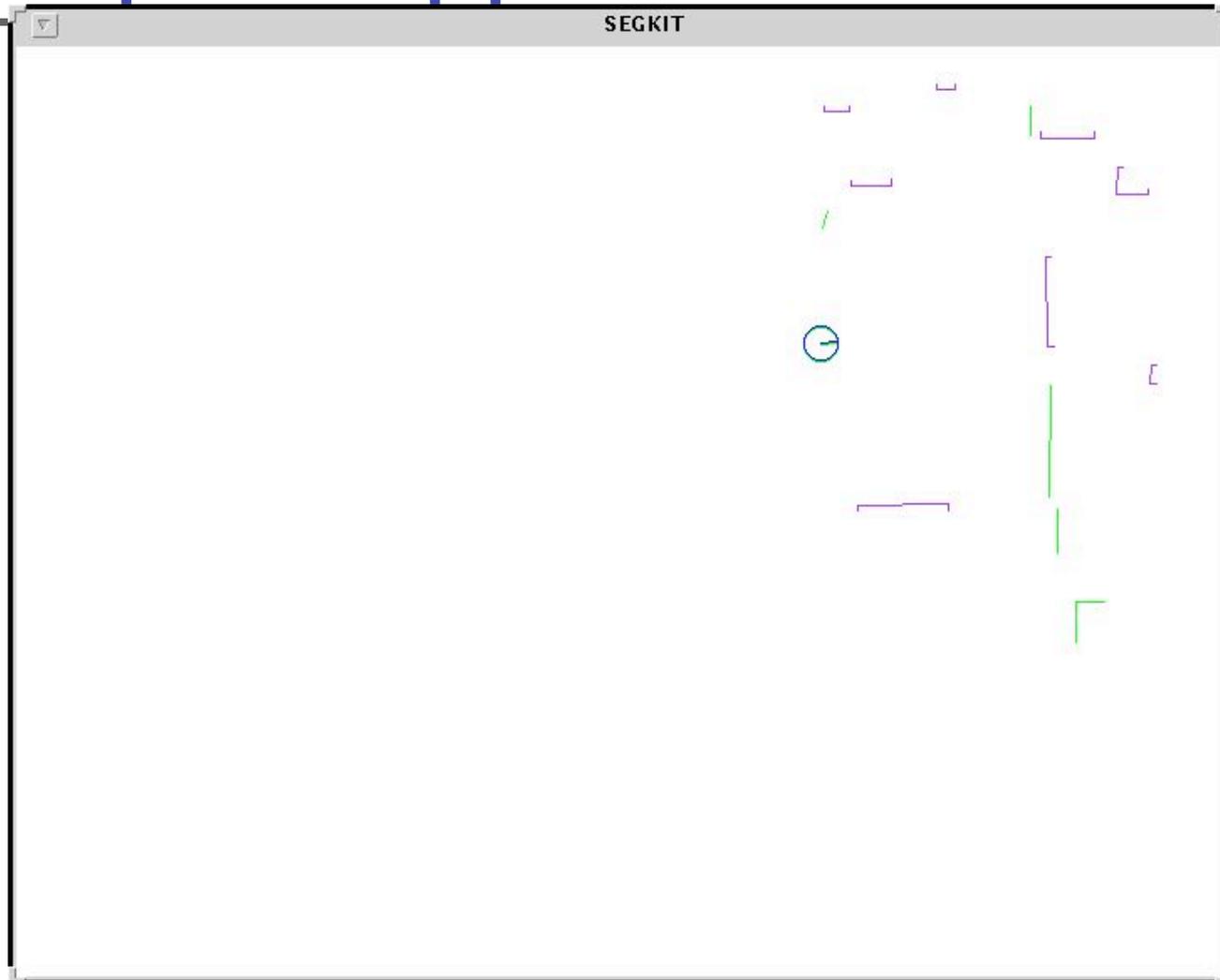
Exemple : carte d'aspect



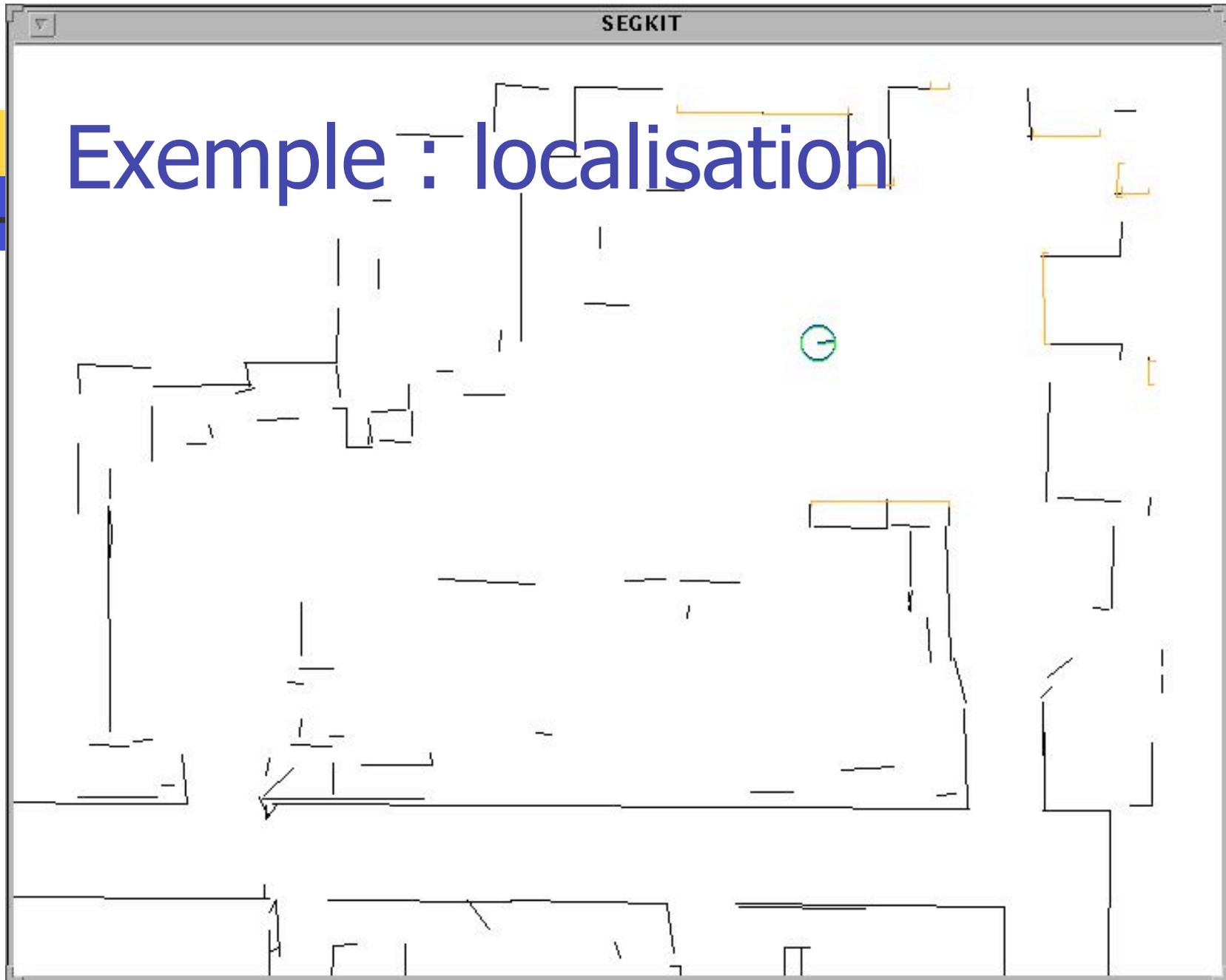
Exemple : segments acquis

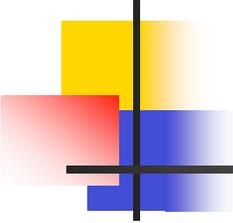


Exemple : appariements



Exemple : localisation



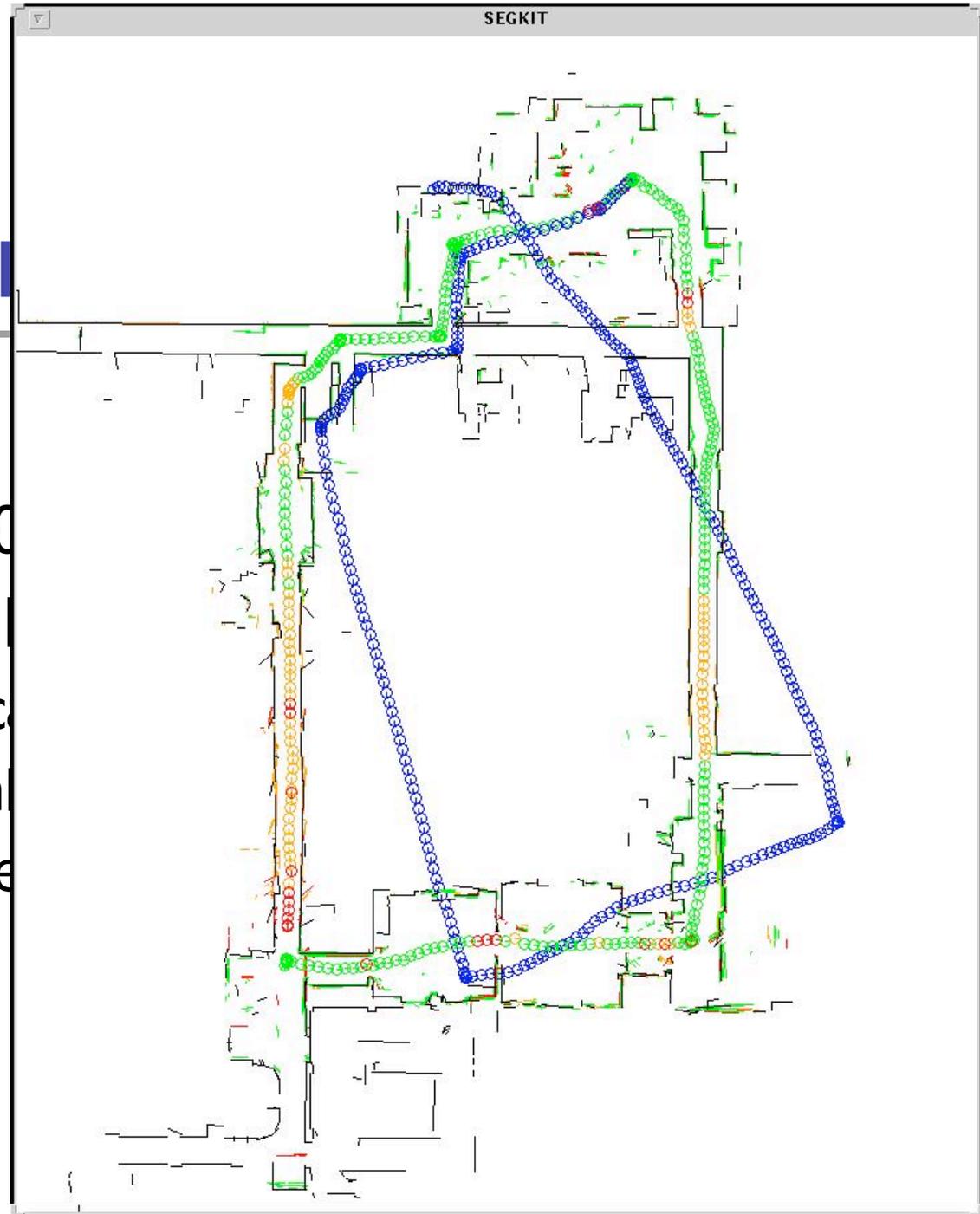


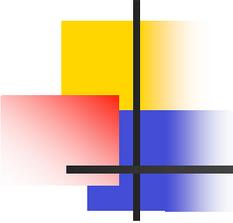
Performances

- Tracking :
 - 15ms à 100ms sur rantaanplan
 - Sur 1647 localisations :
 - 1192 localisations complètes
 - 347 localisations partielles
 - 108 échecs (attention : robot pas perdu)

Performance

- Tracking :
 - 15ms à 10
 - Sur 1647 l
 - 1192 loc
 - 347 local
 - 108 éche



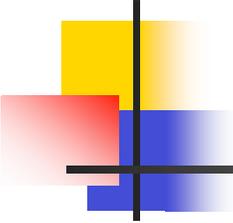


Limitations : 1/ construction carte

- **Non-corrélation :**

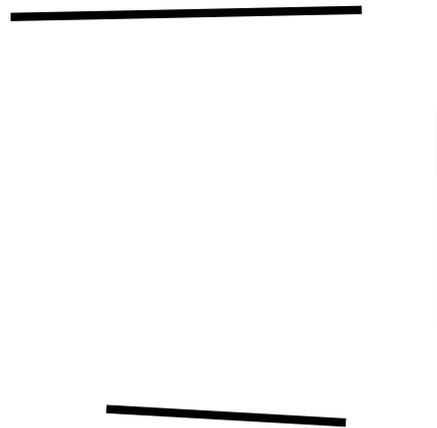
- correction locale, pas de propagations
- difficulté de re-bouclage dans la carte

-> Nebot ? (partitionnement environnement + propagation « batch »)

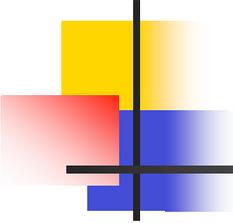


Limitations : 2/ sélection hypothèse

- Pas de confiance dans l'hypothèse !

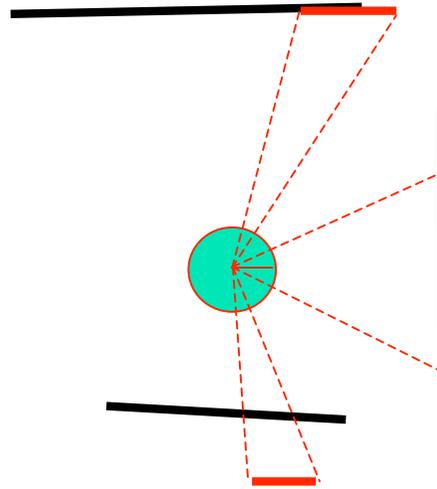


- Cause d'erreurs en absence de prédiction (ie, hors tracking)

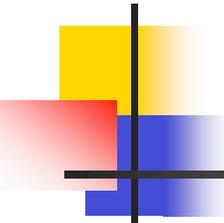


Limitations : 2/ sélection hypothèse

- Pas de confiance dans l'hypothèse !

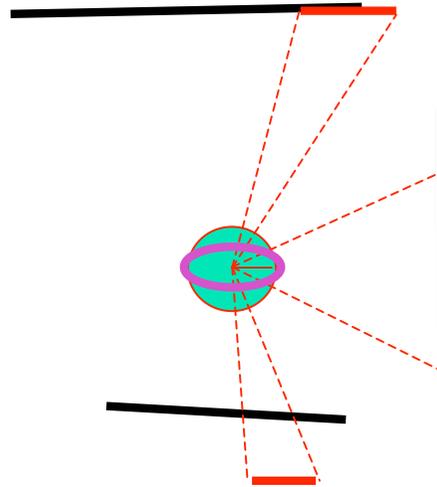


- Cause d'erreurs en absence de prédiction (ie, hors tracking)

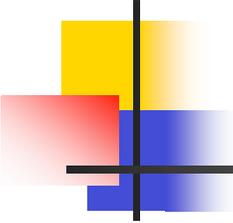


Limitations : 2/ sélection hypothèse

- Pas de confiance dans l'hypothèse !

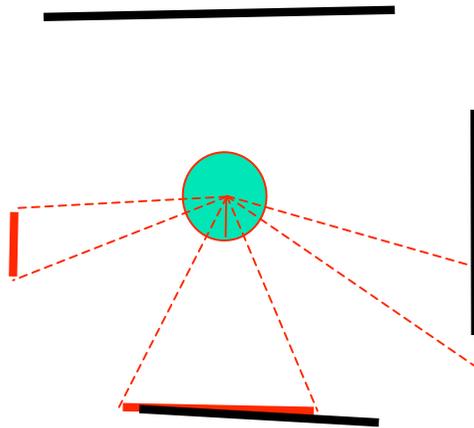


- Cause d'erreurs en absence de prédiction (ie, hors tracking)

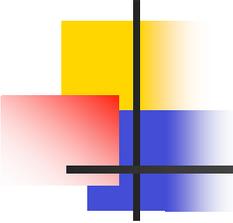


Limitations : 2/ sélection hypothèse

- Pas de confiance dans l'hypothèse !

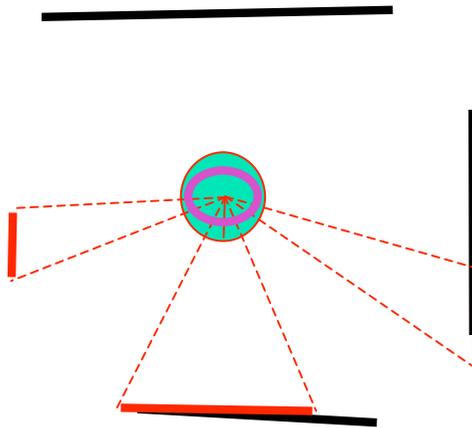


- Cause d'erreurs en absence de prédiction (ie, hors tracking)



Limitations : 2/ sélection hypothèse

- Pas de confiance dans l'hypothèse !



- Cause d'erreurs en absence de prédiction (ie, hors tracking)

Limitation : sélection hypothèse

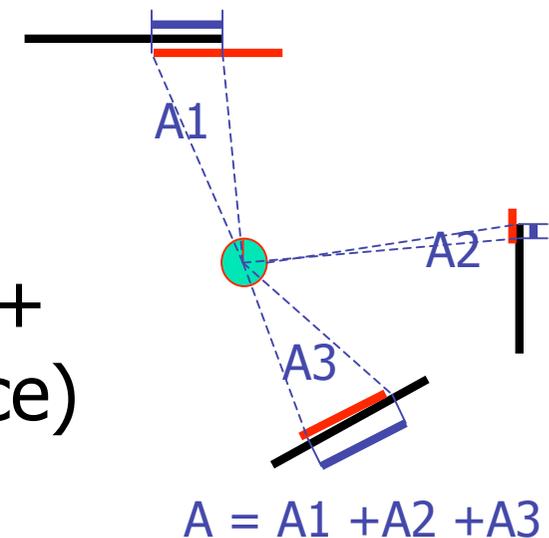
-> nombreux critères de qualité. Eg :

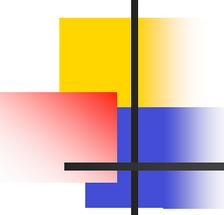
- nombre de segments appariés
- proportion de segments non-appariés
- angle apparié cumulé
- vitesses du robot lors de l'acquisition

-> classification bonne/mauvaise + score de qualité (ie, de confiance)

- bayésienne
- plus proche voisin

+ maintenir hypothèses parallèles

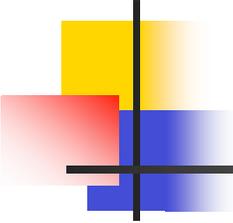




Limitations : 3/ incertitudes peu réalistes

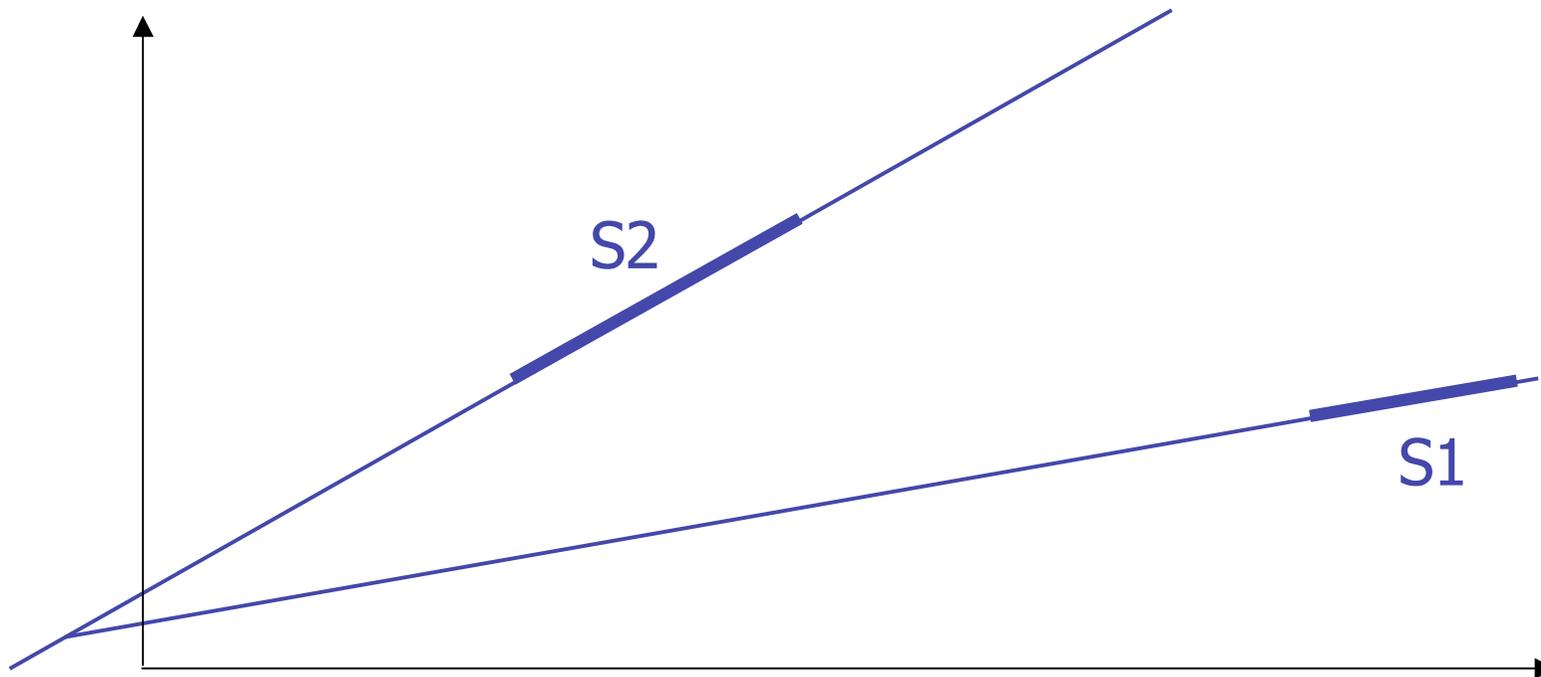
- Gestion des incertitudes :
 - Erreurs exclusivement sur la position des points-laser
 - Obtention de précisions irréalistes lors de tirs sur place

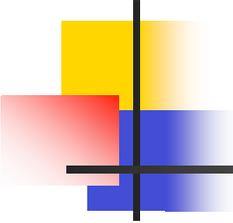
- > du à la non-corrélation ?
- > Pas de **re**localisation à l'arrêt



Limitations : 4/ critère d'appariement

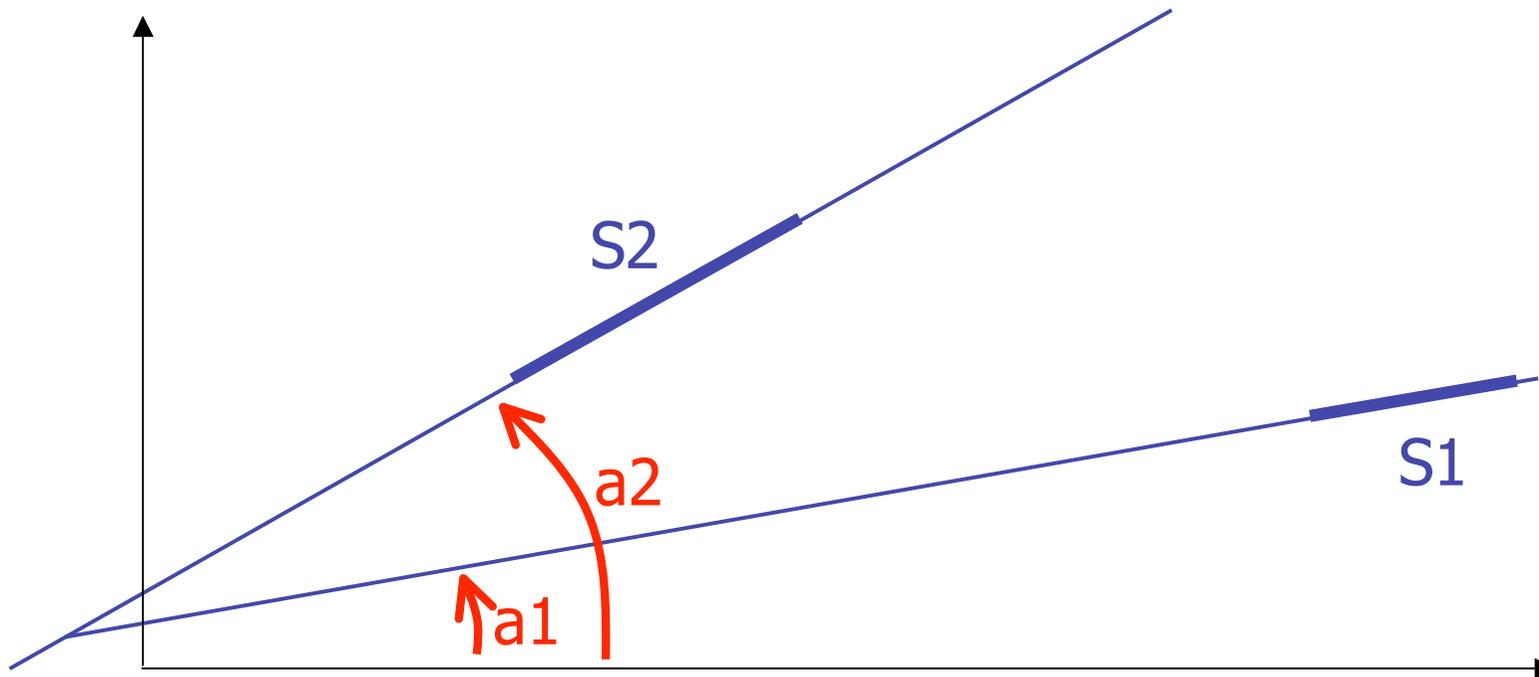
- Appariement par *droite porteuse*
(angle OK mais distance pas significative !)

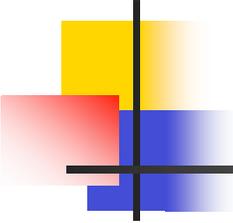




Limitations : 4/ critère d'appariement

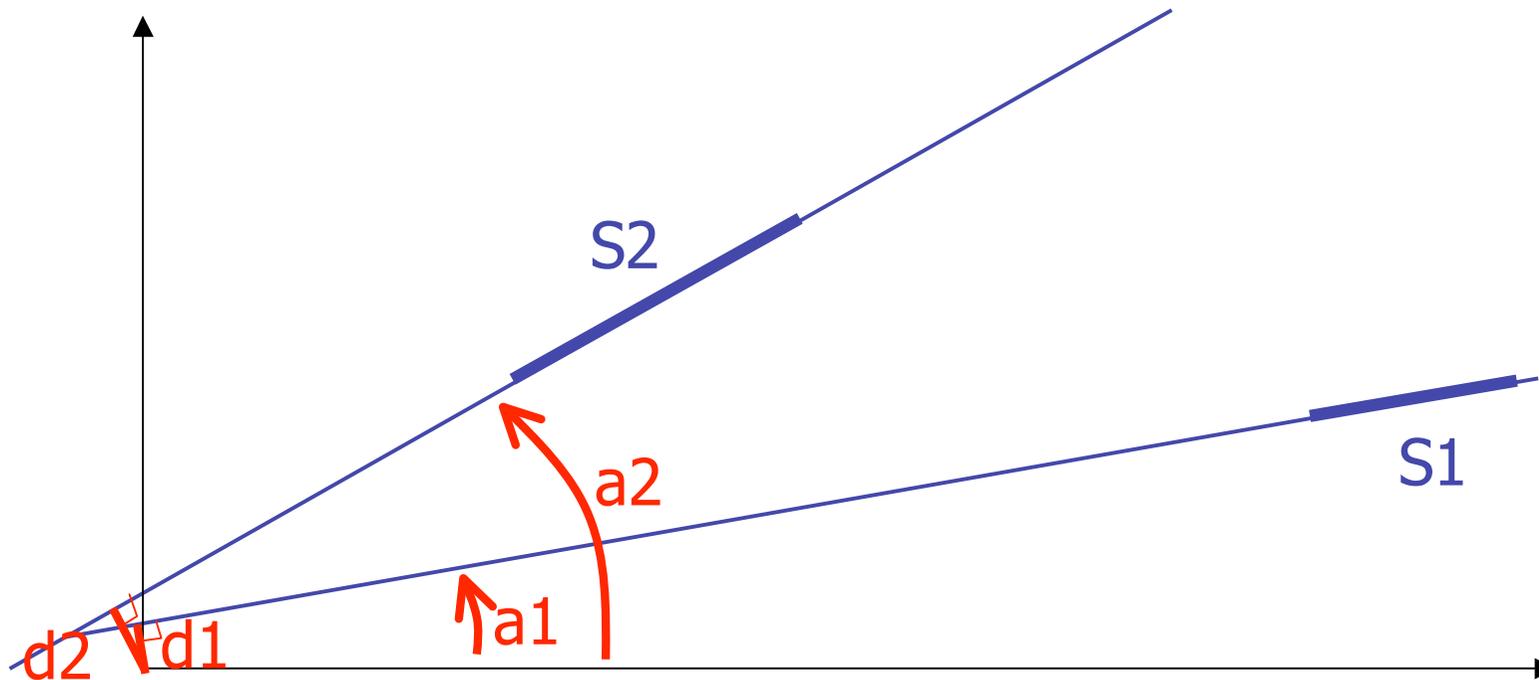
- Appariement par *droite porteuse*
(angle OK mais distance pas significative !)





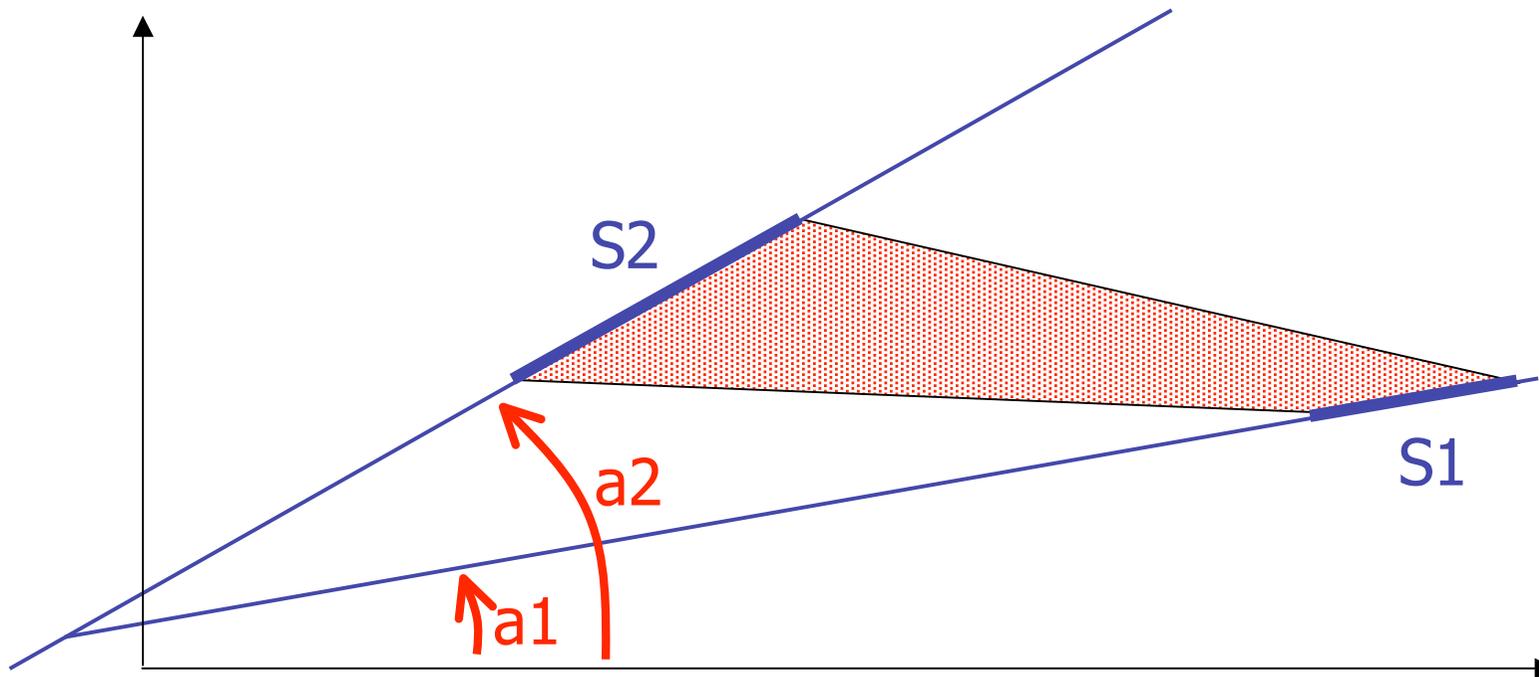
Limitations : 4/ critère d'appariement

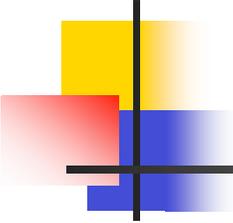
- Appariement par *droite porteuse*
(angle OK mais distance pas significative !)



Limitations : 4/ critère d'appariement

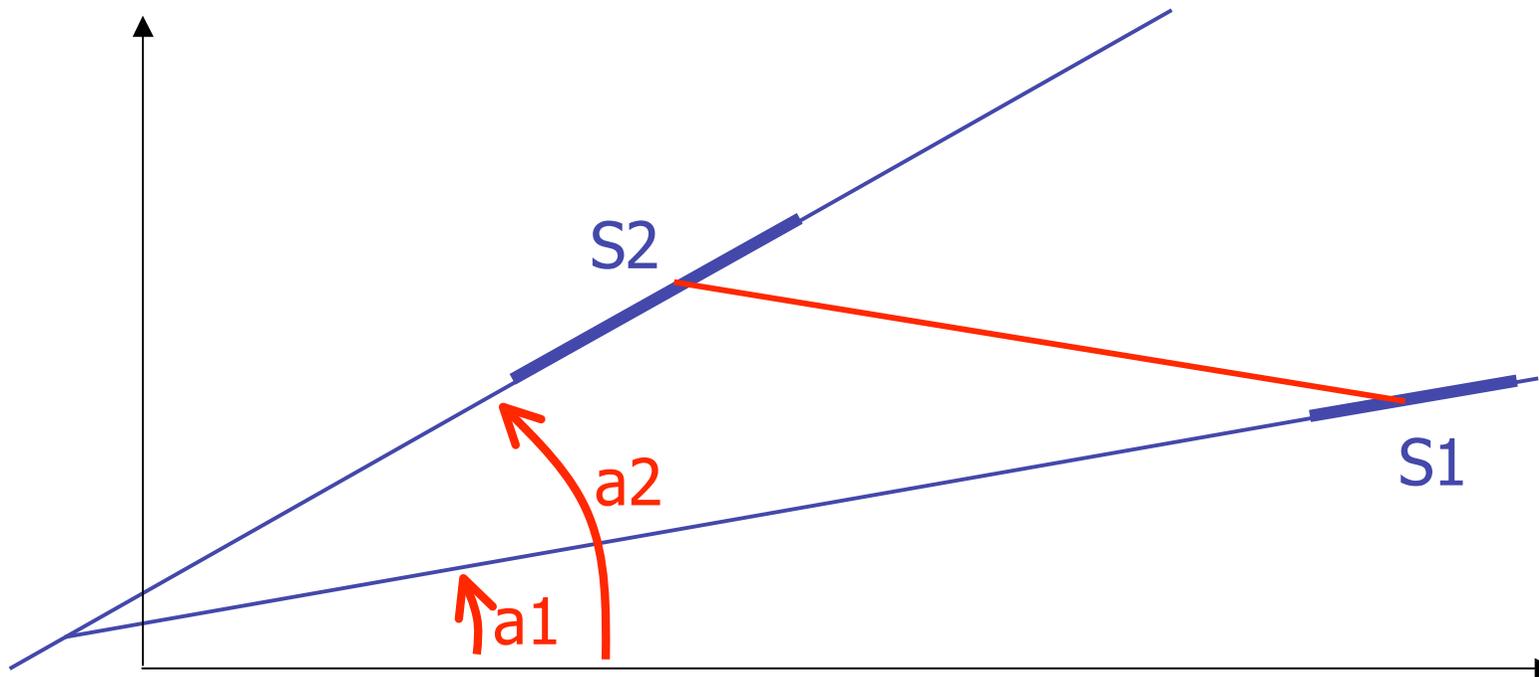
- Appariement par *droite porteuse*
(angle OK mais distance pas significative !)

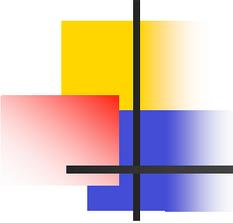




Limitations : 4/ critère d'appariement

- Appariement par *droite porteuse*
(angle OK mais distance pas significative !)





Conclusion

- Marche bien en tracking.
- Peut-on résorber les limitations ?
 - non-corrélation -> bouclage carte
 - pas de confiance dans les hypothèses
- Cela présente-t-il un intérêt ?
- Faut-il revoir complètement l'approche ?