



DYNAMIQUE DU VÉHICULE

Analyse de la dynamique d'un véhicule simulé sous Matlab



Varré Arthur
Dhainaut Marin

Année 2023-2024

Table des matières

1	Introduction	2
2	Freinage brusque au frein a main	2
2.1	Sans saturation des pneumatique	2
2.2	Avec saturation des pneumatique	3
3	Véhicule sur-vireur et sous vireur	4
3.1	Virage sur route sèche	4
3.2	Freinage	5
4	Conclusion	6
5	Prise en main du simulateur	7
6	Annexes	8

1 Introduction

Après avoir réalisé un simulateur de véhicule sous Matlab qui modélise le comportement d'un véhicule assimilé à un 2 roues (modèle bicyclette), les différentes grandeurs qui caractérisent le déplacement du véhicule seront analysées. Pour ce faire, plusieurs cas seront étudiés tel que des virages avec freinage brusque par frein à main, roulement sur une plaque de verglas, et une comparaison entre les véhicule sur vireur et sous vireur.

2 Freinage brusque au frein a main

2.1 Sans saturation des pneumatique

Nous souhaitons dans cette section observer la réaction de notre modèle vis a vis d'un freinage brusque en virage. Pour cela nous lançons un véhicule à une vitesse u établis de l'ordre de 90km/h. Nous effectuons ensuite un virage en augmentant progressivement β l'angle de braquage des roues avant et nous faisons chuter de façon brutale la force de frottement latérale sur les pneus arrières. Cette chute de F_r est simulée par une diminution artificielle de C_r et donc de la force latérale puisque $F_r = -C_r \delta_r$. Cela simule un freinage au frein à main car en mettant les efforts latéraux à 0 nous demandons un effort longitudinal maximal au pneumatique arrière ce report d'effort est équivalent à un blocage de roue. On effectue cette simulation avec un véhicule suivant ces paramètres :

- $m = 1300kg$;
- $L_f = 1,2m$;
- $L_r = 1,4m$;

Après simulation on obtient les résultats suivant :

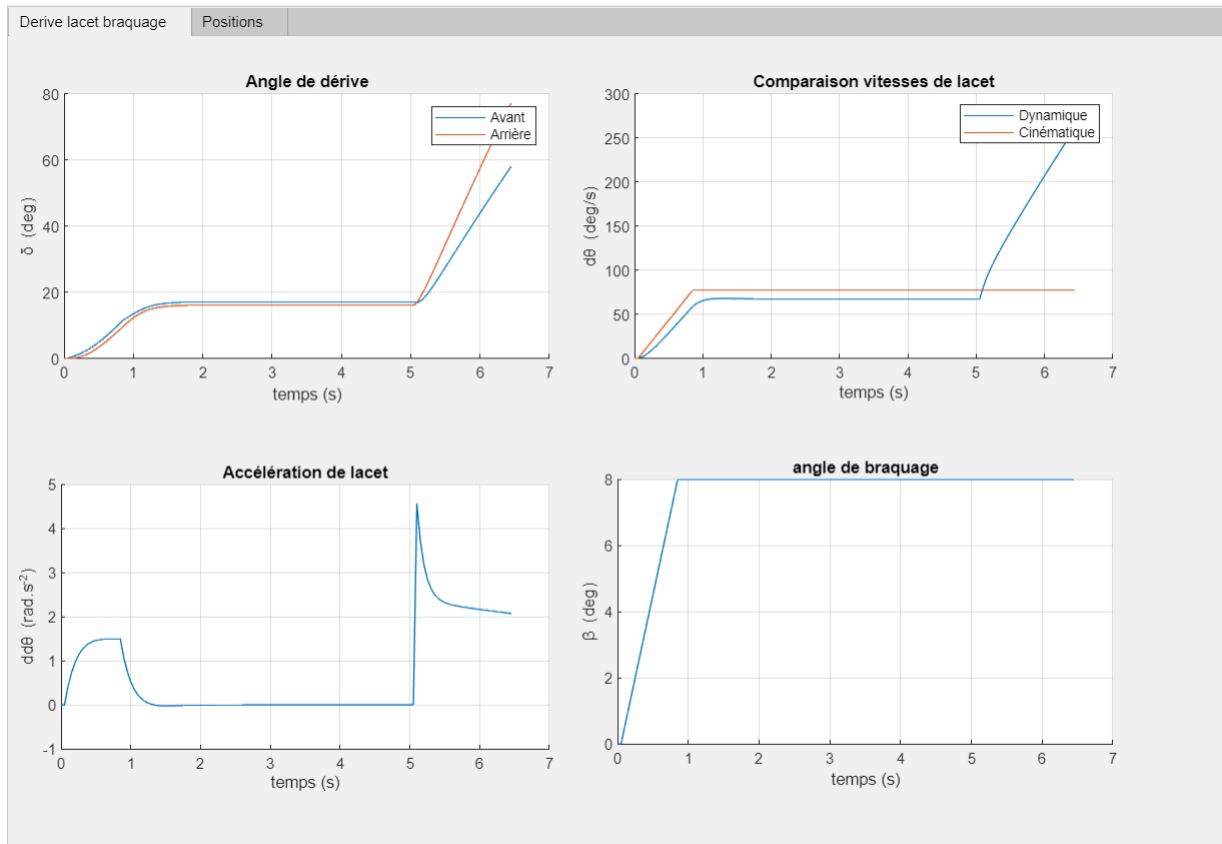


FIGURE 1

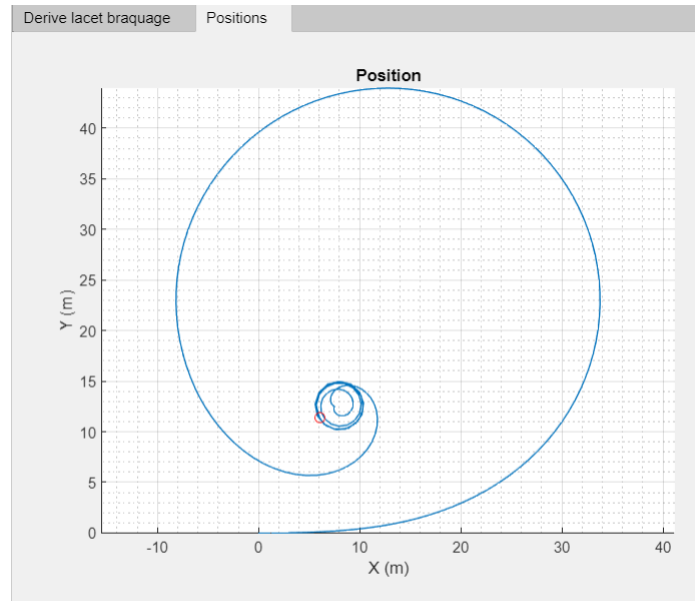


FIGURE 2

On observe sur la figure 1 que lors du déclenchement du freinage brusque au bout de 5 seconde, on a une croissance importante des angles de dérives mais aussi une accélération transversale qui atteint quasiment $4rad.s^{-2}$ (donc $4g$ en supposant que le conducteur se trouve à 1m environ du centre de rotation) sans observer de décrochage du véhicule, comme représenté sur la figure 2. En conclusion ce test semble peu réaliste. Ceci est due aux nombreuses simplifications faites dans le modèle de notre simulateur. En effet, pour calculer la vitesse et donc la position nous utilisons un développement limité à l'ordre 1 ce qui induit des imprécisions et une élimination des termes que l'on comprend dans un O^2 . Nous avons également une relation linéaire entre les forces latérales et la dérive du pneumatique. Or, dans un modèle réel, le pneumatique n'est pas capable de suivre ce mode de fonctionnement car cela voudrait dire qu'il ne décrocherait jamais. On peut donc limiter les forces latérales en fonction de l'angle de dérive.

2.2 Avec saturation des pneumatique

Au vue des résultats sur le test précédent il semble que le modèle en l'état n'est pas réaliste, car en effet une accélération dans un virage de $4g$ semble irréaliste. Pour contrer cela nous allons légèrement modifier notre modèle de simulation. Nous allons à partir d'un angle de dérive de 20° établir cet angle comme limite de saturation du pneu pour les forces latérales. Ainsi lorsque celui ci sera atteint les force latérale F_f et F_r seront fixées à leurs valeur limite correspondant pour l'angle de saturation défini.

Après simulation nous obtenons les résultats suivant :

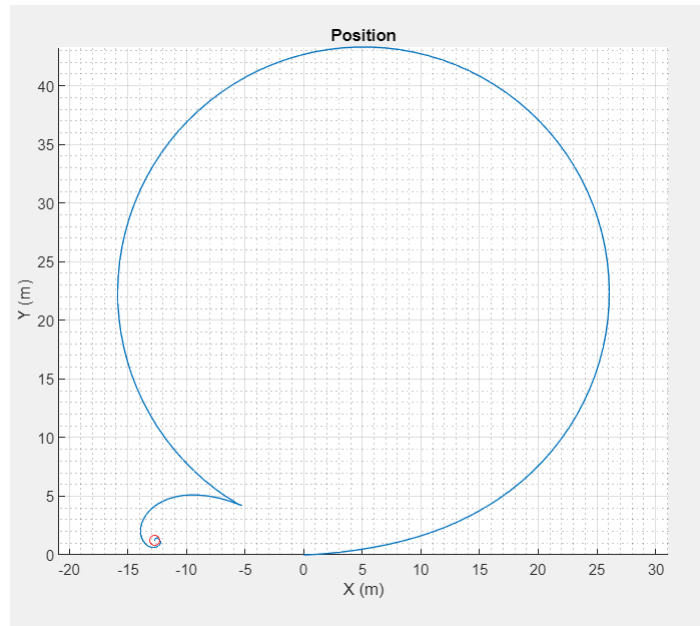


FIGURE 3

On observe des angles de dérive et une accélération plutôt semblable à celle du test précédent mais on observe cette fois un décrochage du véhicule grâce à la trajectoire représentée dans la figure 3.

En conclusion notre simulateur peut tester des situations de freinage d'urgence mais les résultats de ces tests doivent tenir compte du modèle utilisé notamment sur les coefficients de rigidité de dérive, (ici un modèle de saturation).

3 Véhicule sur-vireur et sous vireur

3.1 Virage sur route sèche

Dans cette section nous nous intéressons aux différences de comportement entre un véhicule sur-vireur et un véhicule sous-vireur. Afin de modéliser ces deux types de véhicule. Nous considérerons les caractéristiques suivantes :

	survireur	sous-vireur
masse (kg)	1310	1310
$L_f(m)$	1,2	1,2
$L_r(m)$	1,4	1,4
$L_r C_r - L_f C_f$	< 0	> 0

Afin de simuler un véhicule sur vireur ou sous vireur nous pouvons modifier les rigidités de dérive avant et arrières afin de modifier le signe de $L_r C_r - L_f C_f$. Nous prenons comme rigidités de dérive 72000 N/rad à l'avant et 55000 N/rad à l'arrière pour le survireur et inversement pour le sous vireur.

Nous allons d'abord comparer deux virage progressif à une vitesse de 50Km/h. Nous nous intéressons en particulier la trajectoire ainsi que les angles de dérive avant et arrière.

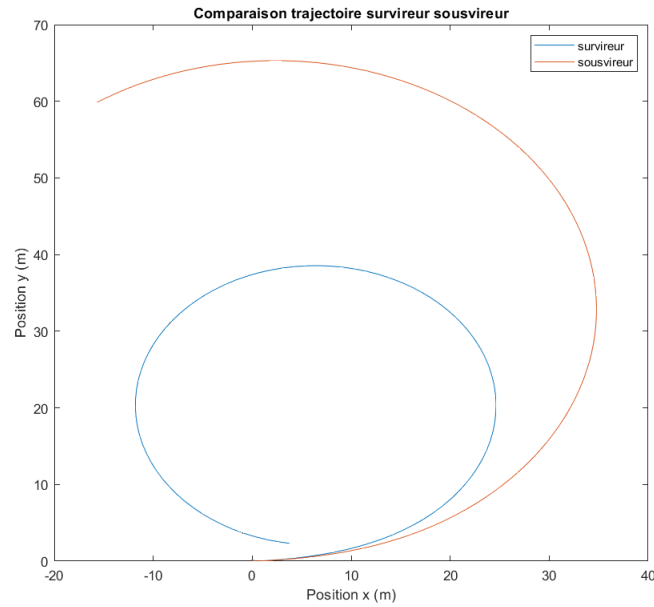


FIGURE 4

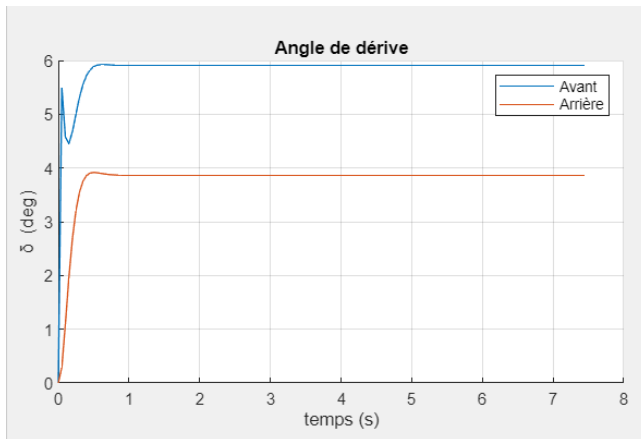


FIGURE 5 – Sous vireur

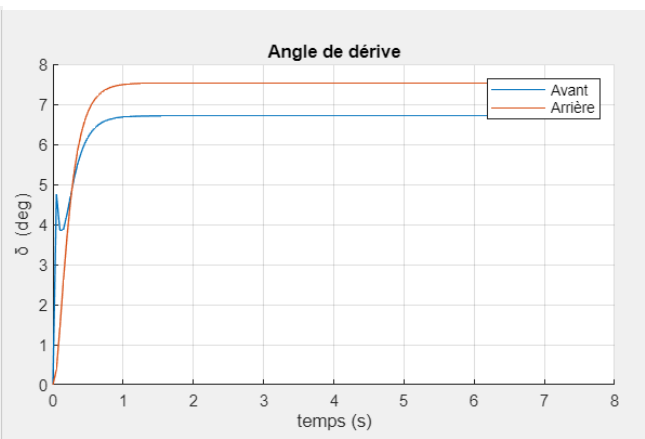


FIGURE 6 – Sur vireur

Après analyse de la figure 4, on observe un virage bien plus long avec un véhicule sous vireur. Ce comportement est tout à fait logique, cependant on observe sur les figures 5 et 6 des angles de dérive différents. Pour un survireur figure 6 on trouve des angles de dérive très importants contrairement au sous vireur figure 5. À la vue de ces valeurs il apparaît qu'un véhicule sous vireur est plus stable.

3.2 Freinage

On s'intéresse maintenant aux réactions de ces deux types de véhicules lors de freinage à 80 km/h.

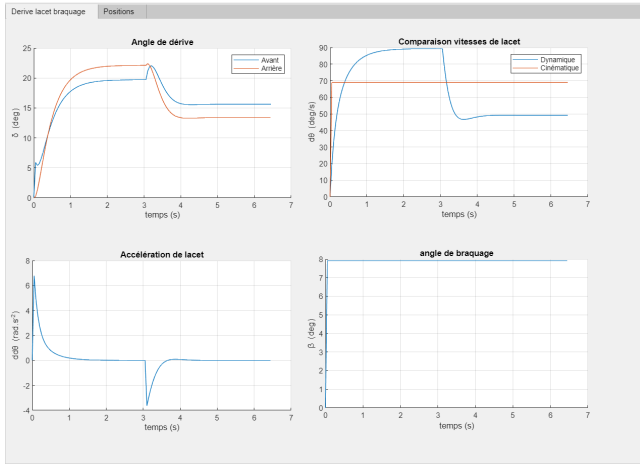


FIGURE 7 – Sur vireur

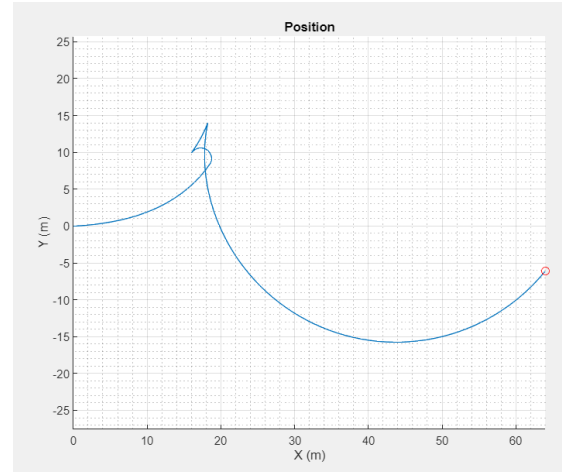


FIGURE 8 – Sur vireur

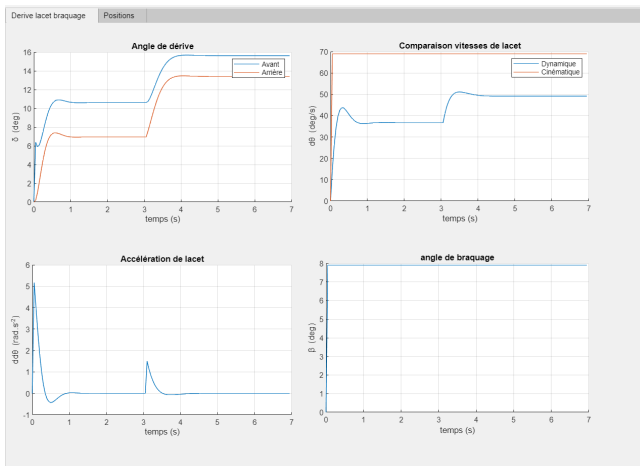


FIGURE 9 – Sous vireur

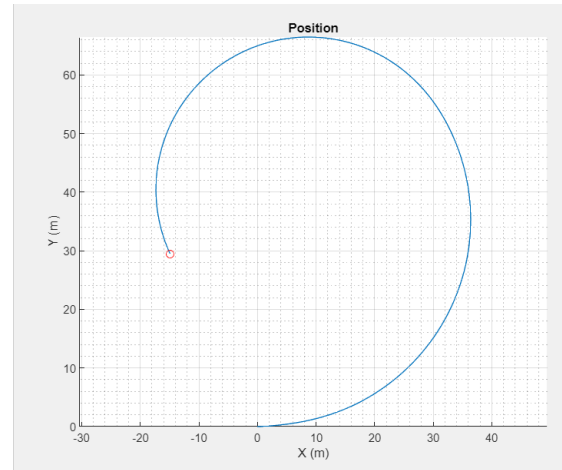


FIGURE 10 – Sous vireur

On remarque pour le véhicule sur vireur un angle de dérive supérieure a 20° avant le freinage, cela se traduit donc par un décrochage car nous avons introduit une saturation des pneumatiques, contrairement au sous vireur qui lui reste stable. Le comportement d'un véhicule sur vireur en virage apparaît donc assez dangereux.

On remarque que pour le sur vireur le décrochage reste limite car une fois celui ci réalisé, les dérives repassent en dessous de 20° et le véhicule reprend de l'adhérence.

D'autre part les dérives en figure 7 et 9 sont cohérentes vis a vis de leurs dynamiques respective. On observe bien une baisse des angles de dérive sur un sous virage. Et une hausse de l'angle de dérive arrière supérieure à celle de la dérive avant pour un sur virage.

4 Conclusion

En résumé un véhicule sur vireur permettra une direction plus incisive mais bien moins stable que celle proposé par un véhicule sous vireur. On comprend aisément avec ces simulation la nécessité des véhicule de tourisme a être sous vireur afin de garantir la sécurité et le contrôle des usagés.

5 Prise en main du simulateur

Nous avons réalisé une interface graphique que nous mettons à disposition afin de reproduire les scénarios vu précédemment. Elle se compose d'une partie affichage et d'une partie contrôle.

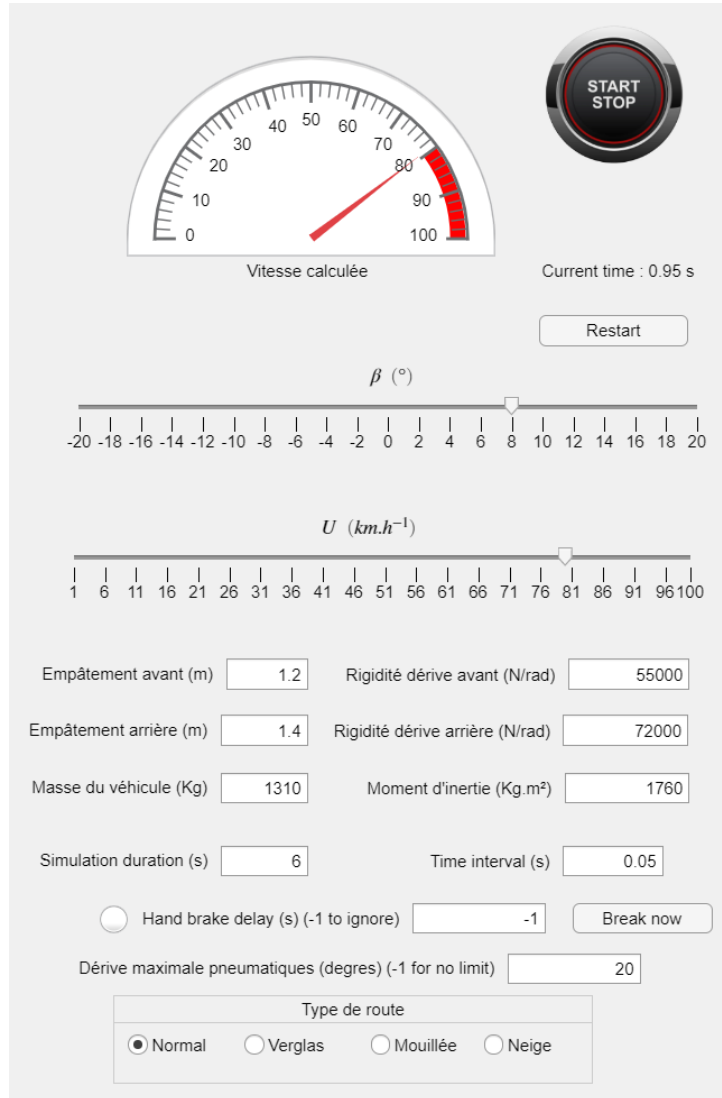


FIGURE 11 – Partie contrôle de l'interface utilisateur

Le panneau de droite représenté en figure 11 sert à contrôler le véhicule et les paramètres de simulation. L'utilisateur peut ainsi pré-allouer les tableaux pour contenir les paramètres physiques du véhicule en fonction du pas de temps de simulation (Time interval) choisi.

Il peut aussi mettre en pause et relancer la simulation grace au système Start and Stop, ou la redémarrer grace au bouton "Restart" (Il faut refaire un start après avoir fait un restart).

Certains paramètres peuvent être changés dynamiquement comme l'angle de braquage β , la vitesse U et le type de route. Le frein à main peut soit être mis ou enlevé avec le bouton "Break now" ou "End Breaking". Il peut aussi se déclencher automatiquement au bout d'un certain temps en renseignant un délai dans le champ "Hand brake delay" afin de réaliser des scénarios répétitifs. Les autres paramètres sont pris en compte lorsque "Restart" est appuyé.

6 Annexes

```

1 function [] = IterativeCalculation(app)
2
3 app.a11 = -(app.Lf^2*app.Cf+app.Lr^2*app.Cr)/(app.Iz*app.speed);
4 app.a21 = (-app.Lf*app.Cf+app.Lr*app.Cr)/(app.m*app.speed^2) - 1;
5
6 app.a12 = (app.Lr*app.Cr-app.Lf*app.Cf)/(app.Iz);
7 app.a22 = (-app.Cr-app.Cf)/(app.m*app.speed);
8 app.b1 = (app.Lf*app.Cf)/app.Iz;
9 app.b2 = app.Cf/(app.m*app.speed);
10
11 app.iteration = app.iteration + 1;
12 i = app.iteration;
13
14 app.vTime(i) = app.vTime(i-1) + app.dt;
15 app.vDDTheta(i) = app.a11 * app.vDTheta(i-1) + app.a12*app.vDelta(i-1) + app.b1 * app.beta;
16 app.vDTheta(i) = app.vDTheta(i-1) + app.vDDTheta(i)*app.dt;
17 app.vTheta(i) = app.vTheta(i-1) + app.vDTheta(i)*app.dt;
18 app.vDDelta(i) = app.a21 * app.vDTheta(i-1) + app.a22 * app.vDelta(i-1) + app.b2*app.beta;
19 app.vDelta(i) = app.vDelta(i-1) + app.vDDelta(i)*app.dt;
20 app.vDThetaCin(i) = app.speed/(app.Lf + app.Lr)*tan(app.beta);
21 app.vBeta(i) = app.beta;
22 app.vDeltaF(i) = app.vDelta(i) + (app.Lf*app.vDTheta(i))/app.speed - app.beta;
23 app.vDeltaR(i) = app.vDelta(i) - (app.Lr*app.vDTheta(i))/app.speed;
24
25 % forces lat rales
26 fF = -app.Cf*app.vDeltaF(i);
27 fR = -app.Cr*app.vDeltaR(i);
28
29 % si l'angle de d rive est sup rieur 20 on borne la force lat rale
30 if app.deriveMax ~= -1
31     if abs(app.vDeltaF(i))* 180 / pi > app.deriveMax
32         fF = - app.Cf * app.deriveMax / 180 * pi;
33     end
34     if abs(app.vDeltaR(i))* 180 / pi > app.deriveMax
35         fR = - app.Cr * app.deriveMax / 180 * pi;
36     end
37 end
38
39 if app.vDDelta(i)+app.vDTheta(i) == 0
40     uReal = app.speed;
41 else
42     uReal = (fR*cos(app.beta+app.vDelta(i))+fF*cos(app.vDelta(i)))/((app.vDDelta(i)+app.vDTheta(i))*app.m)
43 end
44 app.vPositionX(i) = app.vPositionX(i-1) + app.dt*(uReal*cos(app.vTheta(i) + app.vDelta(i)));
45 app.vPositionY(i) = app.vPositionY(i-1) + app.dt*(uReal*sin(app.vTheta(i) + app.vDelta(i)));
46 app.vUReal(i) = uReal;
47
48 %% Affichage
49 if(mod(app.iteration,10) == 0) % afficher 1 fois sur 10 pour les performances
50     plot(app.UIAxes, app.vTime(1:i), app.vDDTheta(1:i))
51     plot(app.UIAxes_3, app.vTime(1:i), app.vDTheta(1:i).*180/pi, app.vTime(1:i), app.vDThetaCin(1:i).*180/pi)
52     legend(app.UIAxes_3,"Dynamique"," Cin matique")
53     plot(app.UIAxes_2, app.vTime(1:i), app.vBeta(1:i).*180/pi)
54     plot(app.UIAxes_4, app.vTime(1:i), abs(app.vDeltaF(1:i)).*180/pi, app.vTime(1:i), abs(app.vDeltaR(1:i))
55     legend(app.UIAxes_4,"Avant"," Arri re")
56     plot(app.UIAxes2, app.vPositionX(1:i), app.vPositionY(1:i))
57     hold(app.UIAxes2, 'on');
58     plot(app.UIAxes2, app.vPositionX(i), app.vPositionY(i), '-or');
59     hold(app.UIAxes2, 'off');
60     axis(app.UIAxes2, 'equal');
61 end
62 end

```

Listing 1 – Fonction de calcul appelée sur timer