

Planification de trajectoire dans le cadre de véhicules automatisés

Milieus : interactions, interfaces, homogénéité, ruptures

Présentation, lien, contexte

- Contexte général :

- révolution de l'intelligence artificielle et des voitures autonomes
- Premières étapes : le stationnement automatique

- Enjeux actuels :

1. une conduite plus sûre ? vies humaines, dégâts matériels
2. Utilisation de capteurs en temps réel
3. IA dans un milieu aléatoire
4. Tremplin vers d'autres automatisations

- Lien :

- Interaction entre l'homme et la machine dans le milieu urbain
- Modélisation à travers l'interface de l'ordinateur



Problématique

Comment trouver une trajectoire optimisée et une modélisation adéquate qui permettront d'effectuer toutes les manœuvres nécessaires au stationnement automatique ?

Intérêt :

- simulation informatique par une modélisation 2D
- démarche scientifique :
problème simple puis s'imposer des contraintes

Enjeux scientifiques :

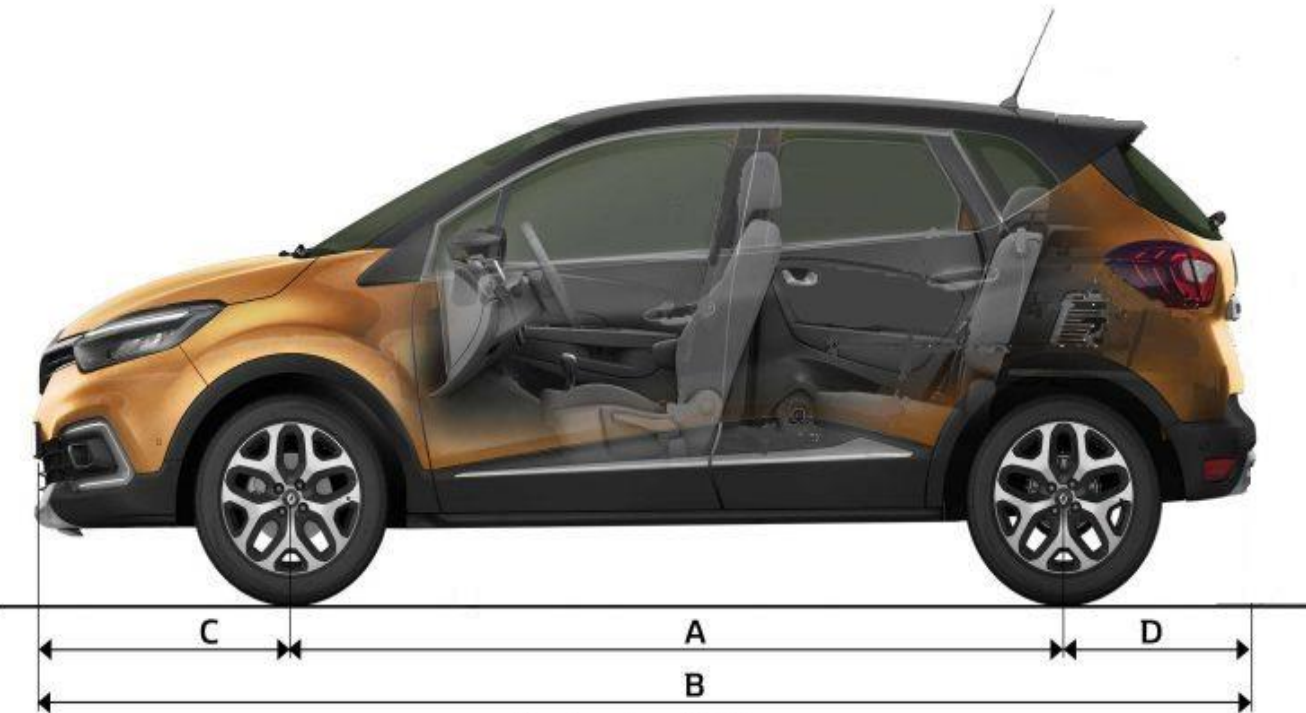
- modéliser le mouvement d'un véhicule
- stationner un véhicule sans contraintes
- Quelles contraintes ? solutions ?

Plan

1. Modélisation du mouvement
 - i. Convention des mesures
 - ii. Equations du mouvement
2. Principe du stationnement
3. Mise en œuvre
4. Améliorations
 - i. Limite de l'angle de braquage
 - ii. Eviter les collisions
5. Deuxième programme
6. Améliorations
7. Programme final
8. Critique de la méthode
9. Conclusion

Modélisation du mouvement

- Convention des mesures



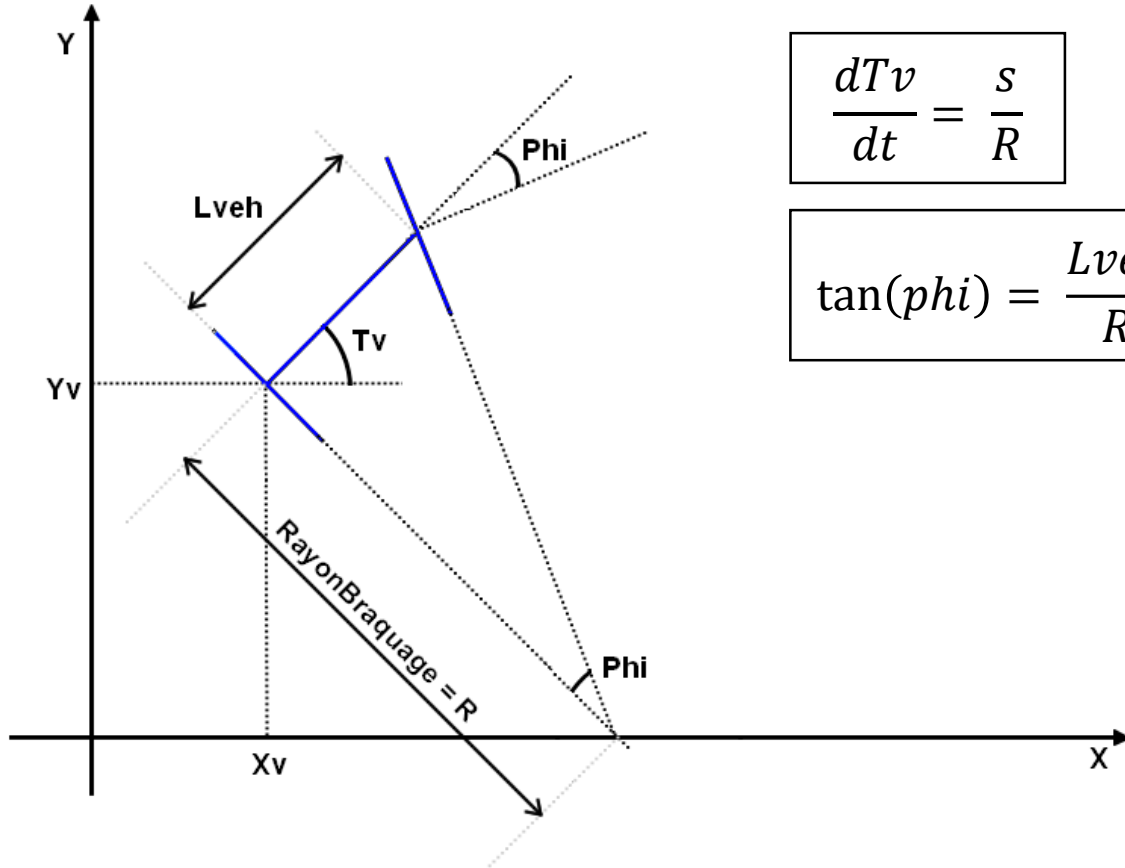
A = L_{veh} = 260cm
B = longueurVehicule = 412cm
C = porteAFauxAvant = 87cm
D = porteAFauxArriere = 65cm



E = E_{Sroues} = 153cm
G = largeurVehicule = 177cm

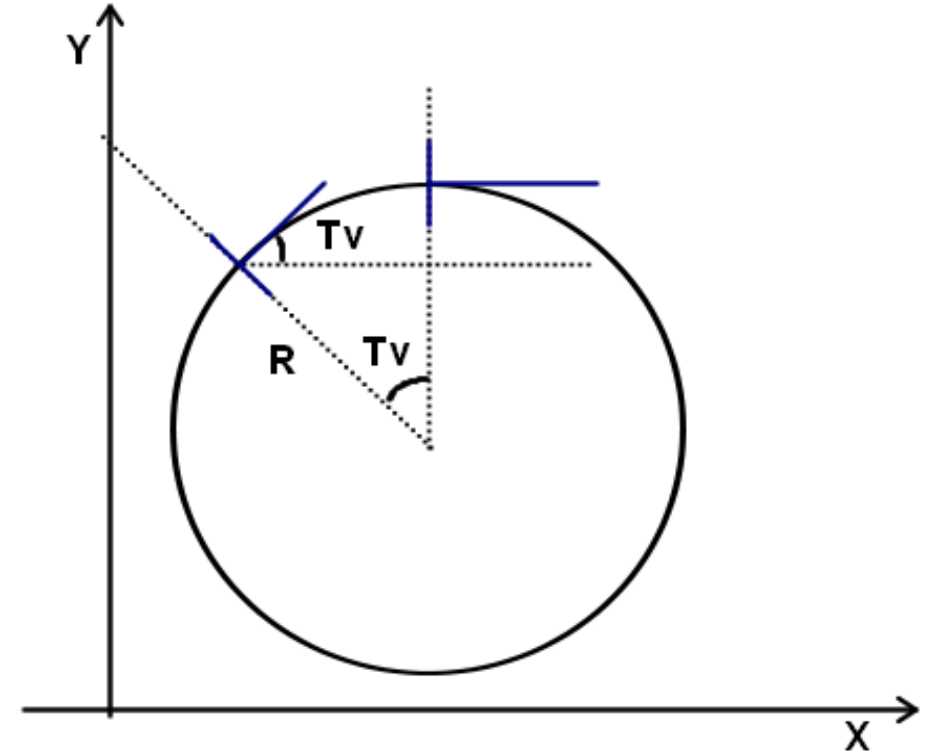
Modélisation du mouvement

- Equations du mouvement



$$\frac{dTv}{dt} = \frac{s}{R}$$

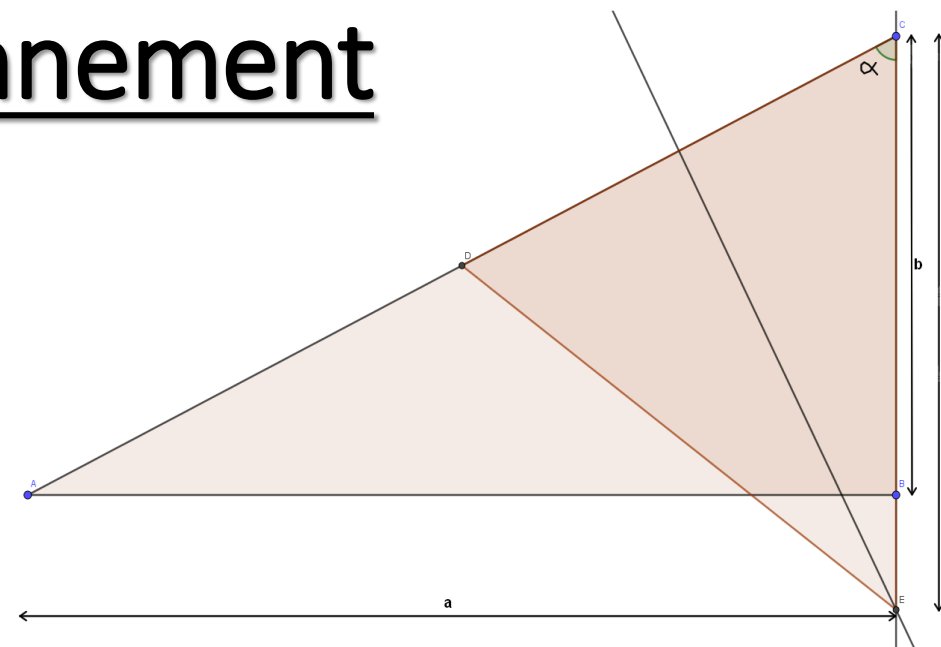
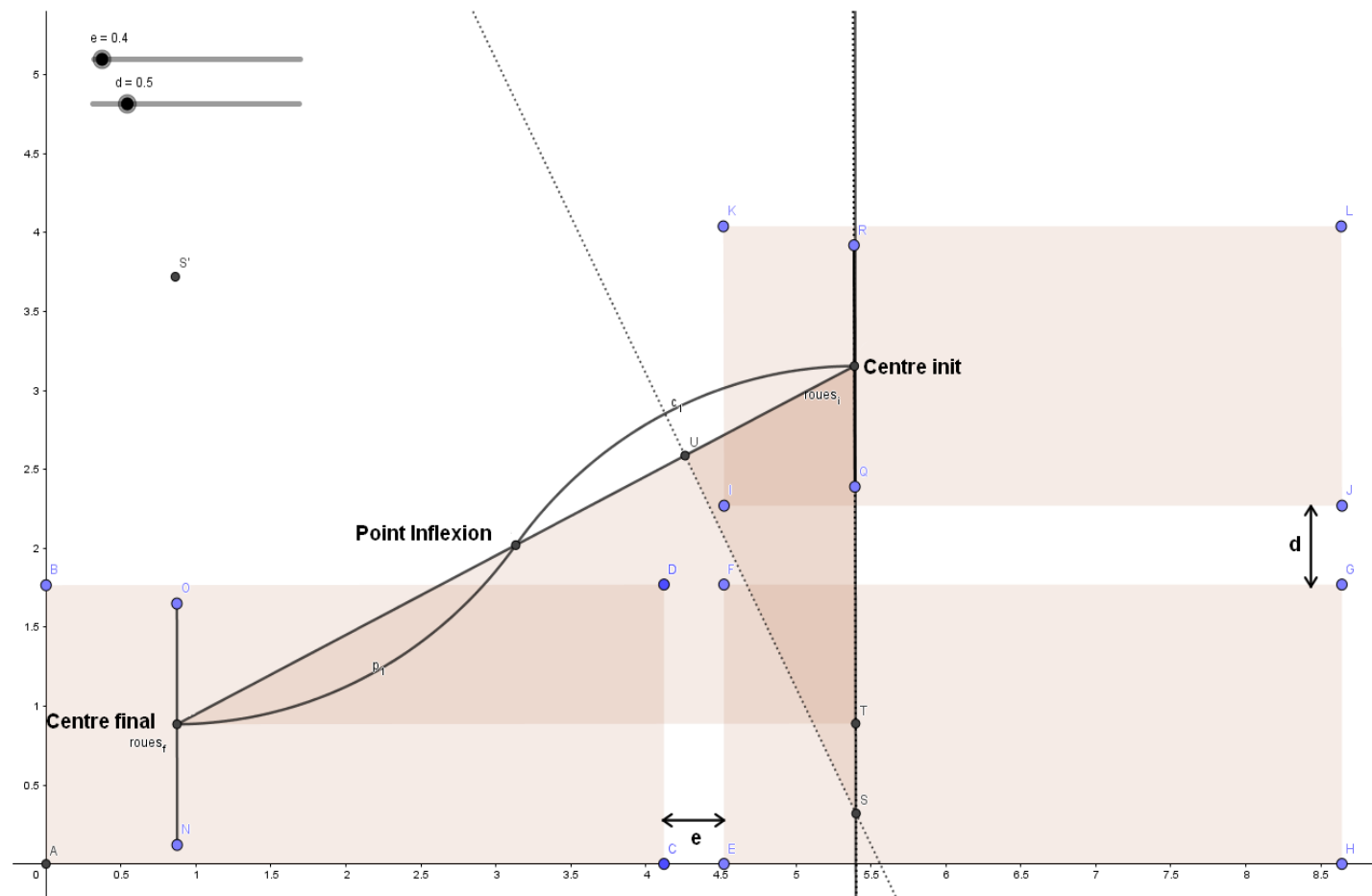
$$\tan(\phi) = \frac{L_{veh}}{R}$$



Pendant un « step » :

$$\left\{ \begin{array}{l} Xv \leftarrow Xv + s * dt * \cos(Tv) \\ Yv \leftarrow Yv + s * dt * \sin(Tv) \\ Tv \leftarrow Tv + dt * s * \frac{\tan(\phi)}{L_{veh}} \end{array} \right.$$

Principe du stationnement



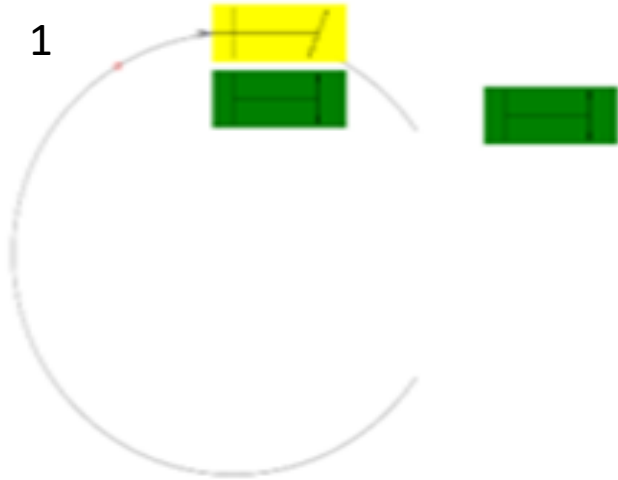
$$a(e) = \text{Longueur} + e$$

$$b(d) = \text{Largeur} + d$$

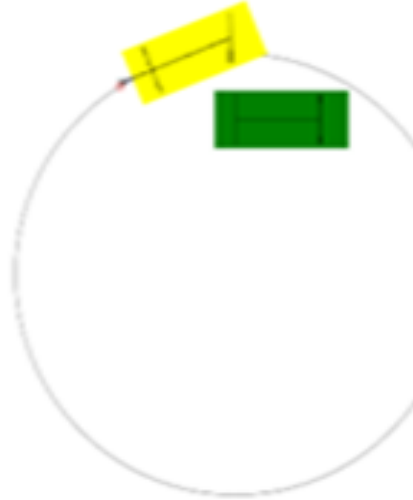
$$R(e, d) = \frac{\sqrt{2 a(e)^2 + b(d)^2 + \frac{a(e)^4}{b(d)^2}}}{4}$$

Mise en œuvre

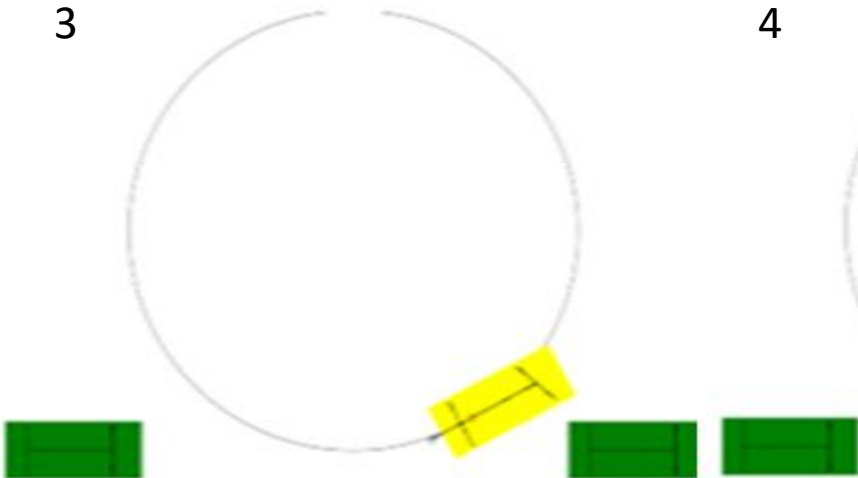
1



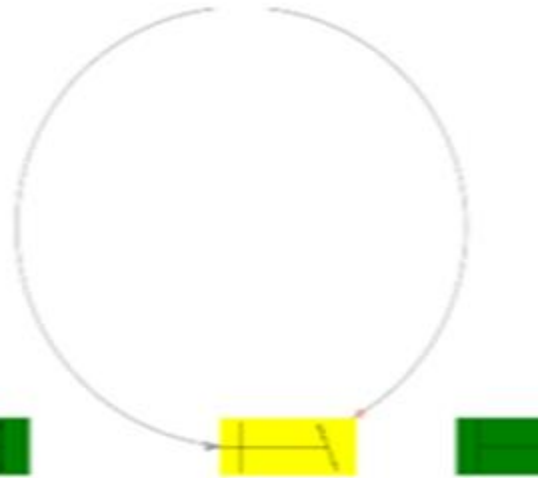
2



3



4



Angle Route : -39,56623653974842

Pas de temps : 0,01

Vitesse : -200

Rayon De Bracage : -314,6633663366336

(d) espace avec le véhicule à coté : 25

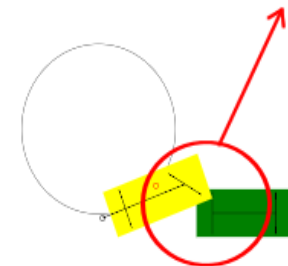
(e) espace avec le véhicule devant : 50

angle de braquage non limité

refresh !	Step !	Auto !
xr	yr	Tr
1.500.000	100.000	-1.000
xv	yv	Tv
1.644.071	333.763	-20.394

Dessin

collision dans certains cas

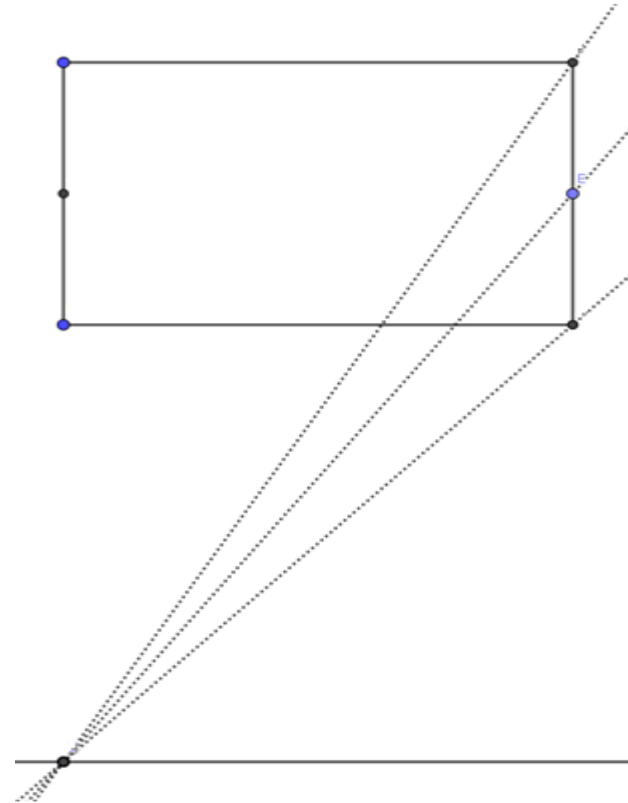


Améliorations

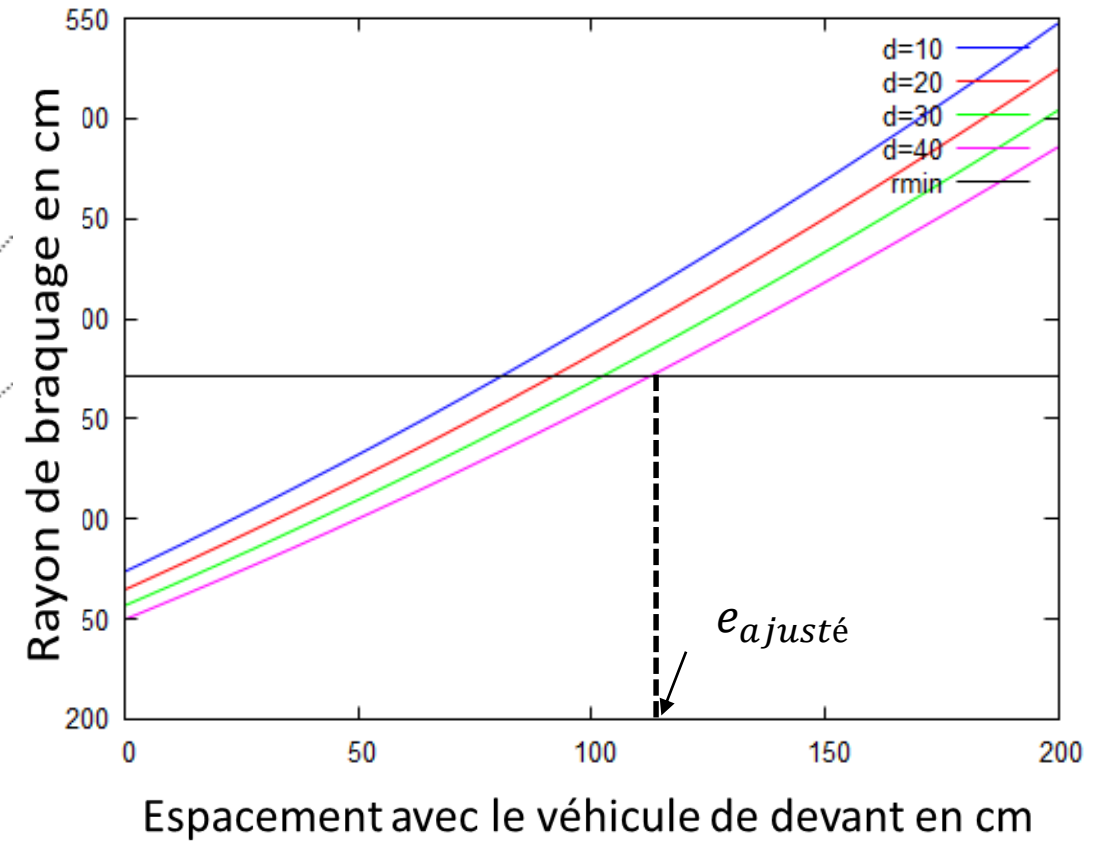
- Limite de l'angle de braquage



$$-35 \leq \phi \leq 35$$



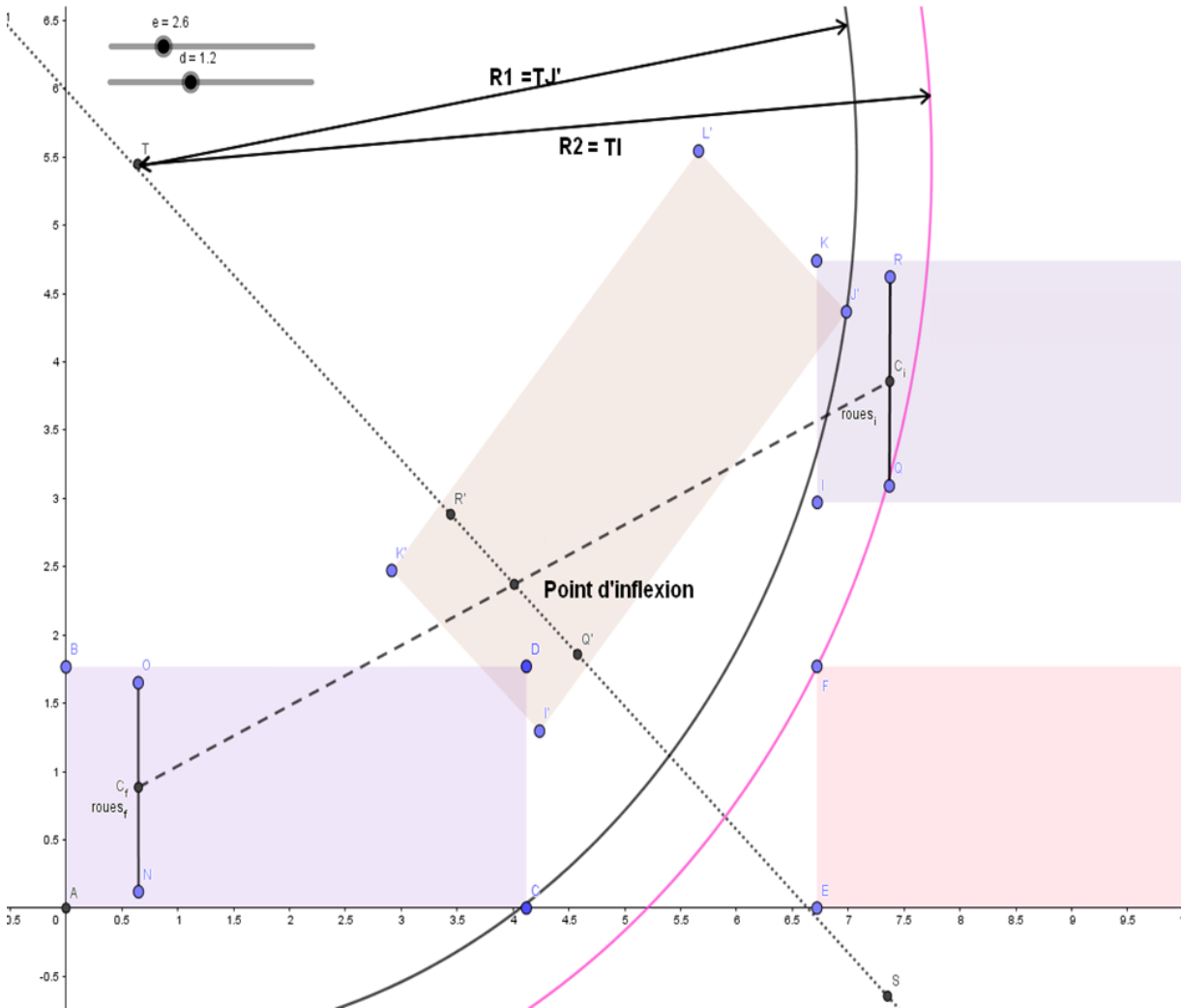
$$R_{min} = \frac{L_{veh}}{\tan(35)}$$



$$e_{ajusté}(d) := \sqrt{b(d) (4R_{min} - b(d))} - \text{Longueur}$$

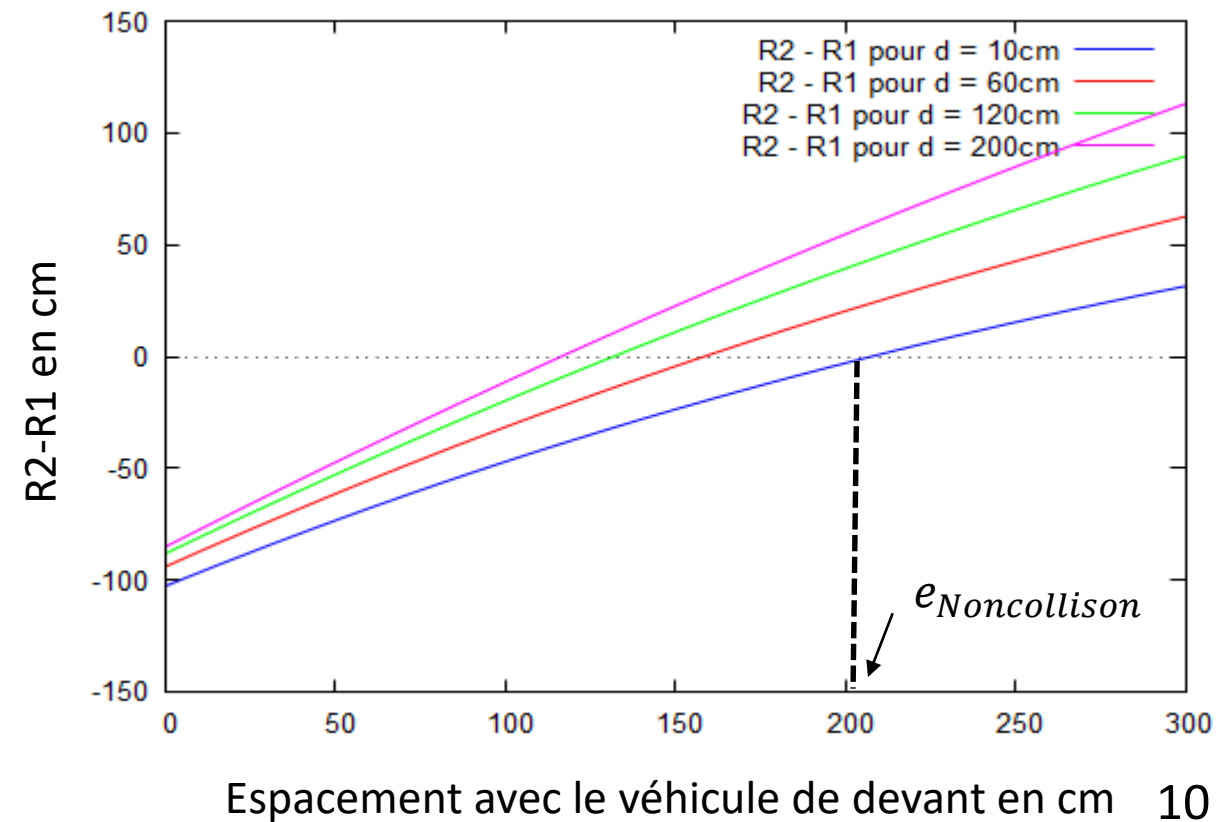
Améliorations

- Eviter les collisions



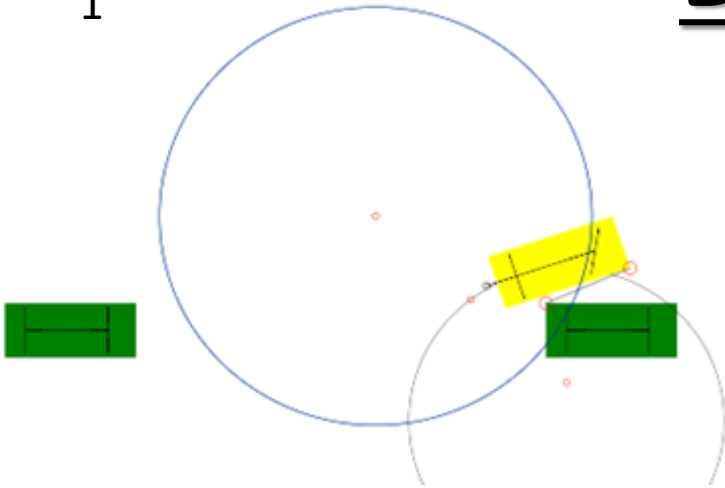
$$R1(e, d) = \sqrt{(\text{porteAFauxAvant} + L_{\text{veh}})^2 + \left(\frac{\text{largeur}}{2} + |R(e, d)|\right)^2}$$

$$R2(e, d) = \sqrt{\left(|R(e, d)| - \frac{ES_{\text{roues}}}{2}\right)^2 + (L_{\text{veh}} + \text{porteAFauxAvant} + e)^2}$$



Deuxième programme

1



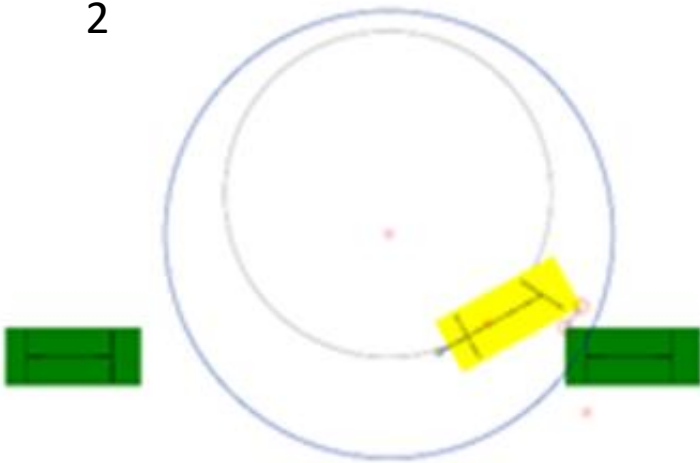
3 « e » différents : e , $e_{ajusté}$, $e_{Noncollison}$

On prend $e_{best} = \max(e, e_{ajusté}, e_{Noncollison})$

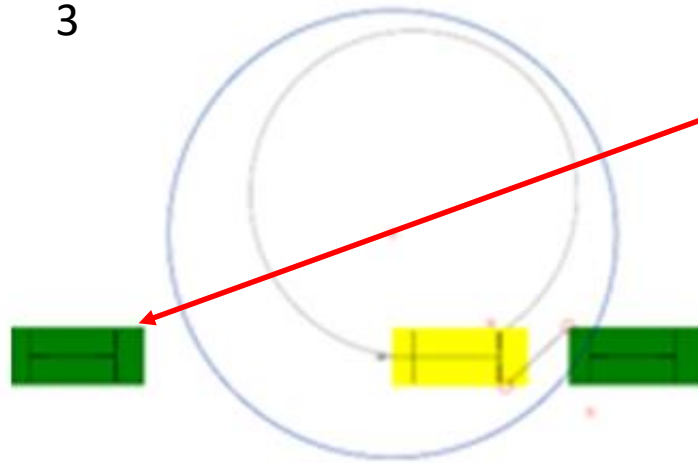
On exécute le programme avec e_{best}

A la fin de la manœuvre on avance pour retrouver le e voulu

2

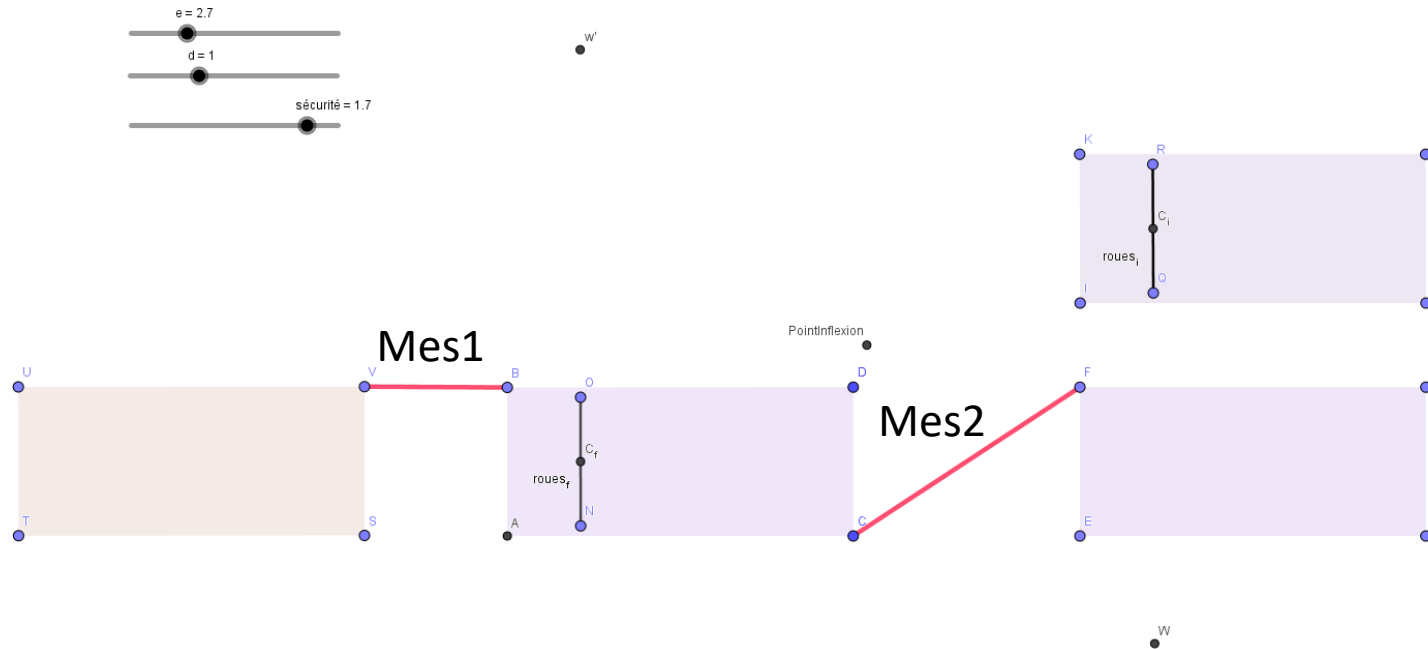


3



contraintes à l'arrière
du véhicule non
prises en compte

Améliorations



$$Mes1 = \sqrt{(x_B - x_V)^2 + (y_B - y_V)^2}$$

$$Mes2 = \sqrt{(x_F - x_C)^2 + (y_F - y_C)^2}$$

Une fois que le coin avant droit est entré dans la place :

Etape 1 : Si $Mes1 < \text{sécurité}$

Etape 2 : Si $Mes2 < \text{sécurité}$

$\phi \rightarrow -\phi$

vitesse \rightarrow -vitesse

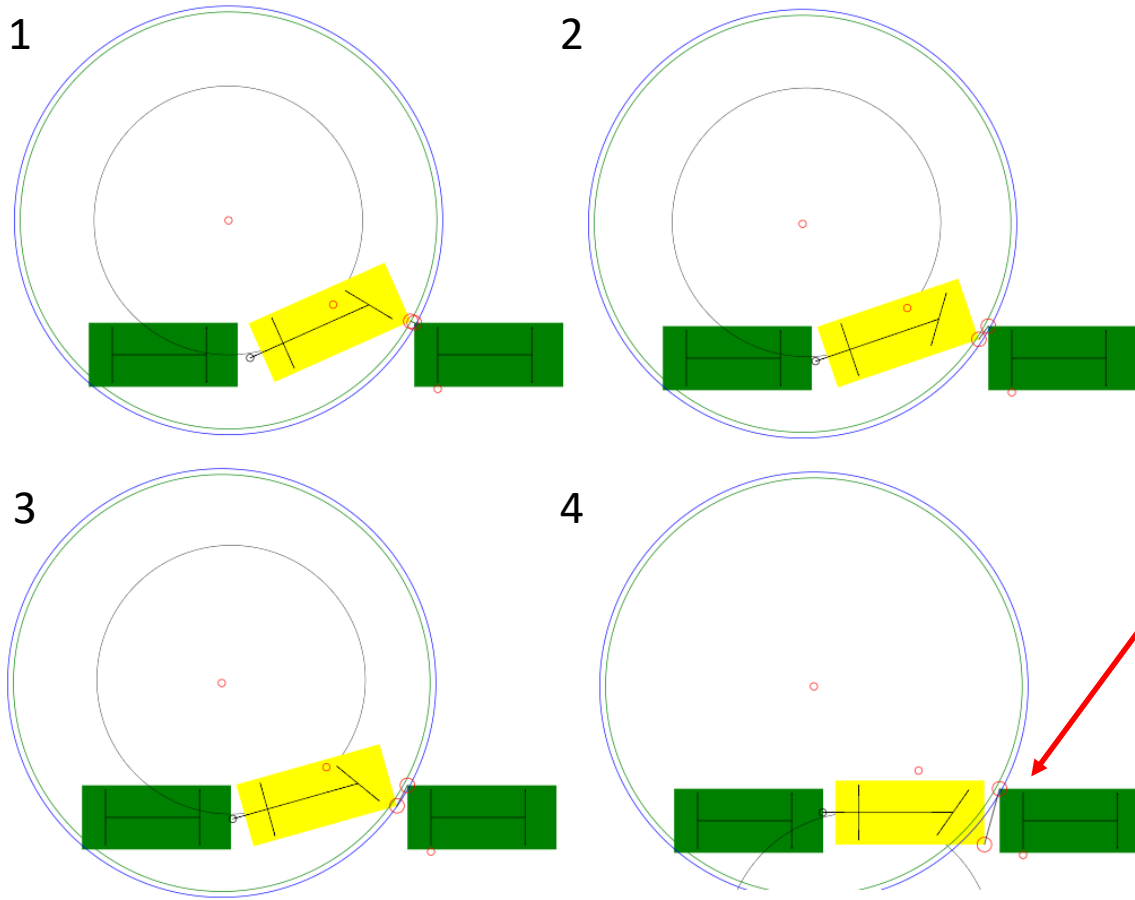
Etape 1 (2) \rightarrow Etape 2(1)

On arrête lorsque: $y_A - y_V < \varepsilon$

La place doit donc mesurer au moins :

$$\sqrt{(Largeur)^2 + (Longueur)^2} + 2 * \text{sécurité}$$

Programme final



Dépasse sur la route

Solution possible :

1. Trouver la différence en ordonnée finale
2. Calculer un « $d_{ajusté}$ » qui compensera cette différence

Critique de la méthode

• Modélisation du mouvement

- Mouvement par segments qui approxime une courbe
- Ne prend pas en compte :
 - Frottements, pentes, ...
 - Vitesse (statique)
- Mouvement d'une voiture = mouvement d'un tricycle
- Néglige l'effet de carrossage et la géométrie de suspension

• Performance

- Peut dépasser sur la route/trottoir
- Validité non démontrée
- Système heuristique qui imite le stationnement manuel
- Peu de calcul
- Part du principe que l'on connaît la largeur des voitures garées
- Seulement 3 capteurs nécessaires (d, Mes1, Mes2)

Conclusion

But : Comment trouver une trajectoire optimisée et une modélisation adéquate qui permettent d'effectuer toutes les manœuvres nécessaires au stationnement automatique ?

Modèle simple → Amélioré progressivement

Optimisé ?

Mais : avant de mettre en œuvre

- Protocoles d'urgence
- Garanties de sécurité
- Adaptation en temps réel
- Instauration de capteurs et les relier aux variables utilisées
- Simulateurs avancés numériques
- Prototypes : Expérimentation grandeur nature (taille réduite ou réelle)