



UNIVERSITÉ
LAVAL

GLO-4001/7021

INTRODUCTION À LA ROBOTIQUE MOBILE

Locomotion à roue

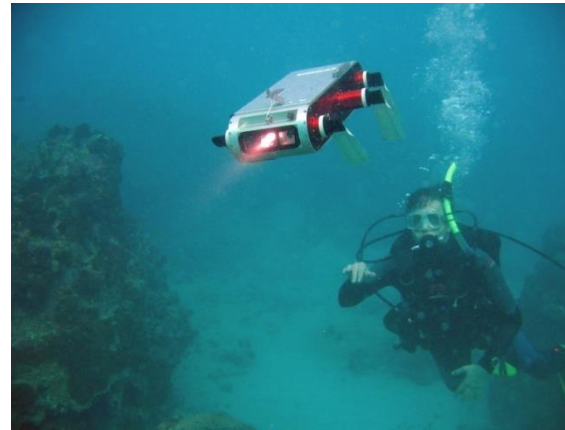
Locomotion

Catégories robots (locomotion)

- Terrestres (3 degrés de liberté)



- Aquatique (6 d.d.l)



- Aérien (6 d.d.l)

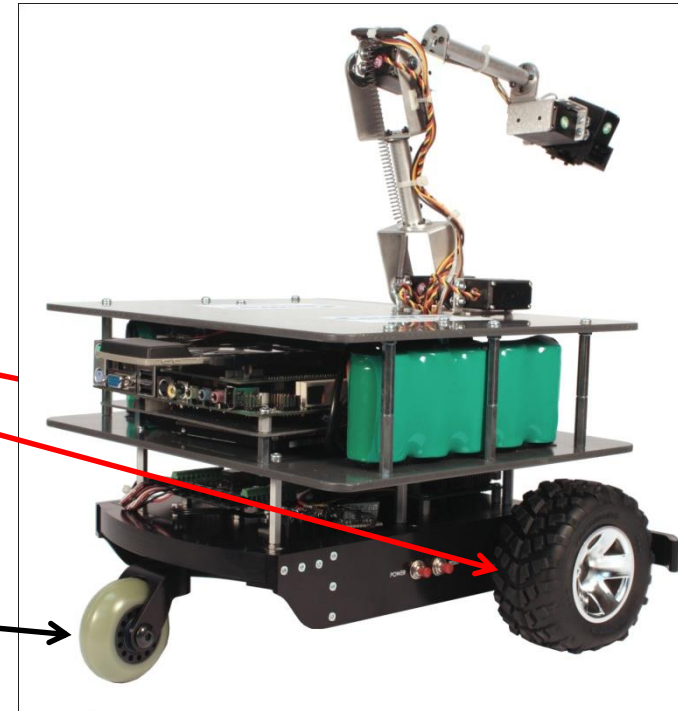


Différents types de conduite à roue

- Nous allons voir :
 - conduite différentielle
 - conduite synchrone
 - tricycle
 - épure de Jeantaud

Configurations roues conduite différentielle

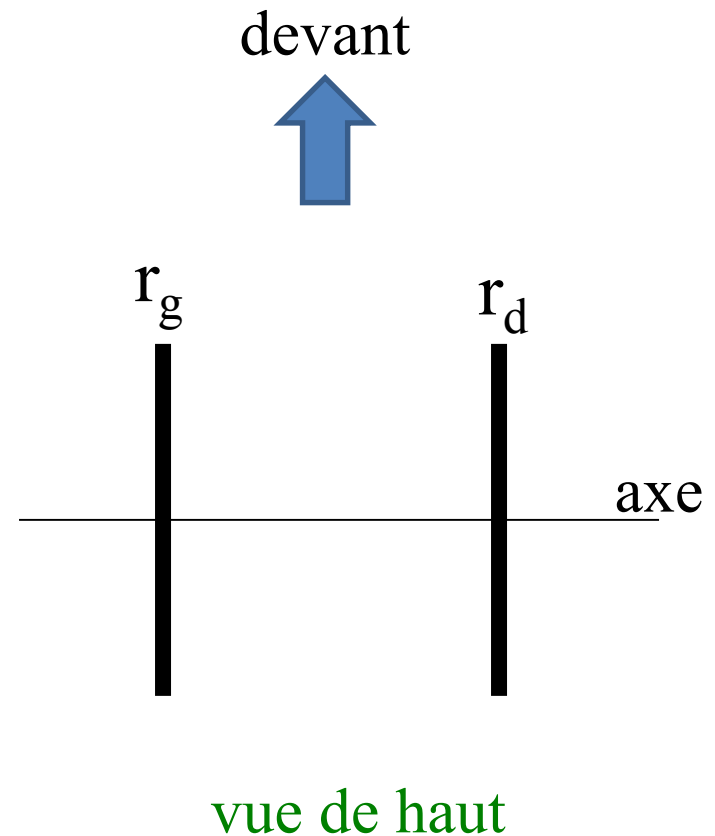
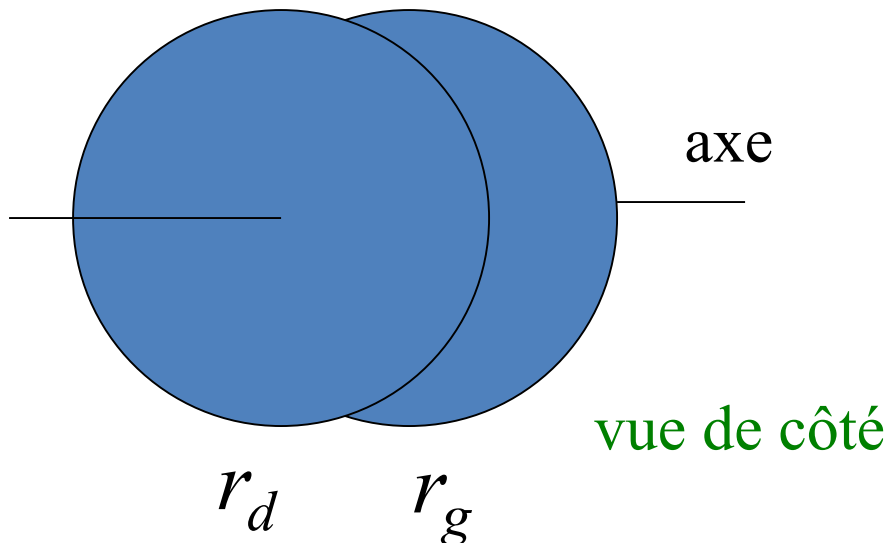
- (rien à voir avec différentiel de voiture)
- 2 roues motorisées indépendamment
- 2 degrés de libertés
- 1 roue libre pour support (*castor*)
- C'est la configuration de vos robots *Kobuki*



CoroBot de CoroWare

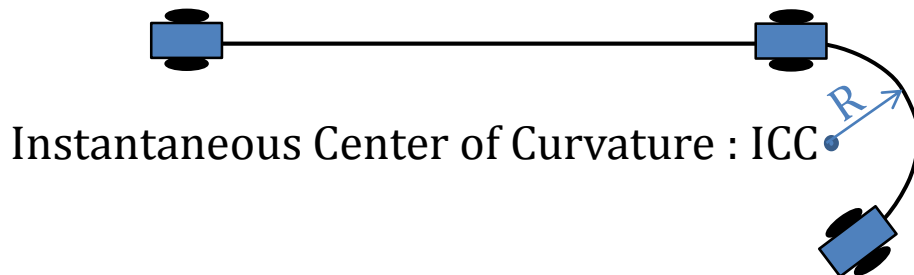
Conduite différentielle (*differential drive*)

- Deux roues parfaitement circulaires
- Infiniment minces
- Même rayon
- Coaxiales
- Adhérence parfaite



Trajectoire pour véhicule

- Décomposée en :
 - ligne droite $R = \infty$
 - courbe $0 < R < \infty$ Rayon de courbure R
 - rotation sur place $R = 0$



Propriété de l'ICC : situé sur le prolongement de l'axe des roues

Comme si fixé sur table tournante...

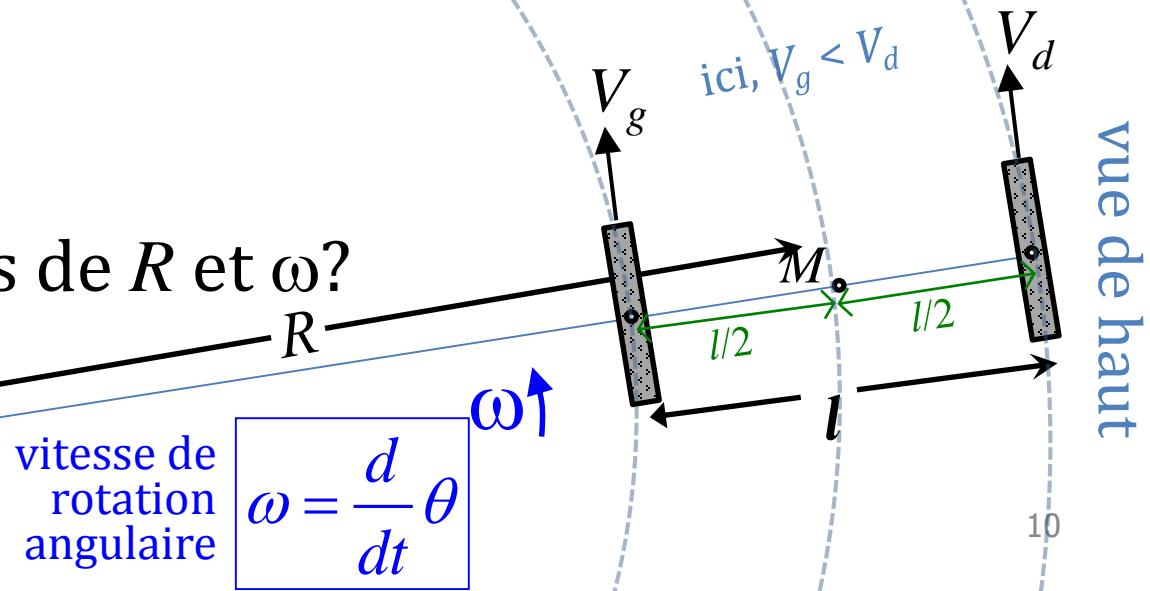
Tous les points
sur le robot
parcourent des
arcs de cercle



Déplacement conduite différentielle

- Deux roues séparées par l
- Point M situé entre les deux roues
- Vitesses aux roues-moteurs V_g et V_d constantes (sur intervalle de temps) **connues**
- Point M va se déplacer sur une courbe de rayon R , centrée à ICC (qui est sur la ligne des axes des roues)
- $V=r\omega$ (en rad/s)
- Quelles sont les valeurs de R et ω ?

Important : toutes les pièces du robot se déplacent sur des arcs de cercle



Déplacement conduite différentielle

Pour V_g et V_d constants (choisi par l'utilisateur), on cherche R :

Relations entre les vitesses linéaires et la vitesse angulaire : $V=r\omega$
important!

$$\begin{cases} V_d = (R + \frac{l}{2})\omega \\ V_g = (R - \frac{l}{2})\omega \end{cases} \xrightarrow{\text{isole } \omega} \frac{V_d}{(R + \frac{l}{2})} = \omega$$

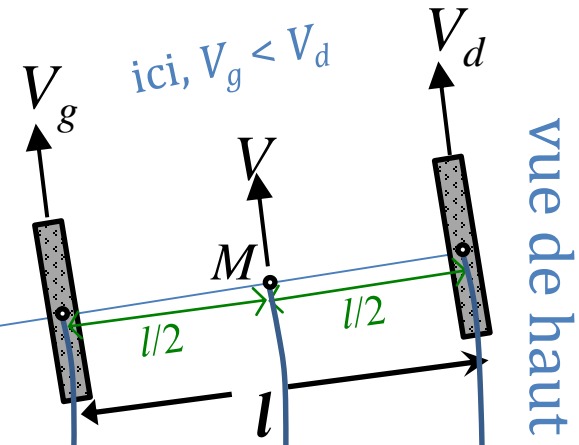
$$V_g = (R - \frac{l}{2}) \frac{V_d}{(R + \frac{l}{2})} \Rightarrow V_g (R + \frac{l}{2}) = (R - \frac{l}{2}) V_d$$

$$R(V_g - V_d) = -V_g \frac{l}{2} - V_d \frac{l}{2} \Rightarrow -\frac{l}{2}(V_g + V_d) \Rightarrow R = \frac{l}{2} \frac{V_d + V_g}{V_d - V_g}$$

Aussi :

$$\omega = \frac{V_d - V_g}{l} \quad V = \frac{V_d + V_g}{2}$$

Important : toutes les pièces du robot se déplacent sur des arcs de cercle



Centre instantané de rotation (ICC)

Sanity check

$$R = \frac{l}{2} \frac{V_d + V_g}{V_d - V_g}$$

- Si $V_g = V_d$, je vais en ligne droite

$$R = \frac{l}{2} \frac{V_g + V_d}{0} = \infty$$

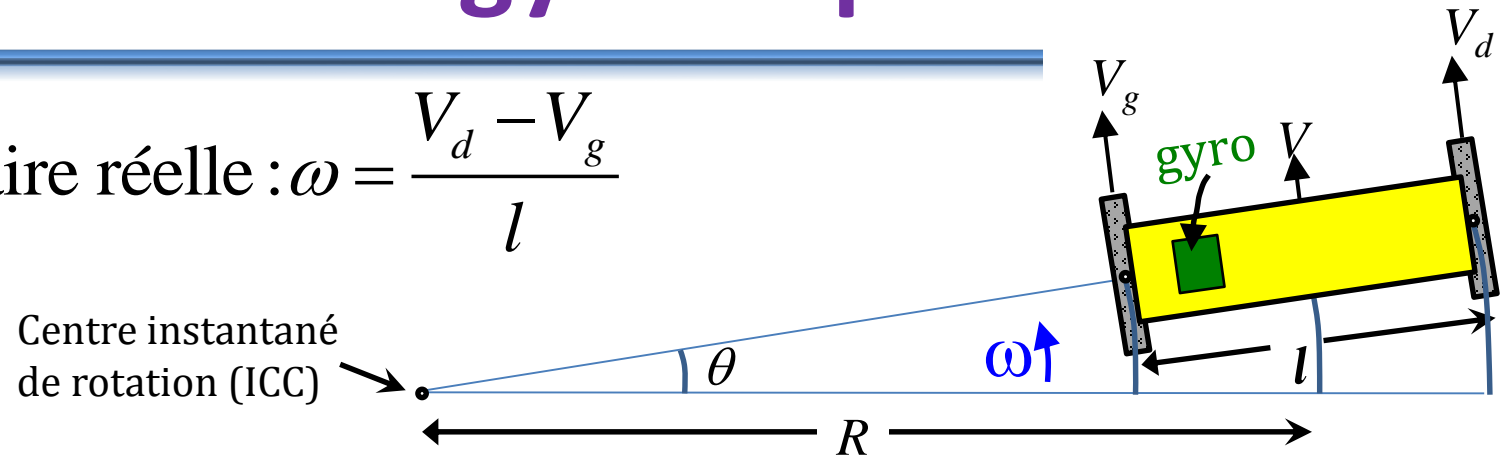
Cercle rayon infini == droite

- Si $V_g = -V_d$, je tourne sur place

$$R = \frac{l}{2} \frac{0}{2V_d} = 0$$

Mesures avec gyroscope à taux

Vitesse angulaire réelle : $\omega = \frac{V_d - V_g}{l}$

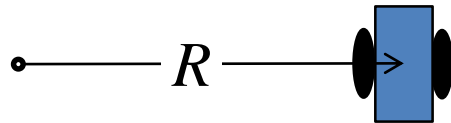
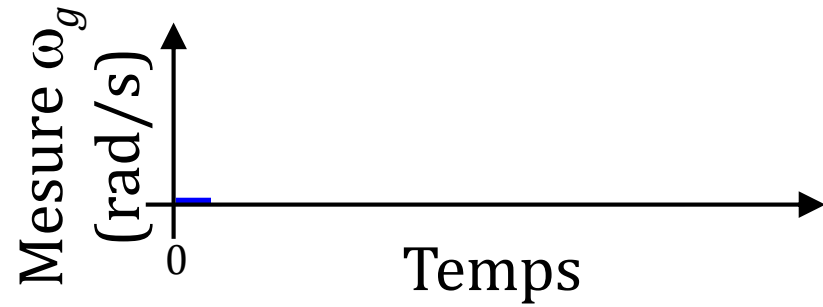


- Si je place un gyroscope sur le robot, quel sera la vitesse angulaire mesurée ω_g ?

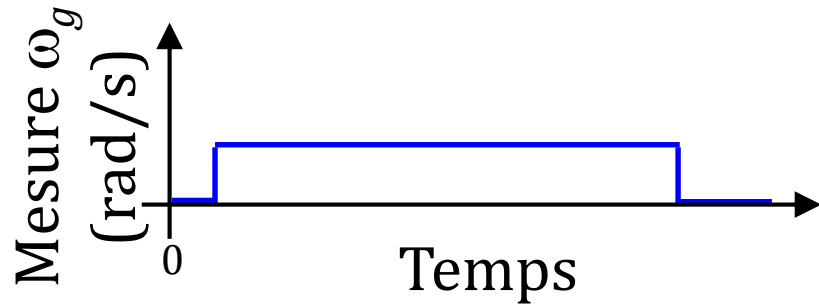
$$\omega_g = \omega + \text{bruit}$$

- La mesure ω_g du gyro ne dépendra pas :
 - du rayon de courbure R
 - de la position du gyroscope sur le robot (gyro à plat, bien entendu)

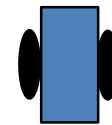
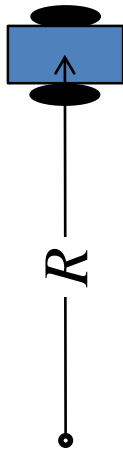
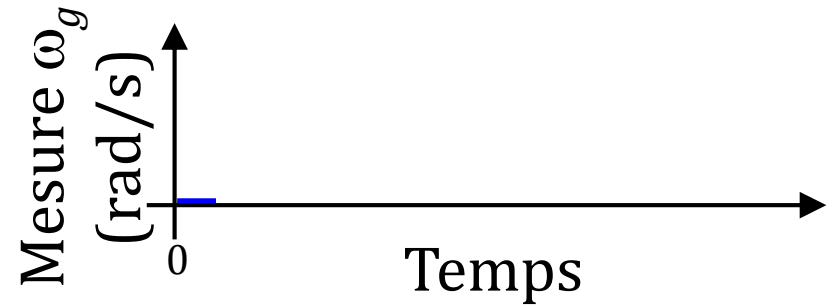
Exemple des signaux du gyroscope



Exemple des signaux du gyroscope



||



Gyroscope mesure la même chose

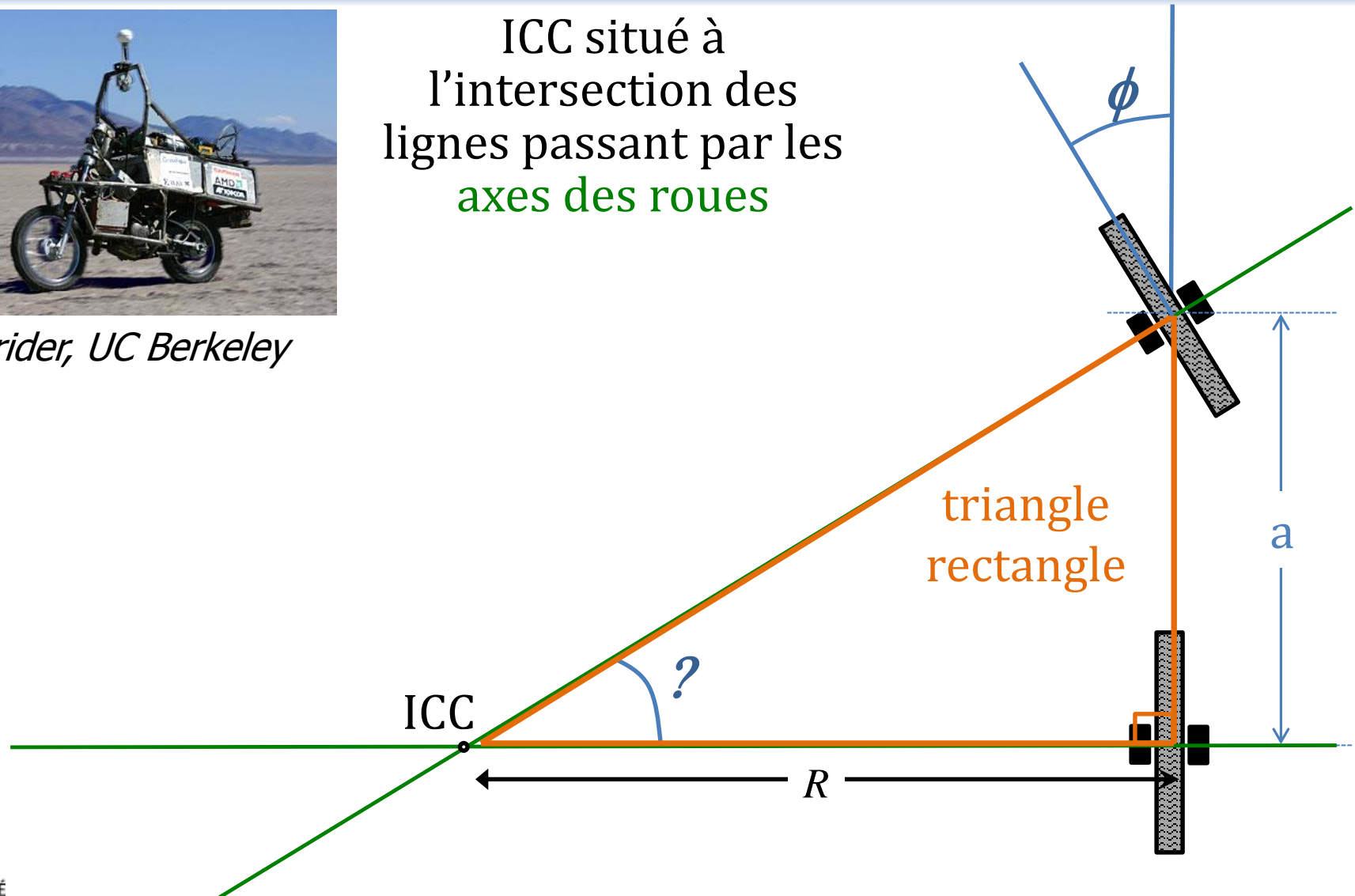
Autres configurations de roues

Conduite bicyclette : trouver R et ICC



ghostrider, UC Berkeley

ICC situé à
l'intersection des
lignes passant par les
axes des roues



Conduite bicyclette : trouver R et ICC



ghost rider, UC Berkeley

Nécessairement $\theta = \phi$

sanity check

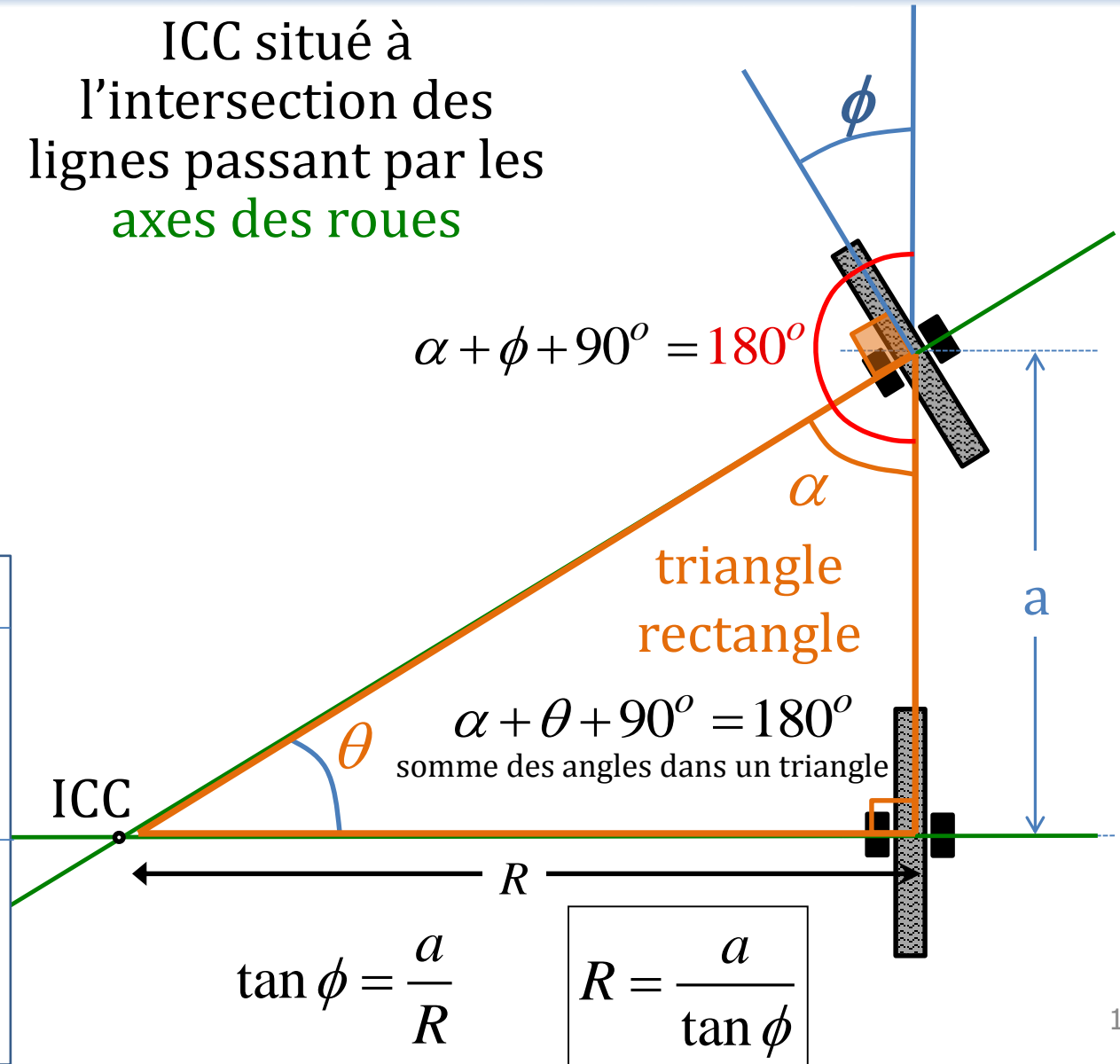
$\phi=0 \rightarrow$ ligne droite

$$R = \frac{a}{\tan(0)} = \frac{a}{0} = \infty$$

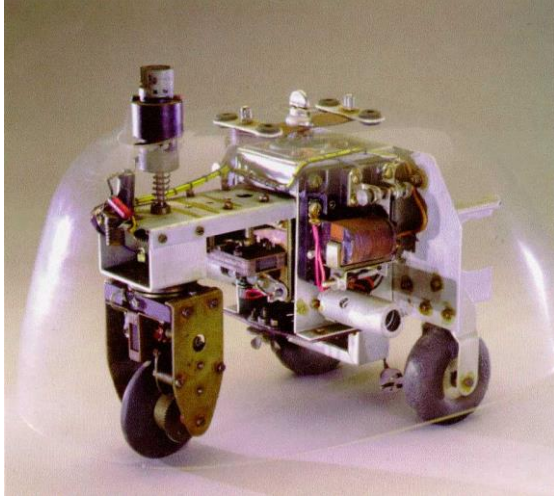
$\phi=90^\circ \rightarrow$ pivote sur r. arr.

$$R = \frac{a}{\tan(90^\circ)} = \frac{a}{\infty} = 0$$

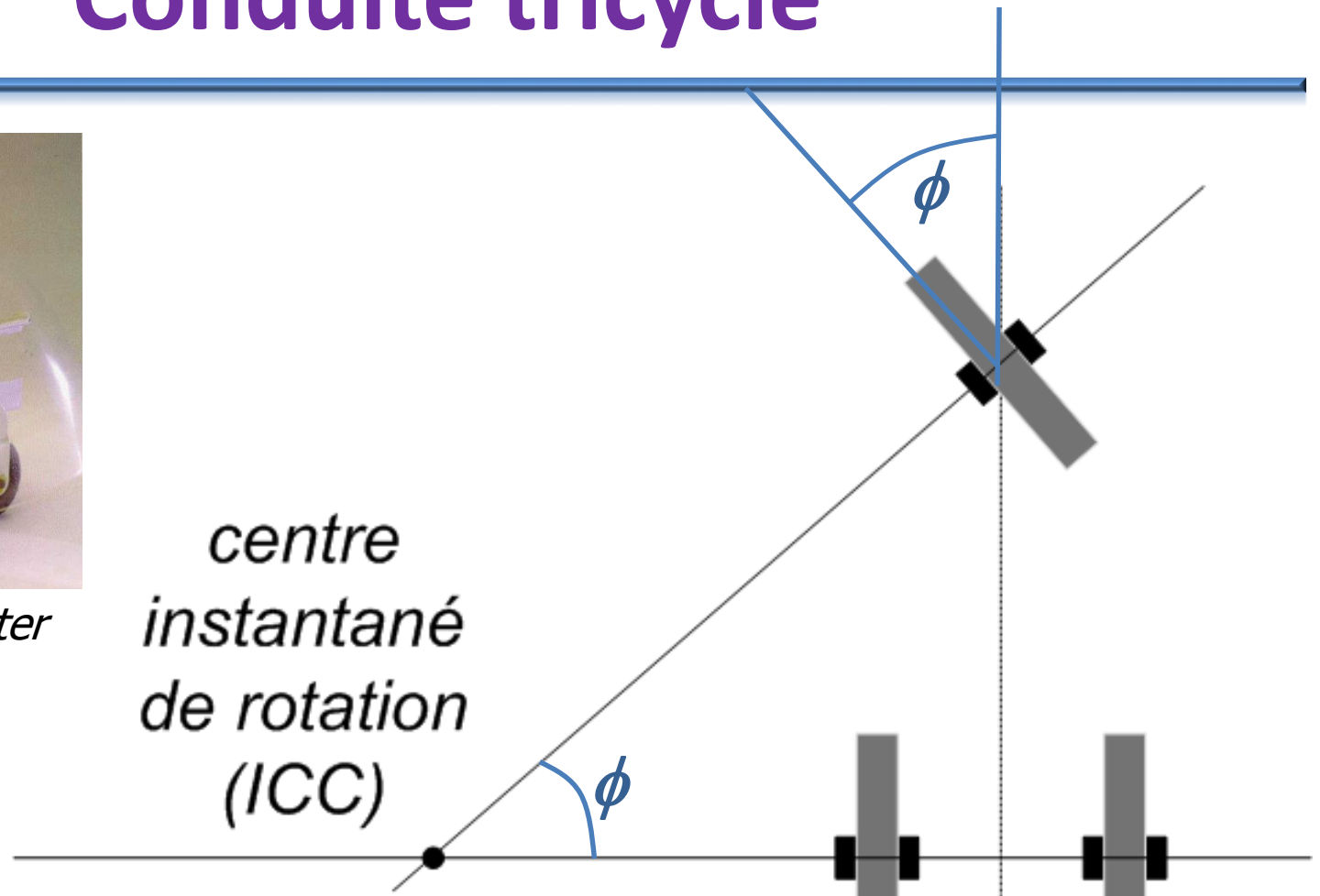
ICC situé à
l'intersection des
lignes passant par les
axes des roues



Conduite tricycle



la tortue de Grey Walter



centre
instantané
de rotation
(ICC)

(même solution que bicyclette)

roues sont
indépendantes

Épure de Jeantaud (Ackerman)

- Voitures standards



smartTer, ETH Zurich

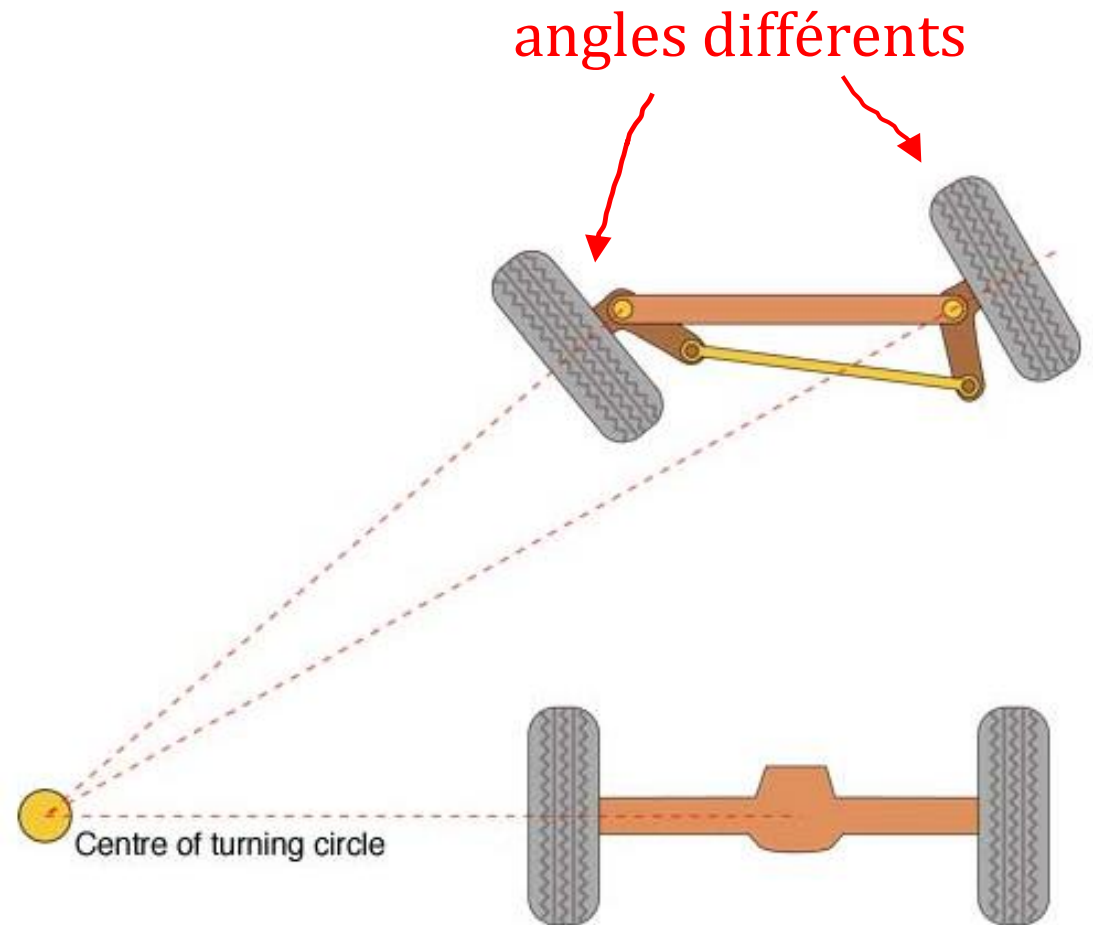
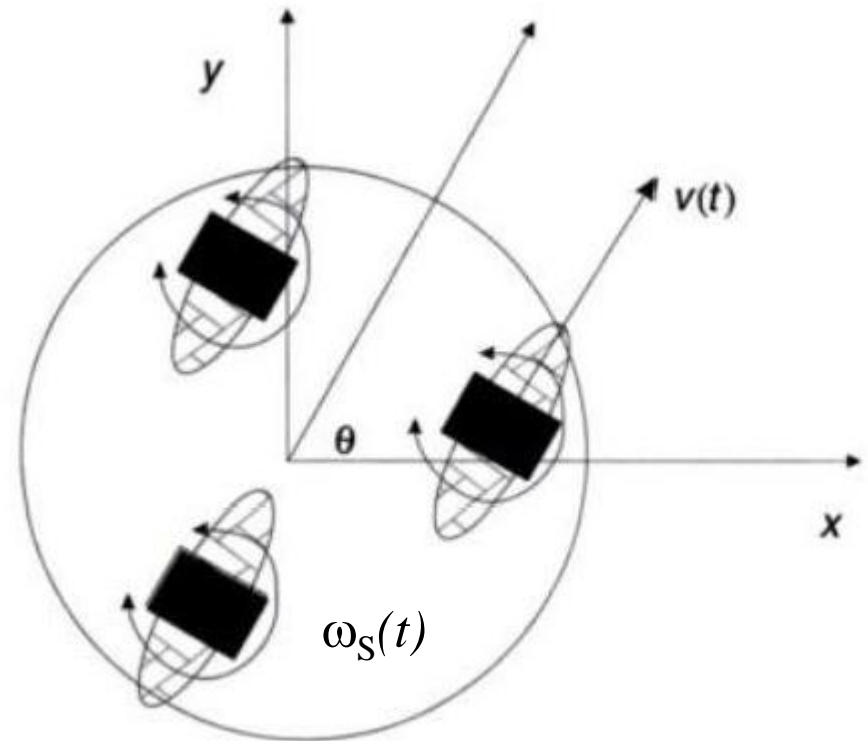


image: wikipedia

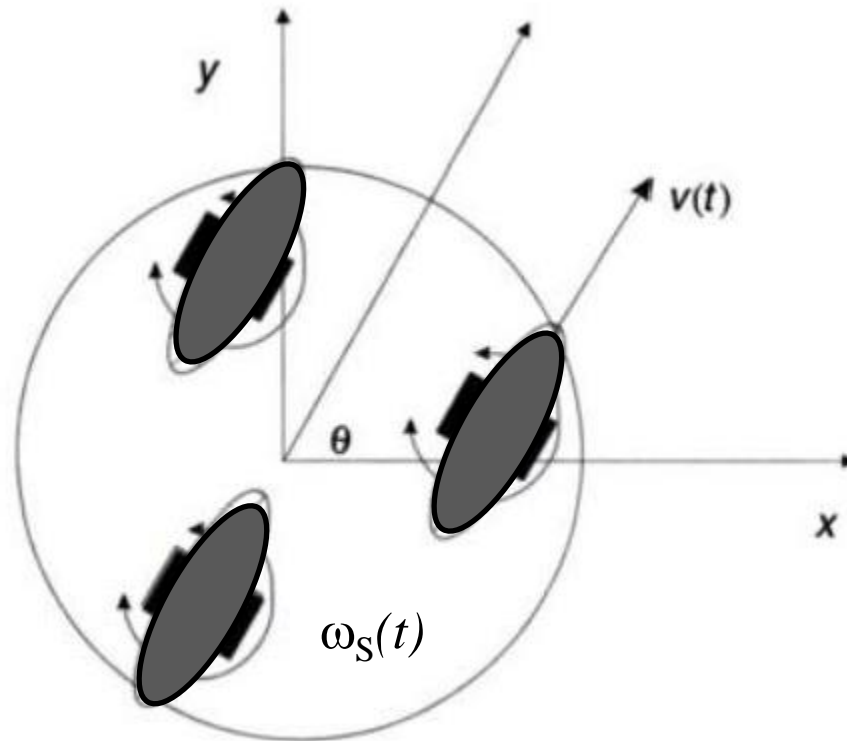
Conduite Synchronone

- Rotation des roues synchronisée par chaîne ou courroie
- 1 moteur pour $v(t)$
- 1 moteur pour $\omega_s(t)$
- Liens mécaniques réduisent les erreurs



Conduite Synchronisée

- Exemple rotation $\omega_s(t)$



Résumé véhicule à roues

- Trajectoires composées d'une suite de courbes
- Défini par longueur d'arc et centre de rotation instantané (**ICC**)
- L'**ICC** se trouve à l'intersection des droites prolongeant les axes de rotation des roues

Roues Mecanum/Swedish

