

Mise en place d'une modélisation Matlab / Simulink

Mise en situation : Jeu Rocket League **PARTIE 1**

I. Approche théorique

On cherche ici à concevoir une modélisation Matlab / Simulink simplifiée représentative d'un saut d'un véhicule à la manière du jeu Rocket League.



L'étude se limite initialement à un saut en hauteur (détente verticale).

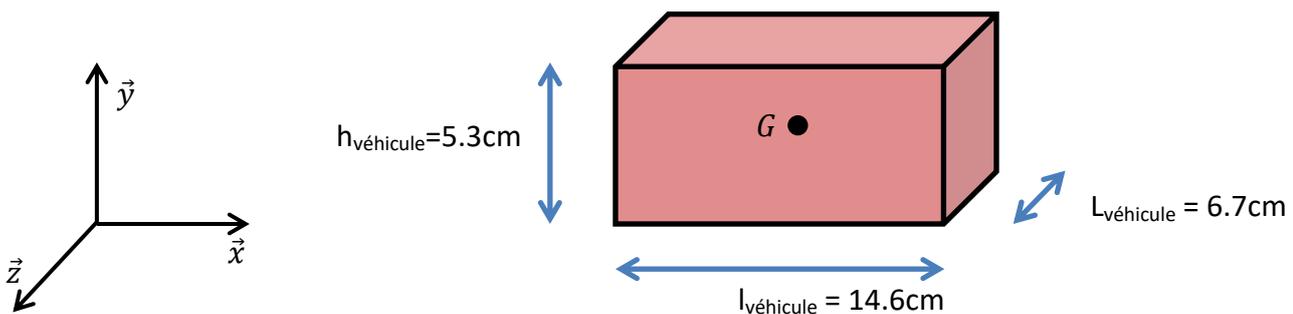
L'étude se porte sur les **aspects physiques et énergétiques** de ce saut sans chercher, pour le moment, à décrire la solution technique qui permet d'effectuer le saut (vérins, mécanisme à ressorts, ou autre...).

Le véhicule choisi, sur lequel la solution technique de saut sera à terme placée, est le suivant :



Longueur : $l_{\text{véhicule}} = 14.6\text{cm}$
 Largeur : $L_{\text{véhicule}} = 6.7\text{cm}$
 Hauteur : $h_{\text{véhicule}} = 5.3\text{cm}$
 Masse : $m_{\text{véhicule}} = 170\text{g}$

Ce véhicule sera modélisé sous la **forme d'un parallélépipède rectangle** avec une **masse supposée uniformément répartie** (le centre de gravité est au centre du parallélépipède rectangle) :



Le cahier des charges initial impose :

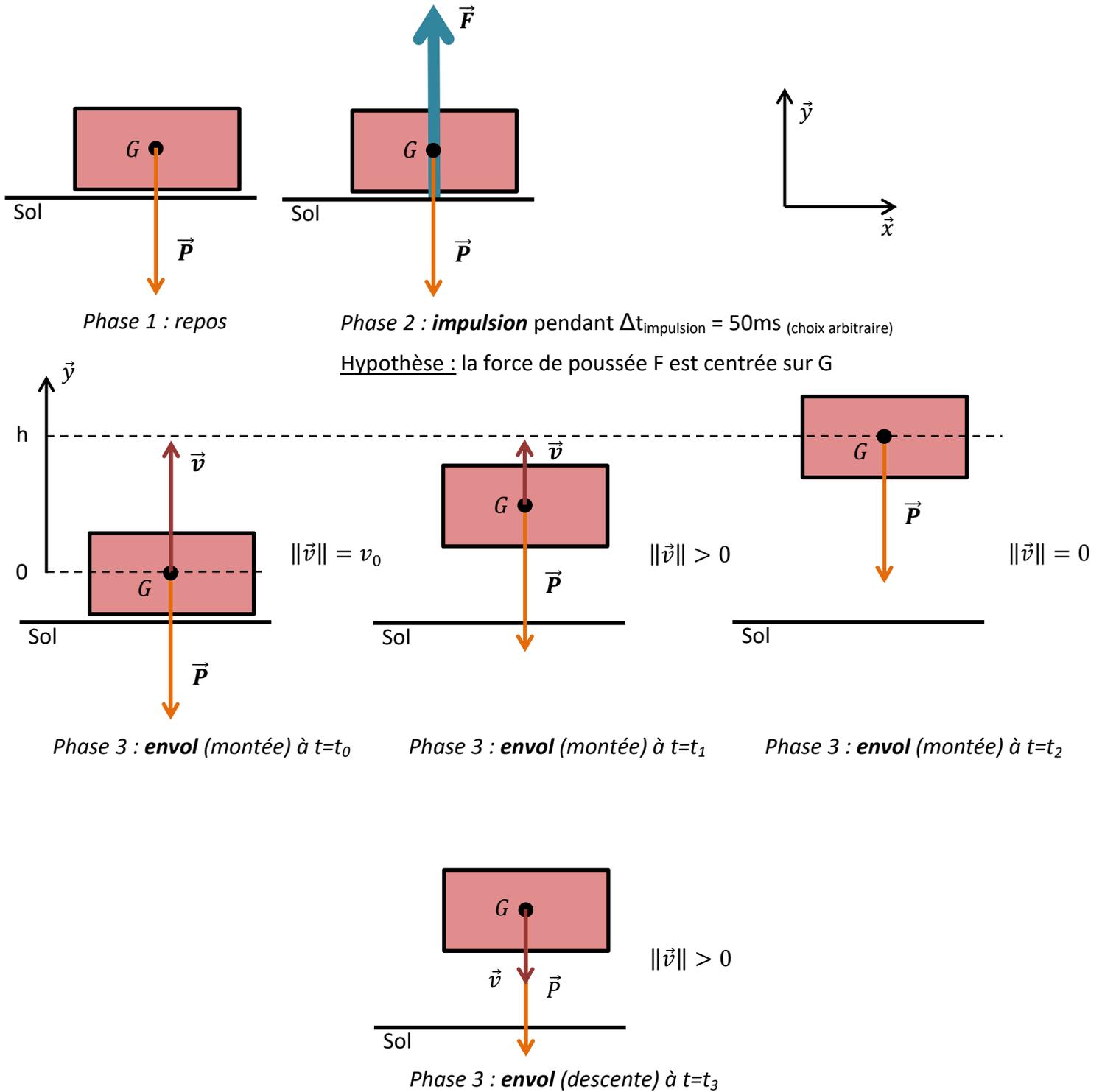
Critères	Valeur
Pouvoir effectuer un saut en hauteur selon l'axe (O, \vec{y})	Hauteur minimale de saut souhaitée : $h = 15\text{ cm}$

On suppose que le saut est réalisé dans le plan (O, \vec{x}, \vec{y}) .

On **néglige initialement les effets aérodynamiques** sur le véhicule.

On suppose que la **durée de la phase d'impulsion du saut**, engendrée par la solution technique de saut, **dure 50ms** (voir les étapes du saut sur la page suivante).

Le saut en hauteur peut être décomposé en plusieurs étapes :



Légende :

\vec{P} : poids du véhicule

\vec{F} : force exercée par le mécanisme de saut (dont on néglige volontairement ici la constitution et la masse) sur le véhicule

\vec{v} : vitesse du véhicule

G : centre de gravité du véhicule

Etude de la phase d'envol :

Q1. Faire le bilan des actions mécaniques s'exerçant sur le véhicule lors de la phase 3 d'envol.

Q2. Donner l'expression et **calculer**, si possible, l'énergie cinétique E_c et l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} du véhicule lors de la phase 3 :

- à $t = t_0$
- à $t = t_2$

Q3. En appliquant le principe de conservation de l'énergie (l'énergie cinétique $E_c(t_0)$ acquise par le véhicule à l'issue de l'impulsion est convertie progressivement en énergie potentielle de pesanteur E_{pp} lors de l'envol en phase de montée), et à partir des hypothèses initialement énoncées, **calculer** la valeur de la vitesse initiale v_0 que se doit d'avoir le véhicule à l'issue de l'impulsion.

Q4. Donner la nature du mouvement du véhicule lors de l'envol en phase de montée (Mouvement Rectiligne Uniforme ou Mouvement Rectiligne Uniformément Accéléré). Donner les équations horaires associées.

Q5. A partir des équations horaires précédentes, lors de la phase d'envol, **tracer** l'allure de l'évolution de la vitesse v_y du véhicule en fonction du temps et l'évolution de la position y du véhicule en fonction du temps. Pour les deux tracés, **faire apparaître** les expressions caractéristiques.

A noter que l'expression de $y(t)$ peut également s'écrire :

$$y(t) = -\frac{g}{2} \left(t - \frac{v_0}{g} \right)^2 + \frac{v_0^2}{2g}$$

Q6. Pour la phase d'envol, **calculer** valeur de l'instant t où la hauteur h est atteinte par le véhicule.

Etude de la phase d'impulsion :

Q7. Faire le bilan des actions mécaniques s'exerçant sur le véhicule lors de la phase 2 (impulsion).

On rappelle que l'étude se porte sur les aspects physiques et énergétiques du saut sans chercher à décrire la solution technique qui permet d'effectuer le saut (vérins, mécanisme à ressorts, etc...).

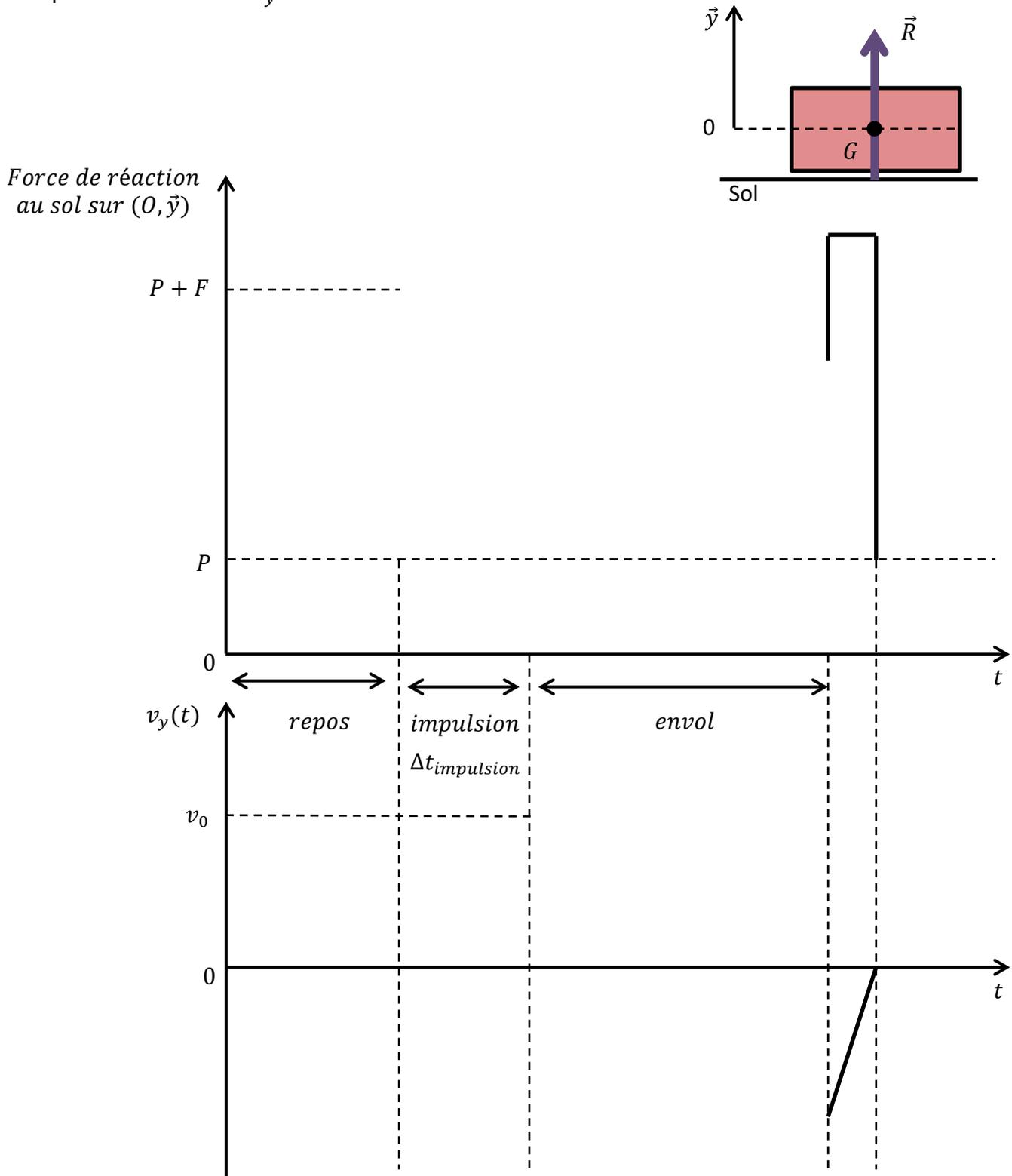
Durant la phase d'impulsion, cette solution technique se doit d'engendrer une force \vec{F} de valeur suffisante sur le véhicule pendant la durée supposée de l'impulsion (50ms).

Par projection sur l'axe (O, \vec{y}) , et à la vue de l'énoncé, l'application du Principe Fondamentale de la Dynamique au véhicule lors de la phase d'impulsion conduit à écrire la relation scalaire suivante :

$$F - P = m \times \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Q8. Donner l'expression de la force F , puis **calculer** la valeur de la force F que se doit d'engendrer la solution technique de saut lors de la phase d'impulsion pendant la durée $\Delta t_{impulsion}$.

Q9. Compléter les évolutions temporelles simplifiées de la force réaction au sol sur (O, \vec{y}) ainsi que l'évolution temporelle de la vitesse v_y du véhicule.



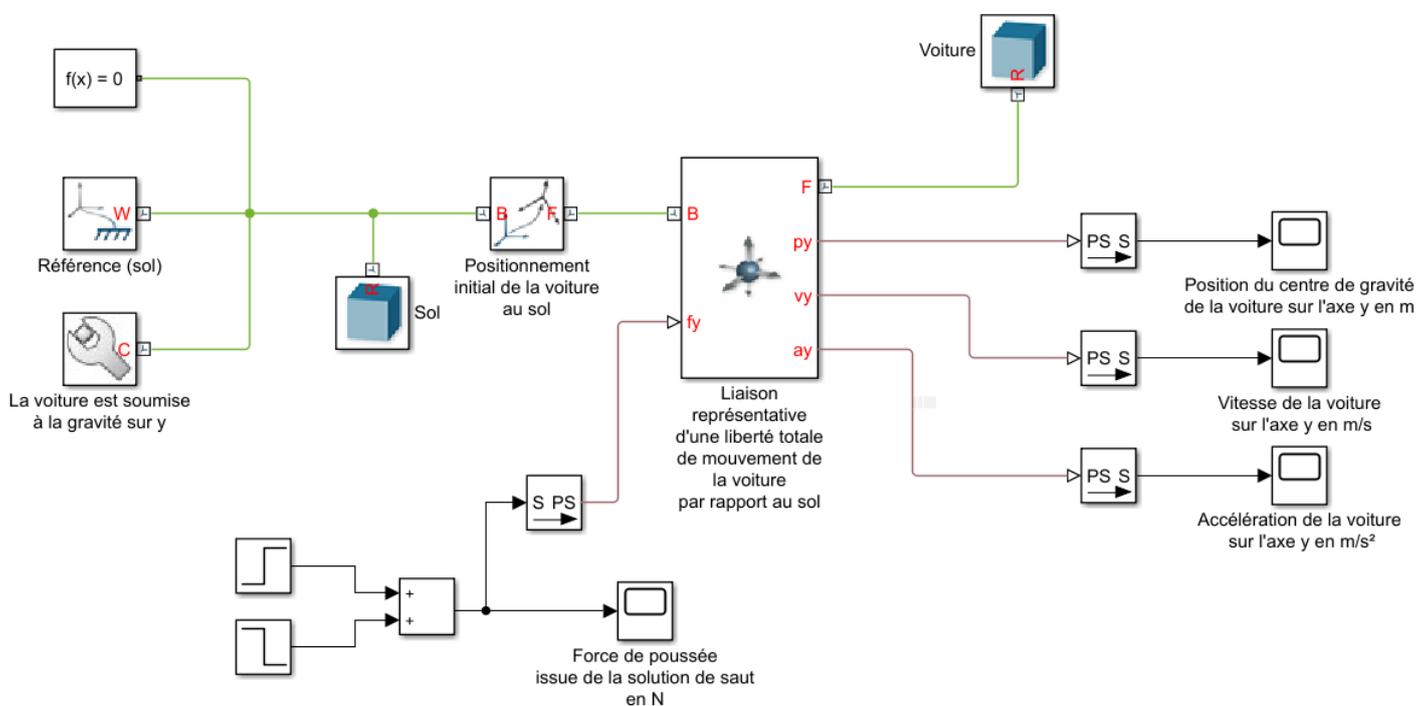
Q10. Calculer la puissance mécanique maximale de translation que la solution technique de saut doit fournir au véhicule lors de l'impulsion.

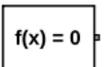
II. Mise en place du modèle Matlab / Simulink : Modèle 1

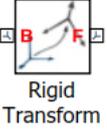
Description du modèle 1
Saut en hauteur issue d'une impulsion de ____ N pendant 0.05s

Hypothèses du modèle 1
La force de poussée F est centrée sur le centre de gravité G du véhicule
Effets aérodynamiques négligés

Q11. Saisir le modèle Matlab / Simulink suivant en modifiant convenablement les paramètres (voir le tableau ci-dessous) :



Blocs	Librairies	Paramétrage des blocs à modifier en fonction des données de l'étude
 Solver Configuration	<i>Simscape / Utilities</i>	Paramètres à modifier : Laisser par défaut
 World Frame	<i>Simscape / Multibody / Frame and Transforms</i>	Paramètres à modifier : Rien à modifier

 <p>Rigid Transform</p>	<p><i>Simscape / Multibody / Frame and Transforms</i></p>	<p>Paramètres à modifier : « Method » et « Offset »</p> <table border="1" data-bbox="730 152 1398 338"> <tr> <td colspan="2">Rotation</td> </tr> <tr> <td>Method</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Translation</td> </tr> <tr> <td>Method</td> <td>Cartesian</td> </tr> <tr> <td>Offset</td> <td>[0 2.65 0] cm</td> </tr> </table>	Rotation		Method	None	Translation		Method	Cartesian	Offset	[0 2.65 0] cm																														
Rotation																																										
Method	None																																									
Translation																																										
Method	Cartesian																																									
Offset	[0 2.65 0] cm																																									
 <p>Mechanism Configuration</p>	<p><i>Simscape / Multibody / Utilities</i></p>	<p>Paramètres à modifier : « Gravity »</p> <table border="1" data-bbox="730 409 1398 524"> <tr> <td>Uniform Gravity</td> <td>Constant</td> </tr> <tr> <td>Gravity</td> <td>[0 0 0] m/s²</td> </tr> <tr> <td>Linearization Delta</td> <td>0.001</td> </tr> </table>	Uniform Gravity	Constant	Gravity	[0 0 0] m/s ²	Linearization Delta	0.001																																		
Uniform Gravity	Constant																																									
Gravity	[0 0 0] m/s ²																																									
Linearization Delta	0.001																																									
 <p>Solid</p>	<p><i>Simscape / Multibody / Body Elements</i></p>	<p>Sol : Paramètres à modifier : « Shape » et « Dimensions »</p> <table border="1" data-bbox="719 595 1409 904"> <tr> <td colspan="2">Geometry</td> </tr> <tr> <td>Shape</td> <td>Brick</td> </tr> <tr> <td>Dimensions</td> <td>[40 0.01 40] cm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Graphic</td> </tr> <tr> <td>Type</td> <td>From Geometry</td> </tr> <tr> <td>Visual Properties</td> <td>Simple</td> </tr> <tr> <td>Color</td> <td>[0.4 0.4 0.0]</td> </tr> <tr> <td>Opacity</td> <td>1.0</td> </tr> </table> <p>Véhicule : Paramètres à modifier : « Shape » et « Dimensions » ainsi que « Masse » et « Color »</p> <table border="1" data-bbox="738 1014 1393 1469"> <tr> <td colspan="2">Geometry</td> </tr> <tr> <td>Shape</td> <td>Brick</td> </tr> <tr> <td>Dimensions</td> <td>[0 0 0] cm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Inertia</td> </tr> <tr> <td>Type</td> <td>Calculate from Geometry</td> </tr> <tr> <td>Based on</td> <td>Mass</td> </tr> <tr> <td>Mass</td> <td>0 kg</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Graphic</td> </tr> <tr> <td>Type</td> <td>From Geometry</td> </tr> <tr> <td>Visual Properties</td> <td>Simple</td> </tr> <tr> <td>Color</td> <td>[0.8 0.0 0.2]</td> </tr> <tr> <td>Opacity</td> <td>1.0</td> </tr> </table>	Geometry		Shape	Brick	Dimensions	[40 0.01 40] cm	Graphic		Type	From Geometry	Visual Properties	Simple	Color	[0.4 0.4 0.0]	Opacity	1.0	Geometry		Shape	Brick	Dimensions	[0 0 0] cm	Inertia		Type	Calculate from Geometry	Based on	Mass	Mass	0 kg	Graphic		Type	From Geometry	Visual Properties	Simple	Color	[0.8 0.0 0.2]	Opacity	1.0
Geometry																																										
Shape	Brick																																									
Dimensions	[40 0.01 40] cm																																									
Graphic																																										
Type	From Geometry																																									
Visual Properties	Simple																																									
Color	[0.4 0.4 0.0]																																									
Opacity	1.0																																									
Geometry																																										
Shape	Brick																																									
Dimensions	[0 0 0] cm																																									
Inertia																																										
Type	Calculate from Geometry																																									
Based on	Mass																																									
Mass	0 kg																																									
Graphic																																										
Type	From Geometry																																									
Visual Properties	Simple																																									
Color	[0.8 0.0 0.2]																																									
Opacity	1.0																																									
 <p>6-DOF Joint</p>	<p><i>Simscape / Multibody / Joints</i></p>	<p>Sur l'axe Y : Paramètres à modifier : « Force » et « Motion » et « Position », « Velocity » et « Acceleration » à cocher</p> <table border="1" data-bbox="751 1581 1382 1977"> <tr> <td colspan="2">Y Prismatic Primitive (Py)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">State Targets</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Internal Mechanics</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Actuation</td> </tr> <tr> <td>Force</td> <td>Provided by Input</td> </tr> <tr> <td>Motion</td> <td>Automatically Computed</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sensing</td> </tr> <tr> <td>Position</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Velocity</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Acceleration</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Actuator Force</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Y Prismatic Primitive (Py)		State Targets		Internal Mechanics		Actuation		Force	Provided by Input	Motion	Automatically Computed	Sensing		Position	<input checked="" type="checkbox"/>	Velocity	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceleration	<input checked="" type="checkbox"/>	Actuator Force	<input type="checkbox"/>																		
Y Prismatic Primitive (Py)																																										
State Targets																																										
Internal Mechanics																																										
Actuation																																										
Force	Provided by Input																																									
Motion	Automatically Computed																																									
Sensing																																										
Position	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Velocity	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Acceleration	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Actuator Force	<input type="checkbox"/>																																									

 Simulink-PS Converter	Simscape / Utilities	Paramètres à modifier : Rien à modifier
 PS-Simulink Converter	Simscape / Utilities	Paramètres à modifier : Rien à modifier
 Step	Simscape / Sources	<p><u>Step 1</u> : Paramètres à modifier : « Final value »</p> <div data-bbox="614 465 1516 824" style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> Parameters Step time: <input type="text" value="0"/> Initial value: <input type="text" value="0"/> Final value: <input style="background-color: #fff9c4;" type="text"/> </div> <p><u>Step 2</u> : Paramètres à modifier : « Step time » et « Final value »</p> <div data-bbox="614 896 1516 1249" style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> Parameters Step time: <input style="background-color: #fff9c4;" type="text"/> Initial value: <input type="text" value="0"/> Final value: <input style="background-color: #fff9c4;" type="text"/> </div>
 Add	Simulink / Math Operations	Paramètres à modifier : Rien à modifier
 Scope	Simulink / Commonly Used Blocks	Paramètres à modifier : Rien à modifier

Q12. Ajouter les blocs nécessaires à la visualisation de la puissance mécanique de translation produite par la solution technique qui permet d'effectuer le saut.

Q13. Vérifier à l'aide de captures d'écran et de relevés rigoureux, toutes des données obtenues dans l'étude théorique.

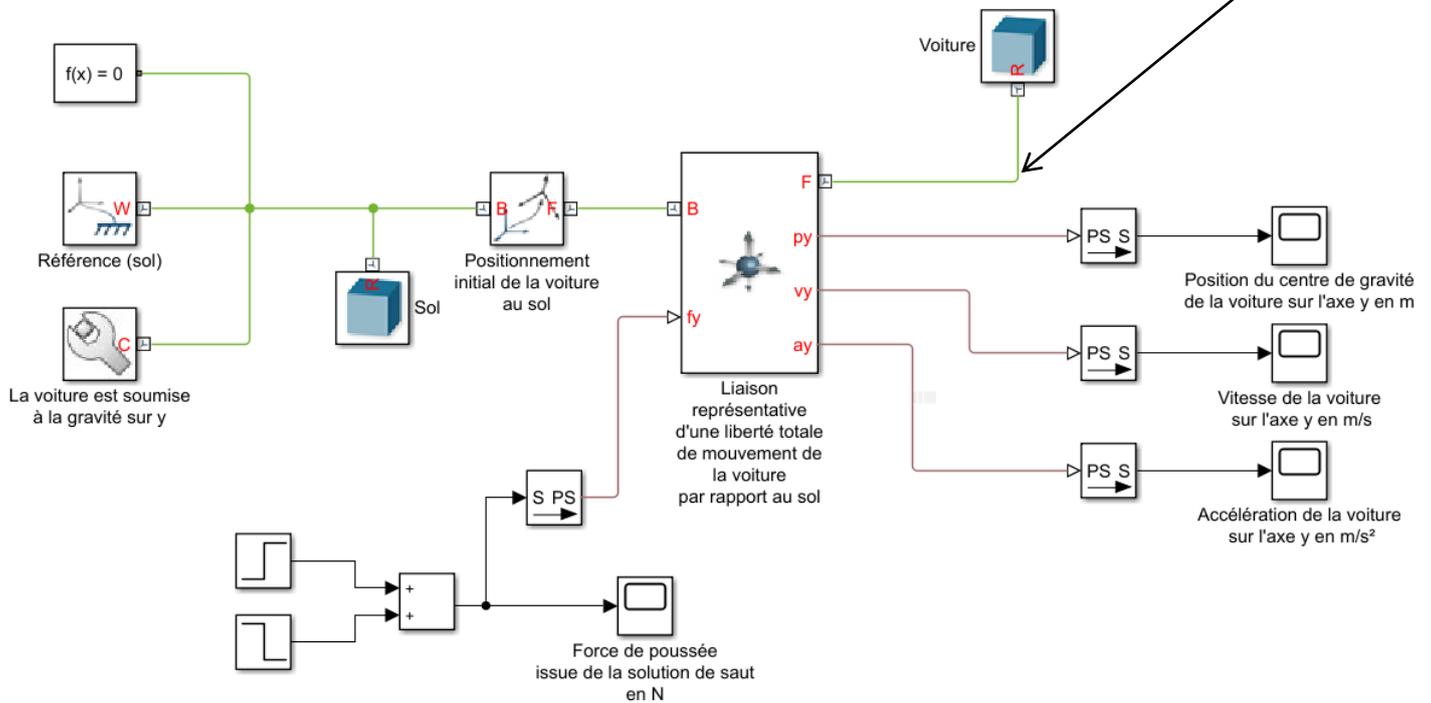
ENREGISTRER VOTRE MODELE 1

III. Mise en place du modèle Matlab / Simulink : Modèle 1bis

Description du modèle 1 bis
Saut en hauteur issue d'une impulsion de ____ N pendant 0.05s

Hypothèses du modèle 1 bis
<u>La force de poussée F est légèrement décalé par rapport au centre de gravité G du véhicule</u>
Effets aérodynamiques négligés

Q14. A partir du modèle 1, **réaliser** le modèle Matlab / Simulink **1bis** en ajoutant un bloc Rigid Transform **ici** convenablement paramétrer selon l'hypothèse ci-dessus :



Q15. Décrire à l'aide de captures d'écran et de relevés **rigoureux**, les résultats obtenus.

ENREGISTRER VOTRE MODELE 1bis

IV. Mise en place du modèle Matlab / Simulink : Modèle 2

Le véhicule peut atteindre une vitesse de déplacement au sol de 3m/s sous une accélération de 1m/s².

On souhaite connaître la distance de saut en longueur du véhicule :

- une fois que ce dernier a atteint les 3m/s selon l'axe (O, \vec{x}) , l'impulsion verticale précédente est appliquée selon l'axe (O, \vec{y})

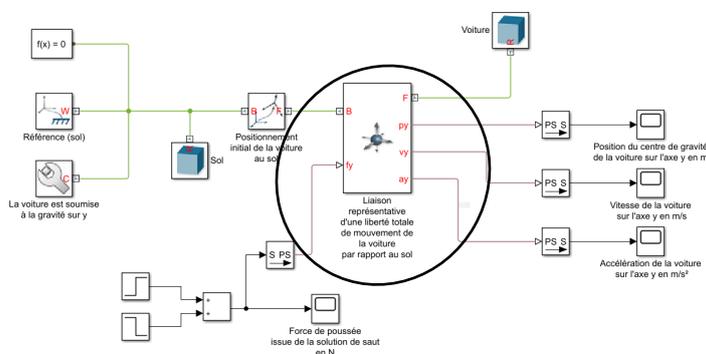
Description du modèle 2
Application d'un effort adapté selon l'axe (O, \vec{x}) pendant la durée $\Delta t_{accélération}$ adaptée afin d'atteindre une vitesse de 3 m/s sous une accélération de 1 m/s ²
A l'issue de l'accélération selon l'axe (O, \vec{x}) , on procède au saut en hauteur issue d'une impulsion de ____ N pendant 0.05s

Hypothèses du modèle 2
La force de poussée F est centrée sur le centre de gravité G du véhicule
Effets aérodynamiques négligés
Frottement selon l'axe (O, \vec{x}) négligé

Q16. Décrire rigoureusement les étapes du saut en longueur décrits ci-dessus (en s'inspirant de la page 2 et en fléchant les vecteurs forces).

Q17. A partir du modèle 1, réaliser le modèle Matlab / Simulink 2 en :

- ajoutant la possibilité d'appliquer un effort selon l'axe (O, \vec{x}) au niveau du bloc liaison
- ajoutant des blocs **Step** et **Add** fin d'appliquer un effort selon l'axe (O, \vec{x}) au niveau du bloc liaison
- ajustant les instants où les efforts selon l'axe (O, \vec{x}) et selon l'axe (O, \vec{y}) (impulsion) s'appliquent au véhicule
- compensant la présence du poids lors de l'application de l'effort selon l'axe (O, \vec{x})



Q18. Décrire à l'aide de captures d'écran et de relevés rigoureux, les résultats obtenus.

ENREGISTRER VOTRE MODELE 2

IV. Mise en place du modèle Matlab / Simulink : Modèle 3

Description du modèle 3

Application d'un effort adapté selon l'axe (O, \vec{x}) pendant la durée $\Delta t_{accélération}$ adaptée afin d'atteindre une vitesse de 3 m/s sous une accélération de 1 m/s²
--

A l'issue de l'accélération selon l'axe (O, \vec{x}), on procède au saut en hauteur issue d'une impulsion de _____ N pendant 0.05s
--

Hypothèses du modèle 2

La force de poussée F est centrée sur le centre de gravité G du véhicule
--

<u>Effets aérodynamiques non négligés</u>

Q19. A partir du modèle 2, réaliser le modèle Matlab / Simulink 3.