

Partie 1

Prof. Cécile Hébert



Video





Bonjour. Nous allons maintenant voir la notion de choc élastique. C'est une notion un petit peu compliquée et nous allons la traiter dans le cas général dans lequel deux particules arrivent avec des vitesses pas forcément colinéaires. C'est un petit peu ce qui se passe, deux particules sur une table à air. Nous allons donc commencer par une petite animation qui nous permettra de comprendre la notion de paramètre d'impact et pourquoi nous placer dans le référentiel centre de masse.

Notes

Summary



0m 05s

Plan du cours

- I - Cinématique
- II - Référentiel accélérés
- III - Lois de Newton
- IV - Balistique – effet d’une force constante et uniforme
- V - Forces ; application des lois de Newton
- VI - Travail, Energie, principes de conservation
- VII - Chocs. systèmes de masse variable
- VIII - Oscillateur harmonique
- IX - Moment cinétique ; Gravitation
- X - Solide indéformable
- XI - Application du solide indéformable

2

Nous sommes dans le chapitre VII : chocs, systèmes de masse variable et nous allons voir le cas des chocs élastiques.

Notes

Summary



0m 32s

Table des matières

- 1 - Motivation
- 2 - Centre de masse ; référentiel centre-de-masse
- 3 - Types de chocs
- 4 - Chocs élastiques
- 5 - Choc mou
- 6 - Système de masse variable : fusée

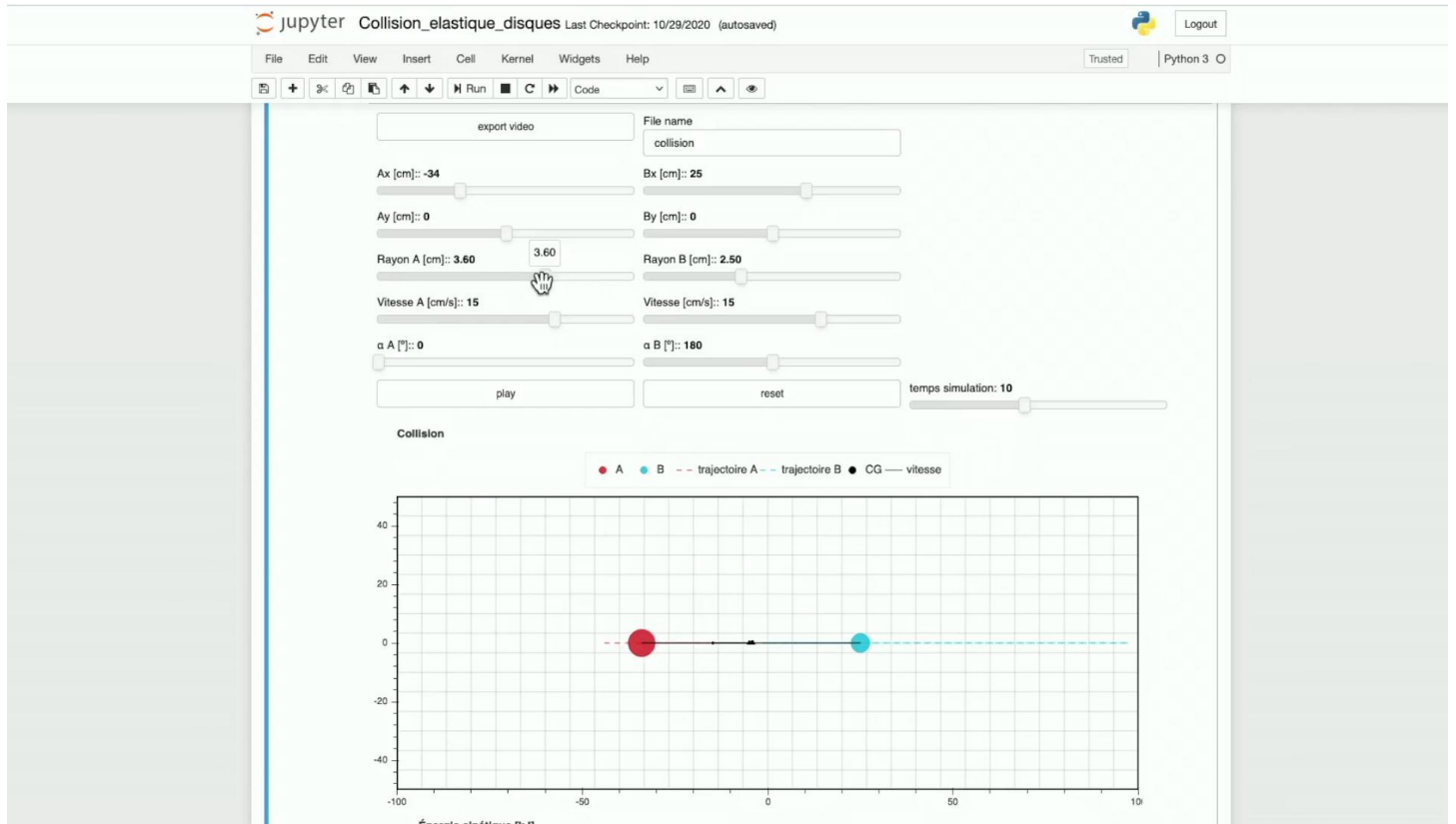
3

Notes

Summary



0m 36s

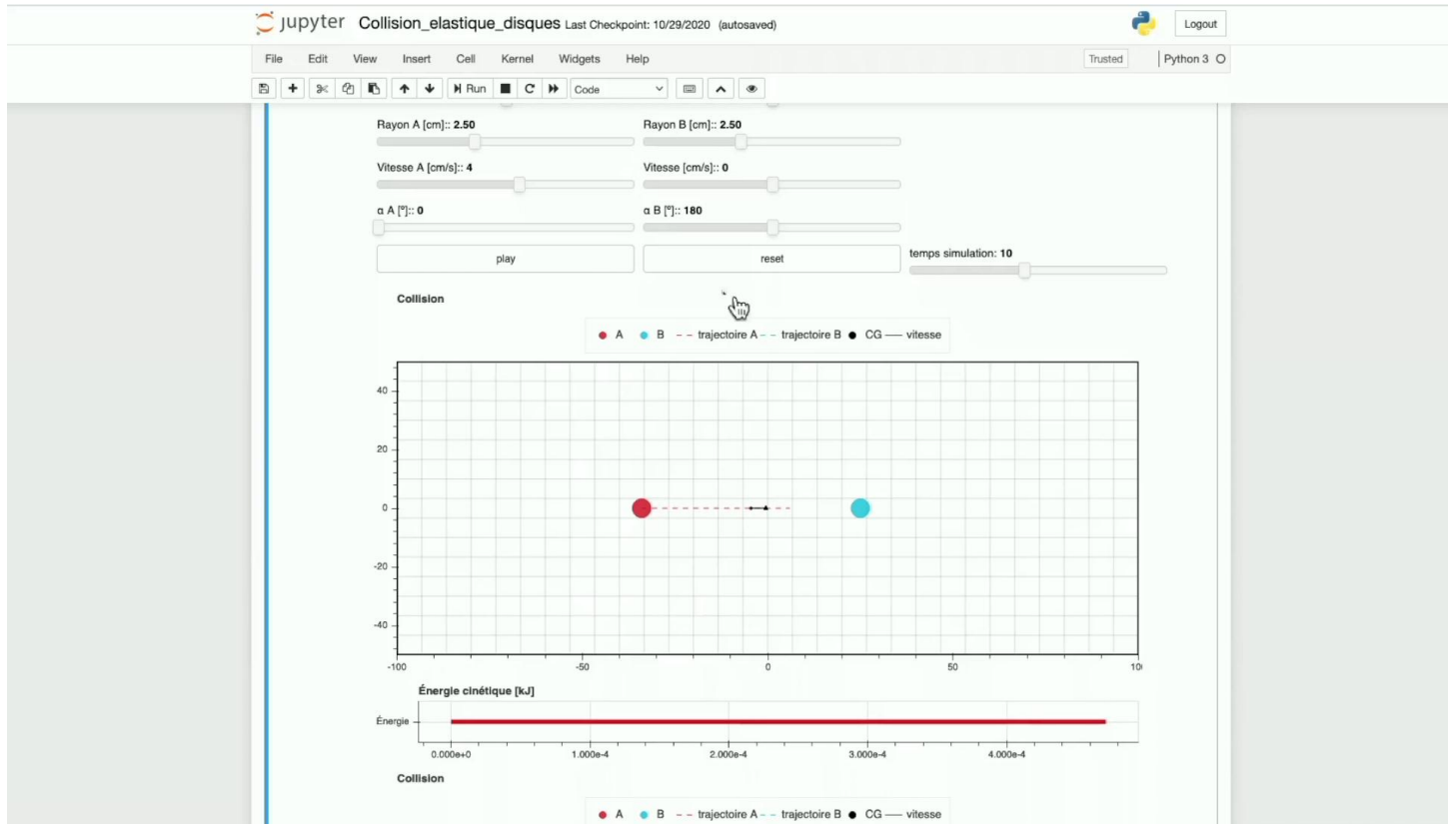


Nous allons commencer par une petite mise en perspective à l'aide d'une application : Jupyter Notebook. Le notebook est un peu compliqué et contient pas mal de cellules. Il faut toutes les exécuter les unes après les autres afin d'arriver à la cellule qui donne le graphique. Nous avons ici un schéma de la situation qui explique comment le calcul est fait et nous y reviendrons à la fin de cette partie sur les chocs élastiques. Les paramètres sont aussi tous expliqués, ainsi que le détail du calcul. Nous avons ici les fonctions qui permettent de définir les variables et de tracer le graphique. La dernière cellule commence par « Let's play »! et c'est celle qui va faire le dessin. Je dois donc l'exécuter. Une fois ceci terminé, nous voyons un grand nombre de paramètres ainsi que la représentation de deux tables à air. Ces tables à air vus de dessus supportent deux palets, un rouge et un bleu auxquels on peut communiquer une vitesse initiale représentée par la flèche. Il est possible de changer à peu près tous les paramètres, d'abord, la position des palet : horizontale, ou bien la position verticale. Le rayon du palet correspond à sa masse. Lorsque j'augmente son rayon, j'augmente sa masse.

Notes

Summary



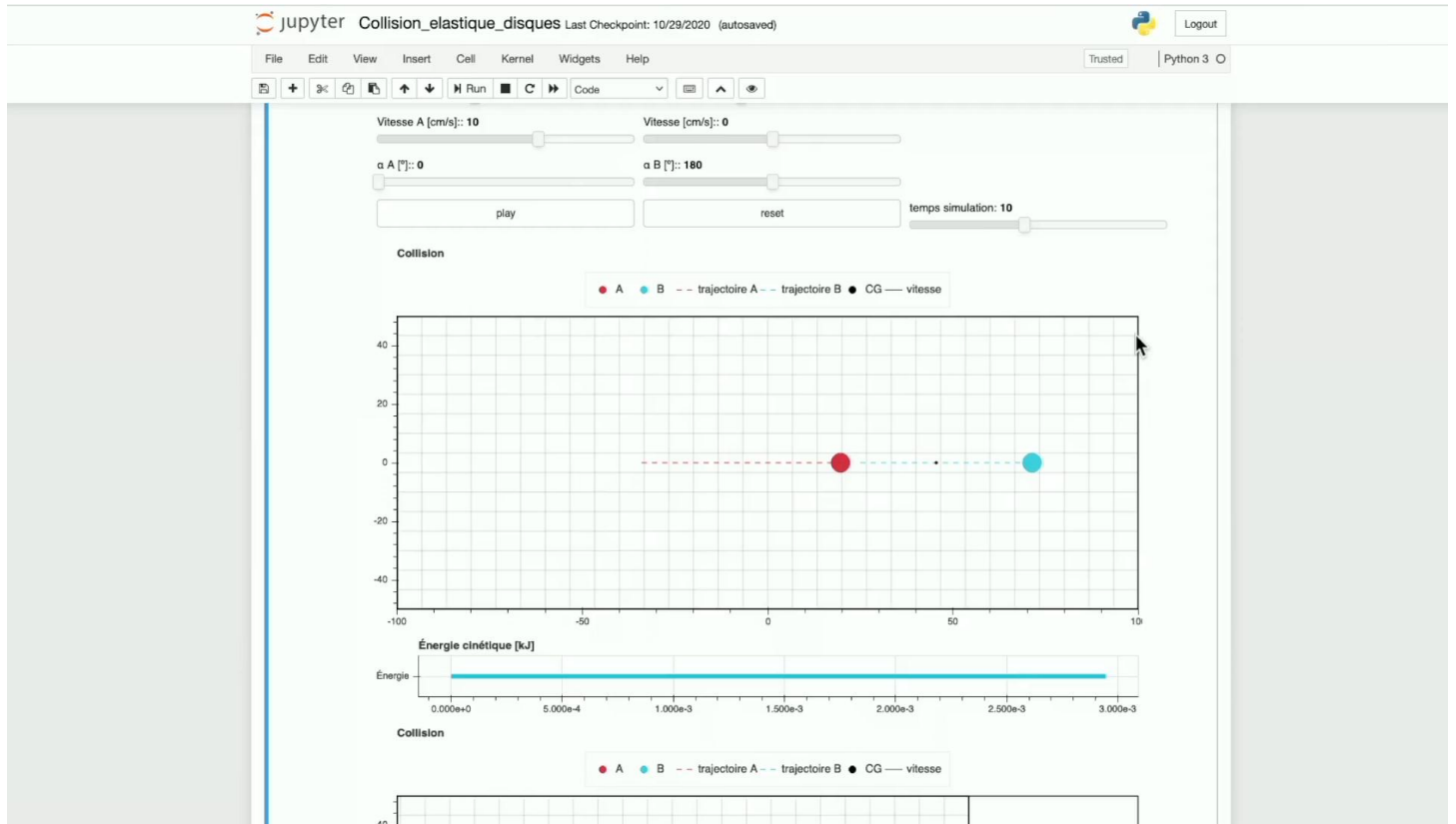


Remettons les deux palets à la même masse. Nous pouvons changer la norme du vecteur vitesse. Ce vecteur vitesse est représenté par la flèche accrochée au palet. Il est également possible de changer l'angle de tir en le choisissant comme on veut, avec une liberté de 360 degrés. Le point central représente le centre de masse du système. Ici, la vitesse du palet 2 est égale à moins la vitesse du palet 1 et leurs deux masses sont égales, le centre de masse reste donc immobile. Si je change, par exemple, la vitesse du deuxième palet, nous voyons ici une flèche qui s'accroche au centre de masse. C'est qu'à ce moment-là, lorsque les palets seront en mouvement, le centre de masse se déplacera lui aussi. Prenons le cas le plus simple : deux palets de même masse qui se rencontrent avec des vitesses exactement opposées. Nous pouvons appuyer sur « play ». Il y a besoin d'un petit temps pour que le calcul se fasse, puis on voit les palets qui se déplacent. Une fois que les palets ont fini de bouger sur la première table à air, ils bougent sur la deuxième. Ici, nous ne voyons pas de différence entre les deux cas. Mettons la vitesse du deuxième palet à zéro. Maintenant, seul le premier palet va se déplacer et recommençons.

Notes

Summary





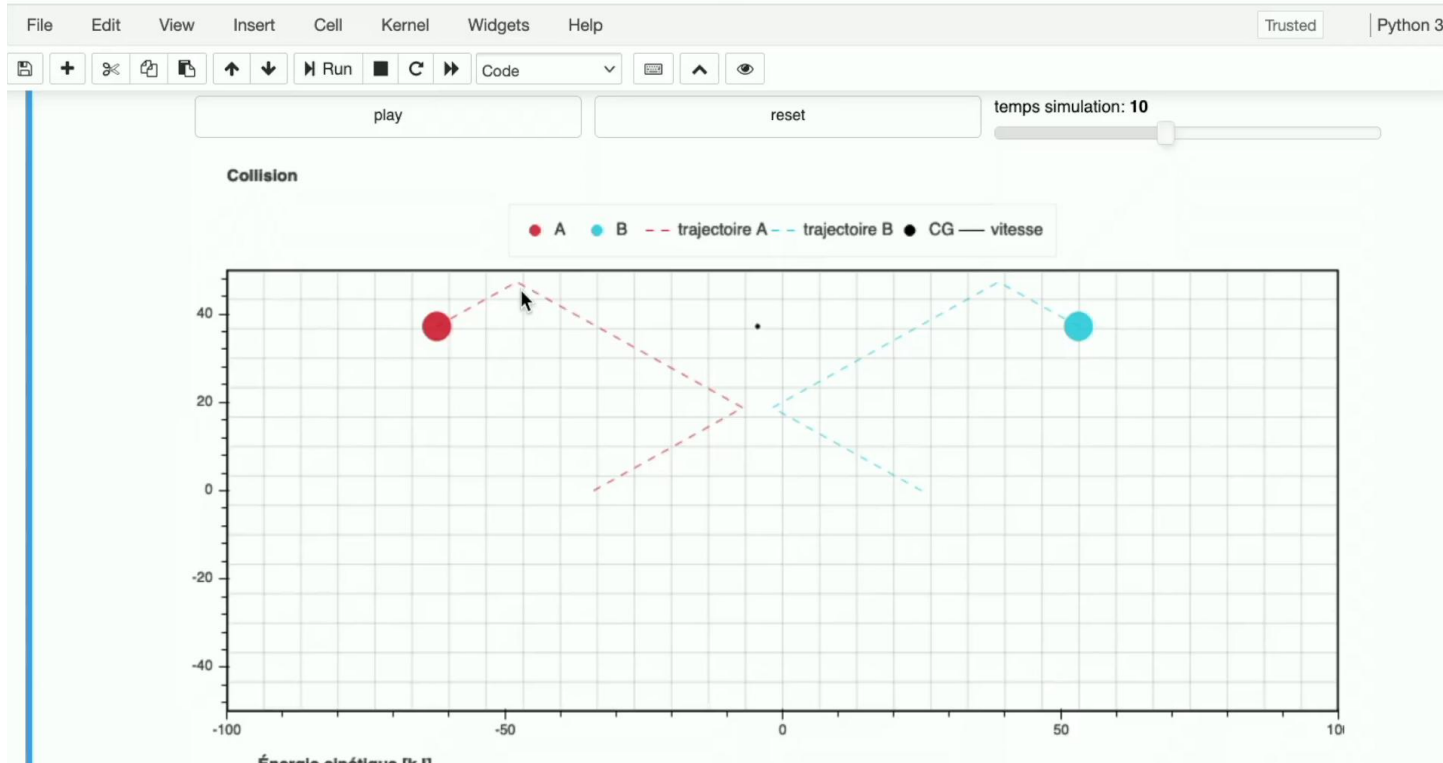
Dans ce cas-là, le centre de masse se déplace. La deuxième représentation est faite dans le référentiel centre de masse. Le centre de masse reste immobile lors du mouvement et nous voyons la table à air qui se déplace. C'est comme si on avait une caméra qui se déplace au-dessus de la table à air en suivant le centre de masse. La représentation du haut est donc dans le référentiel du laboratoire, la représentation du bas, dans le référentiel centre de masse. Lorsque le temps de simulation n'est pas assez long, les palets s'arrêtent avant d'avoir eu le temps de se rentrer dedans. On peut résoudre le problème en augmentant la vitesse ou bien en augmentant le temps de simulation. Nous allons maintenant utiliser cette applet.

Notes

Summary



3m 36s



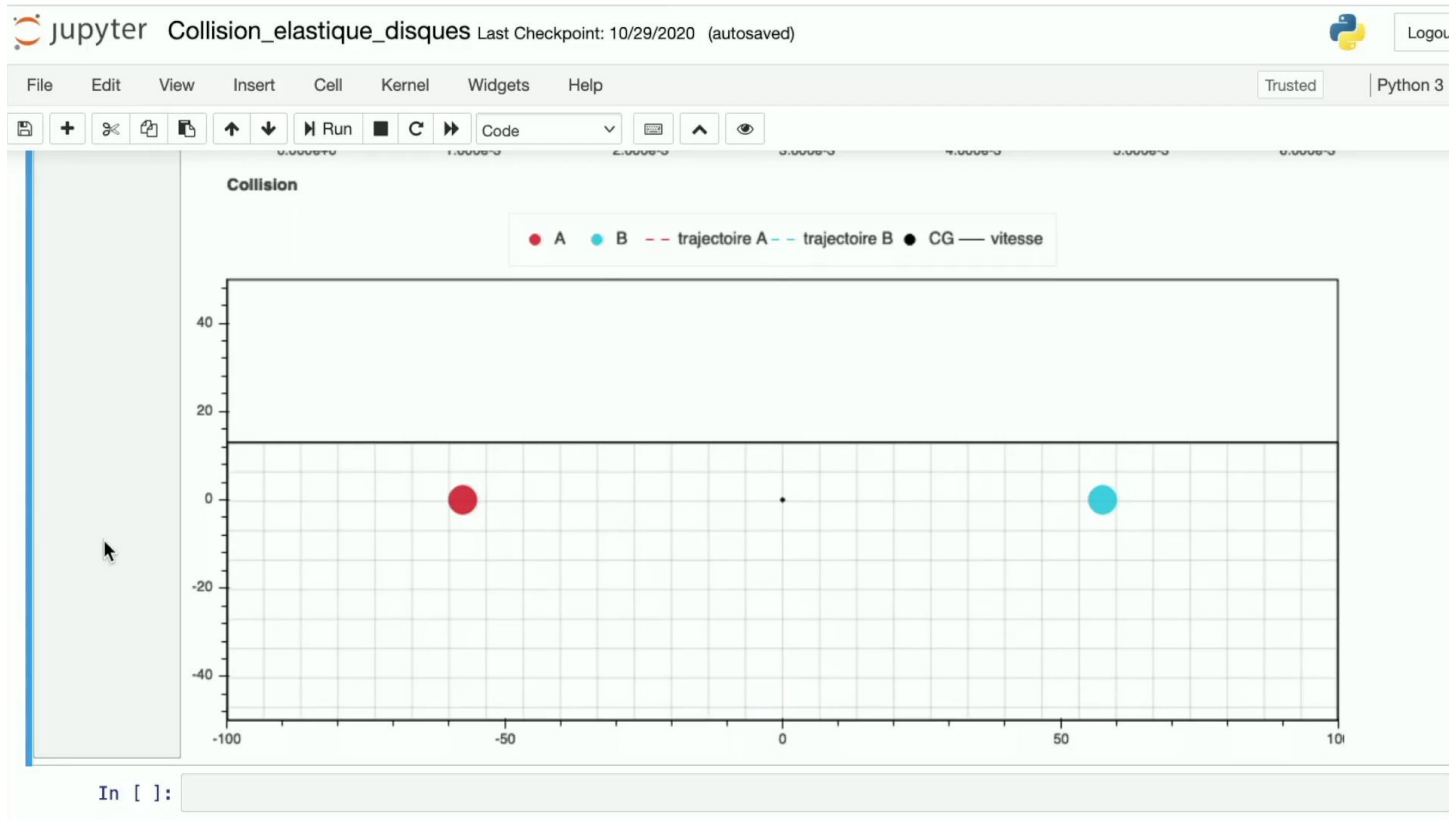
Je vais prendre maintenant la situation suivante : les deux palets ont la même masse, des vitesses de même norme, mais faisant des angles différents, de telle sorte qu'ils se rencontrent ici sur une ligne médiane. Le centre de masse aura donc une vitesse non nulle. Je lance la simulation. Nous voyons que le centre de masse garde une vitesse constante jusqu'au moment où il y a un choc avec les parois du billard.

Notes

Summary



4m 34s



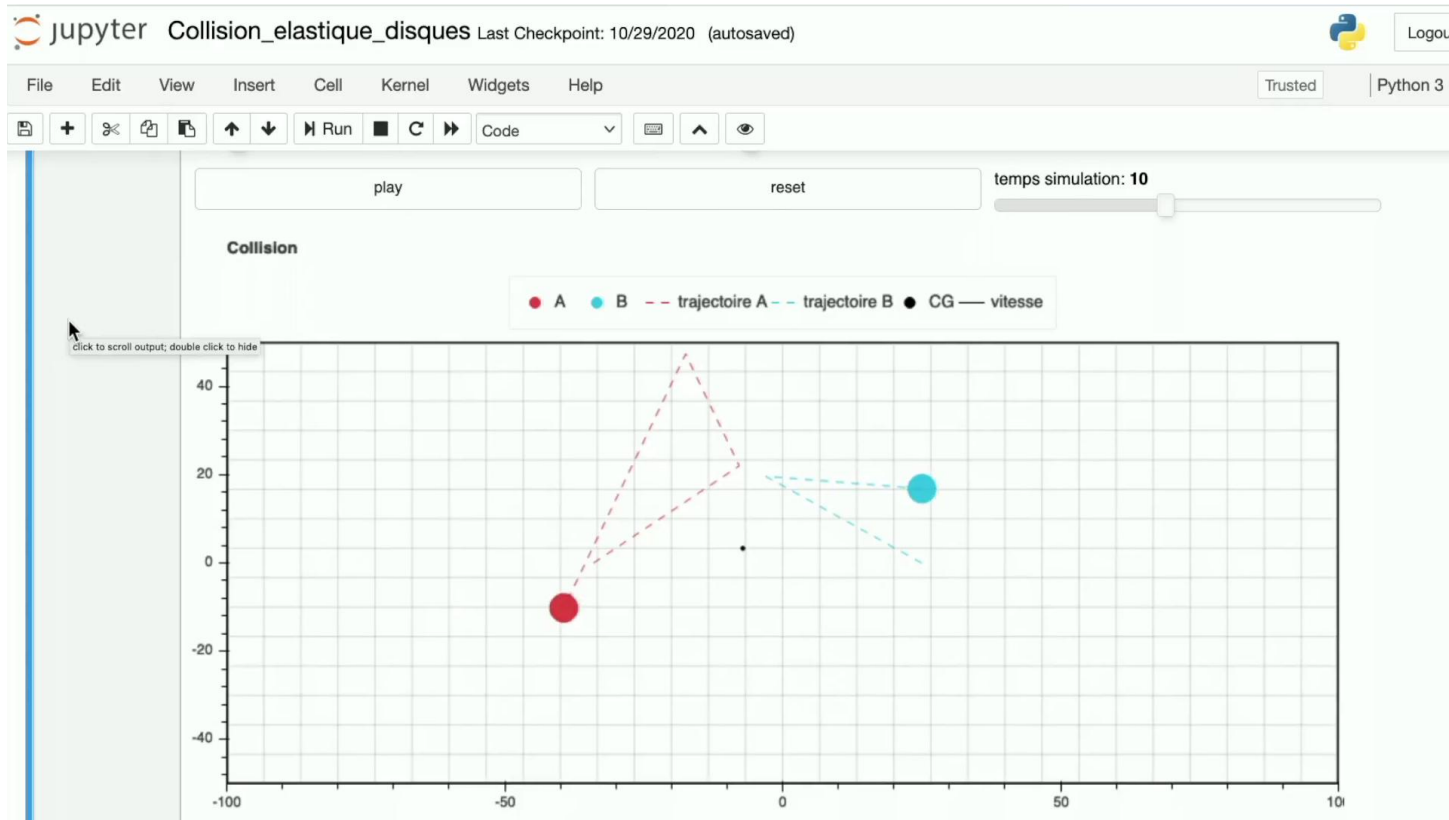
Dans le référentiel centre de masse, les deux vecteurs vitesse sont colinéaires et de directions opposées. En plus, dans la situation que j'ai maintenant, ils pointent en direction du centre de masse. Dans le référentiel centre de masse, les deux particules arrivent directement l'une en face de l'autre et rebondissent en repartant en direction opposée.

Notes

Summary



5m 01s



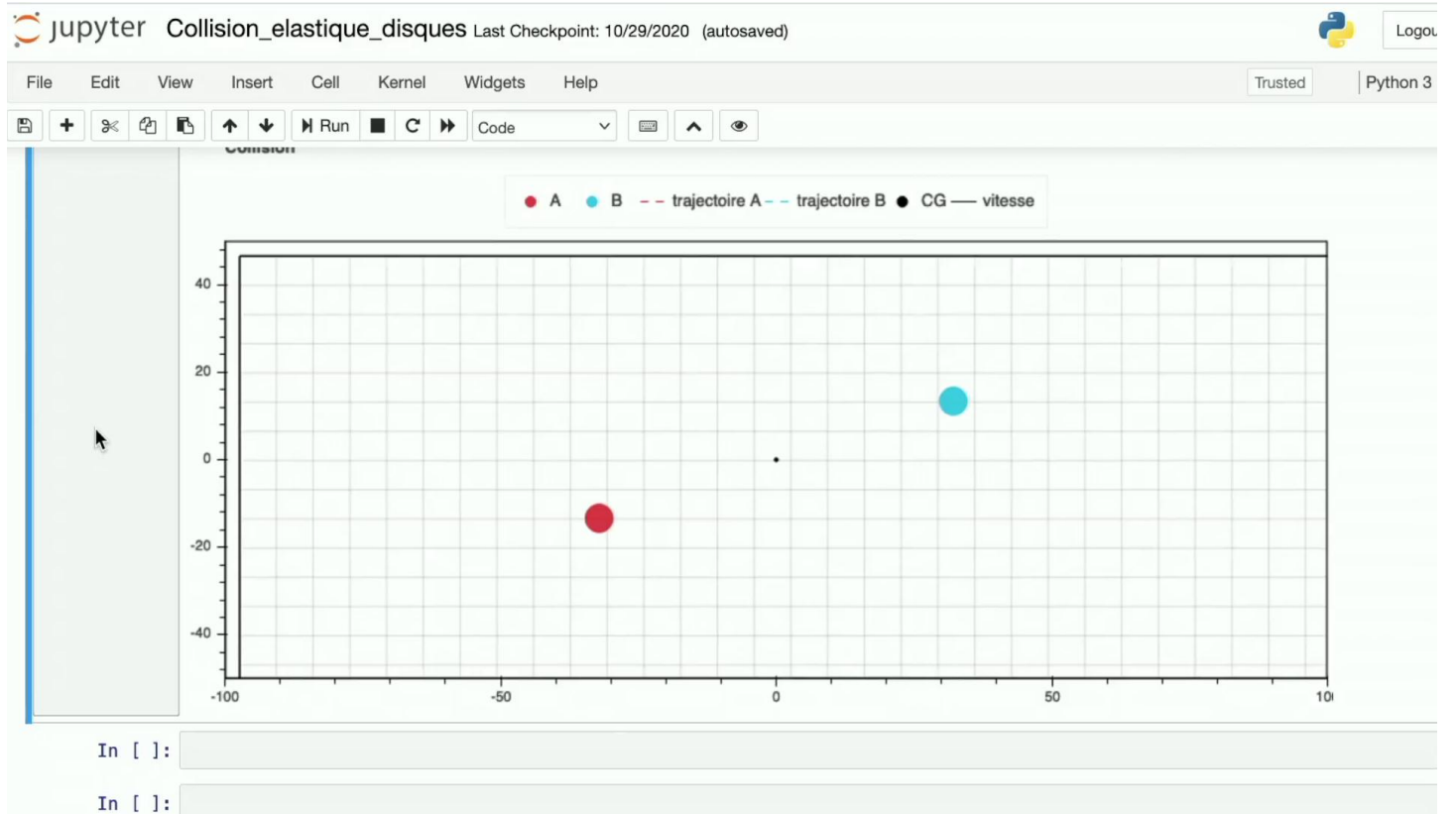
Maintenant, que se passe-t-il si je change légèrement l'angle d'une des deux particules ? La situation n'est plus symétrique.

Notes

Summary



5m 26s



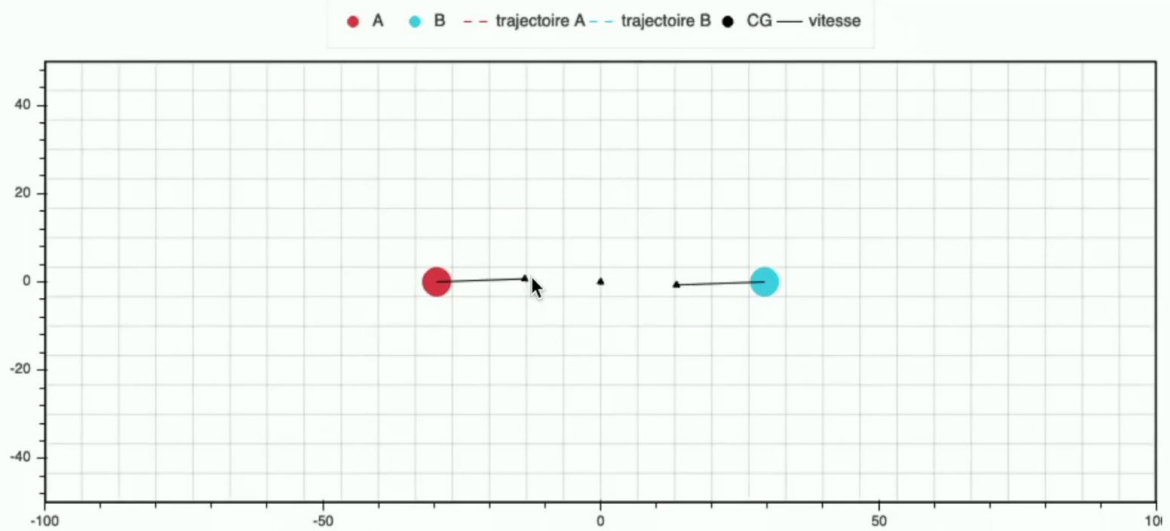
Les particules repartent dans des directions différentes des directions initiales dans le référentiel centre de masse.

Notes

Summary



5m 44s



In []:

In []:

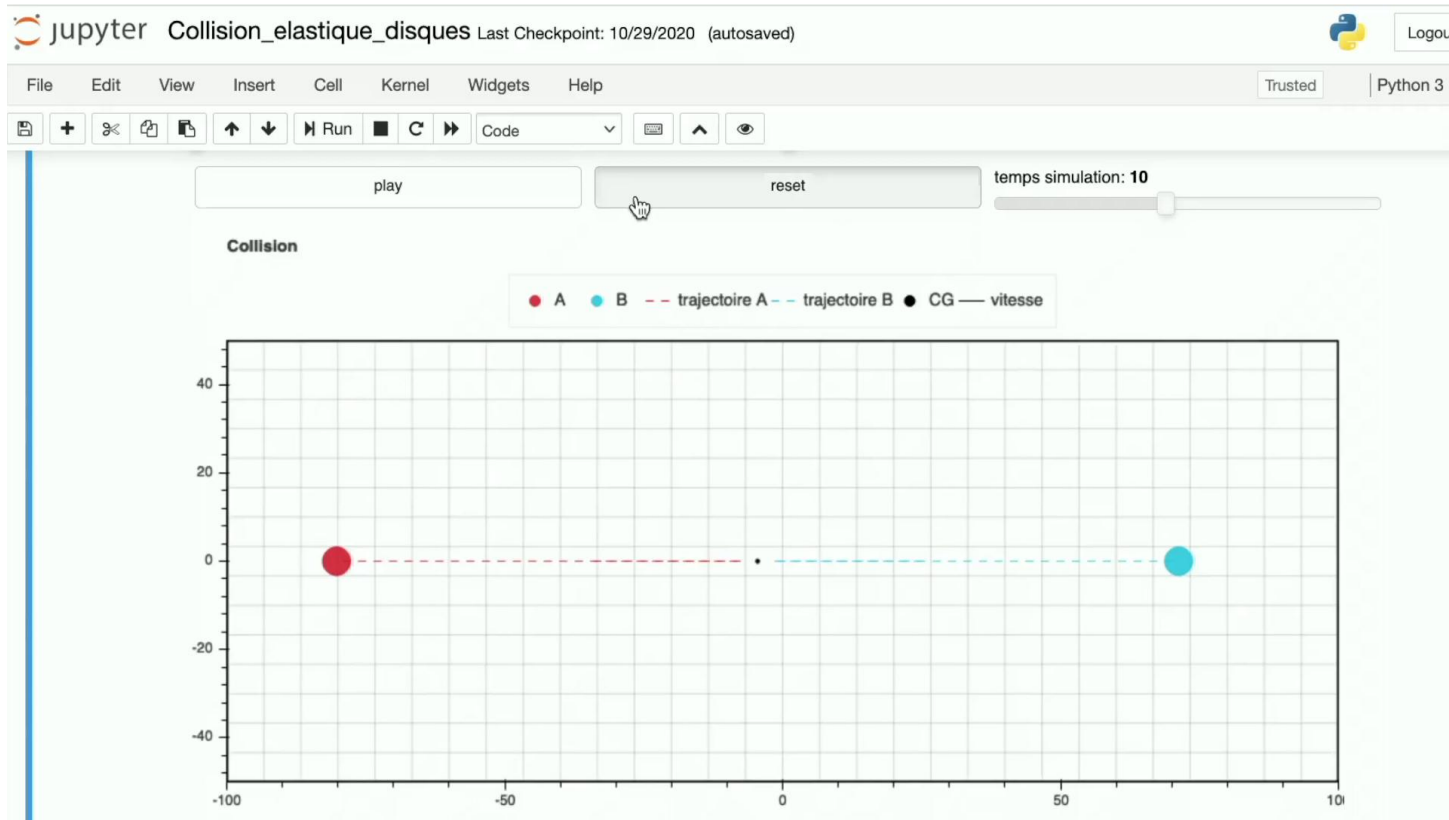
Pourtant, si on observe bien la situation, dans le référentiel centre de masse, les vecteurs vitesse initiaux sont bien colinéaires et de directions opposées. Simplement, ils ne sont pas sur la même ligne, ils sont légèrement décalés. Ce décalage est ce que l'on appelle le paramètre d'impact. La première situation avait un paramètre d'impact de zéro. Cette situation a un paramètre d'impact non nul. Mais finalement, si nous étudions le problème dans le référentiel centre de masse, nous pouvons nous contenter des cas dans lesquels les vecteurs vitesse sont colinéaires. Cela nous simplifiera grandement la chose. Il nous restera à séparer le problème entre les cas où le paramètre d'impact est nul et les cas où le paramètre d'impact est non nul.

Notes

Summary



5m 51s



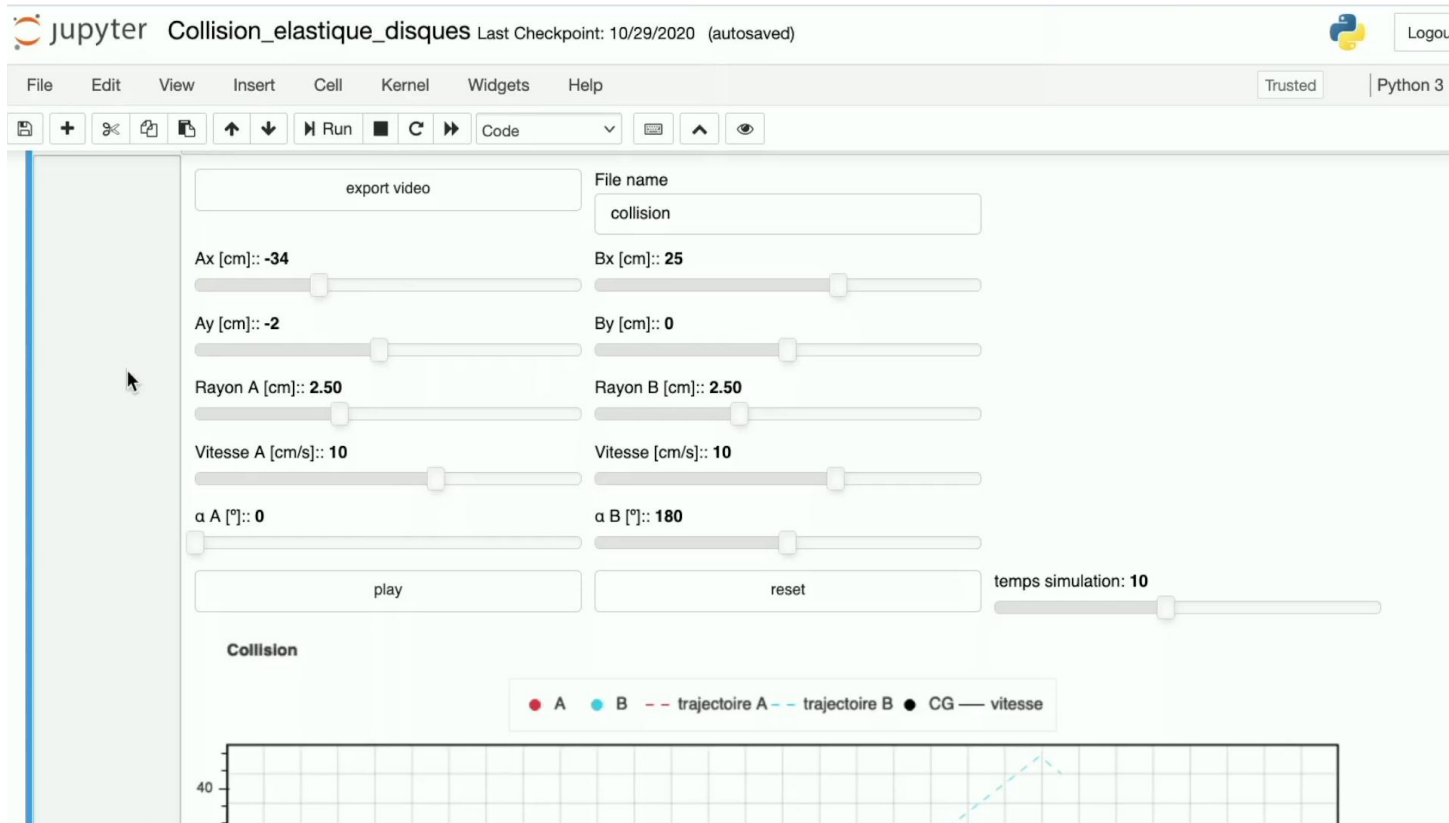
Nous allons donc nous limiter aux cas où les vecteurs vitesse sont colinéaires. Lorsque le paramètre d'impact est nul, les particules rebondissent en restant sur une ligne. C'est un problème à une dimension.

Notes

Summary



6m 46s



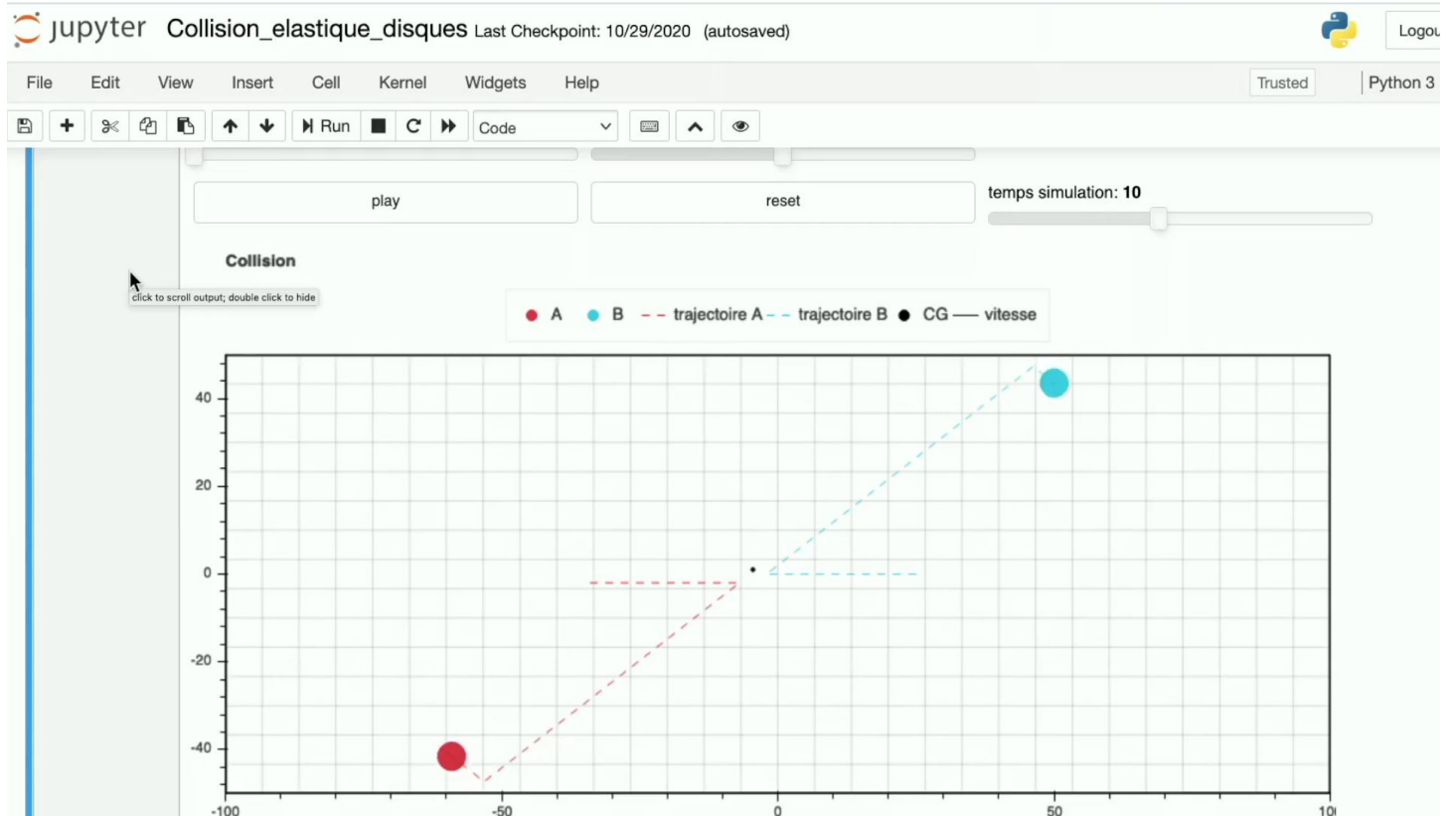
Si je décale légèrement un des deux objets, le paramètre d'impact devient non nul.

Notes

Summary



7m 01s



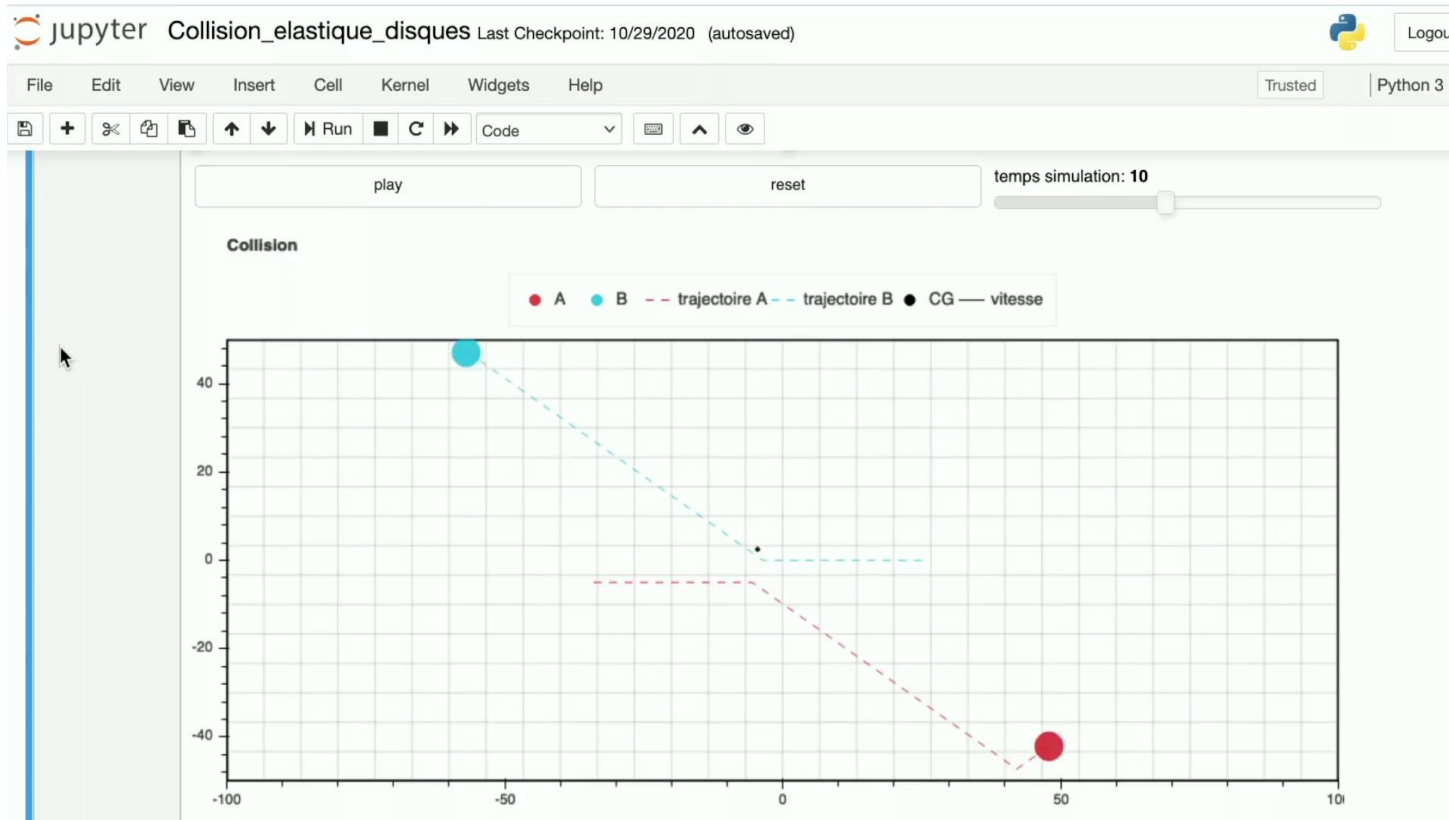
Le problème est alors à deux dimensions, les particules ne rebondissent pas sur la ligne sur laquelle elles étaient arrivées.

Notes

Summary



7m 10s



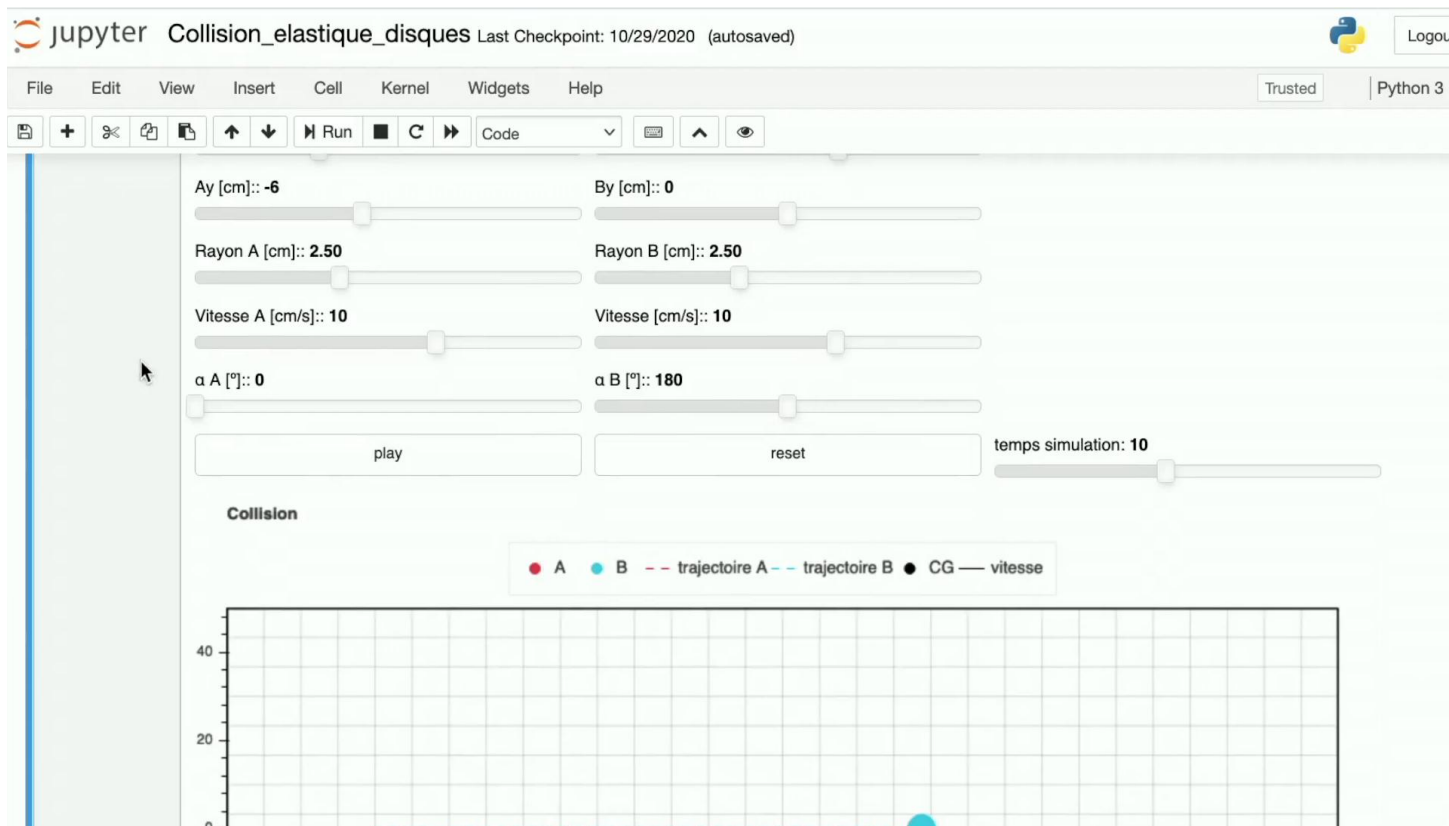
Lorsque j'augmente le paramètre d'impact, nous voyons que les particules se frôlent et sont légèrement déviées.

Notes

Summary



7m 18s



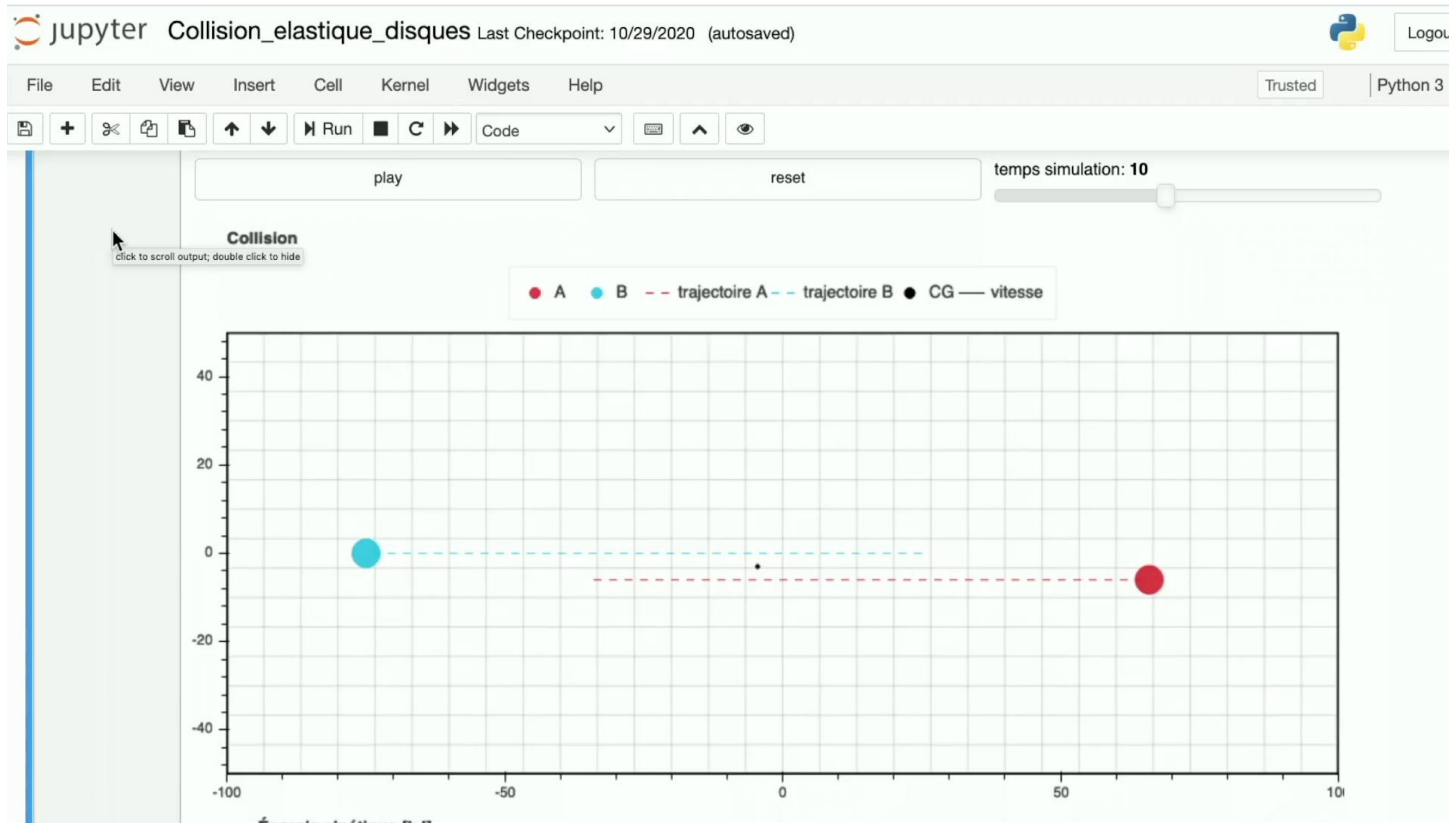
Si le paramètre d'impact est vraiment trop grand, les particules vont tout simplement se rater.

Notes

Summary



7m 31s



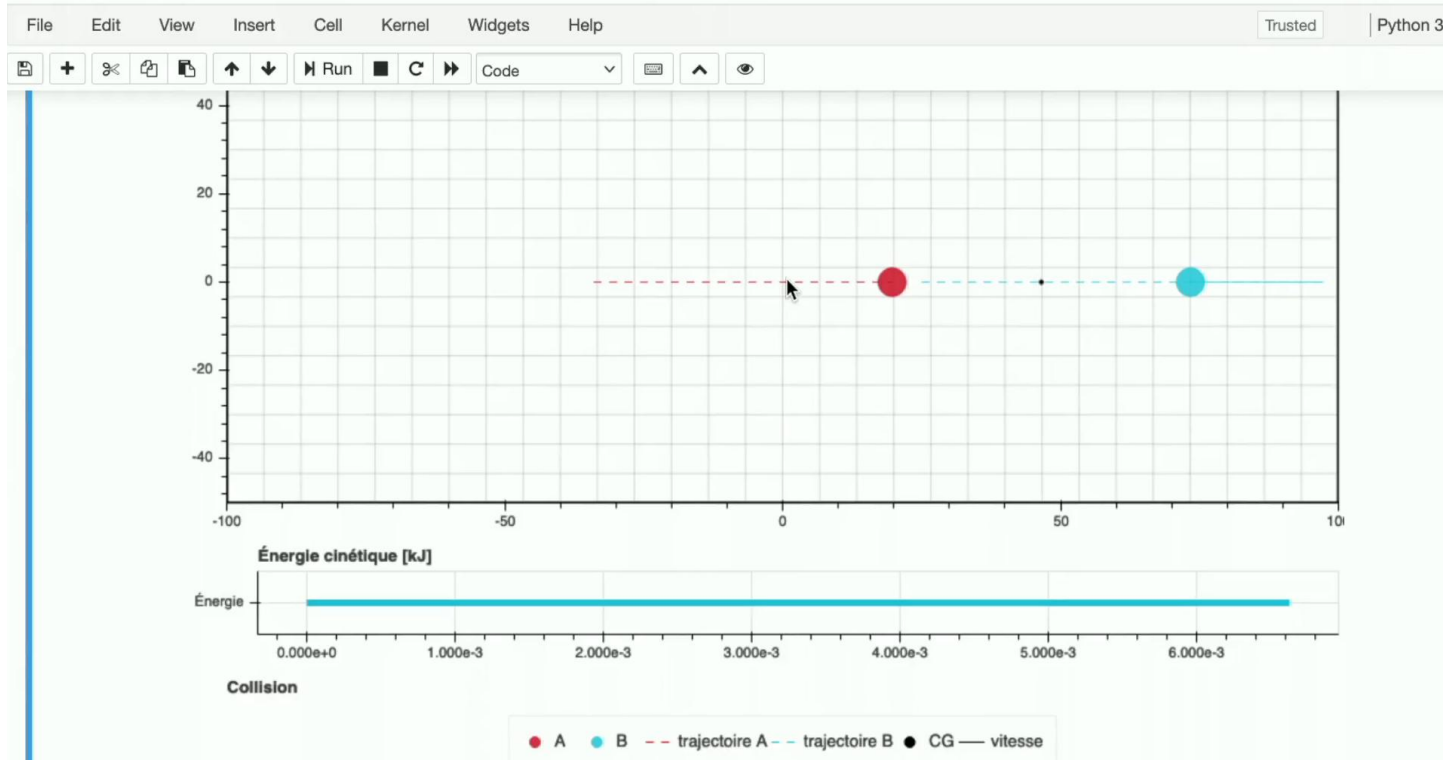
Elles se frôlent et passent l'une à côté de l'autre, il n'y a pas de choc.

Notes

Summary



7m 40s



Nous allons donc nous simplifier la vie en étudiant seulement le cas dans lequel le paramètre d'impact est nul. Par ailleurs, nous allons faire l'étude dans le référentiel centre de masse, ce qui nous permettra de choisir des vitesses initiales colinéaires. Avec un paramètre d'impact à zéro et des vitesses initiales colinéaires, nous savons que nous avons un problème à une dimension. Les particules rebondissent sur la même ligne que celles où elles sont arrivées.

Notes

Summary



7m 45s



Voilà, j'espère que vous êtes convaincu de l'importance de se placer dans le référentiel centre de masse pour avoir un calcul le plus simple possible, tout en gardant une certaine généralité et pouvoir faire le calcul de deux particules avec des vitesses pas forcément colinéaires, mais toujours en gardant un paramètre d'impact qui vaut zéro.

Notes

Summary



8m 14s