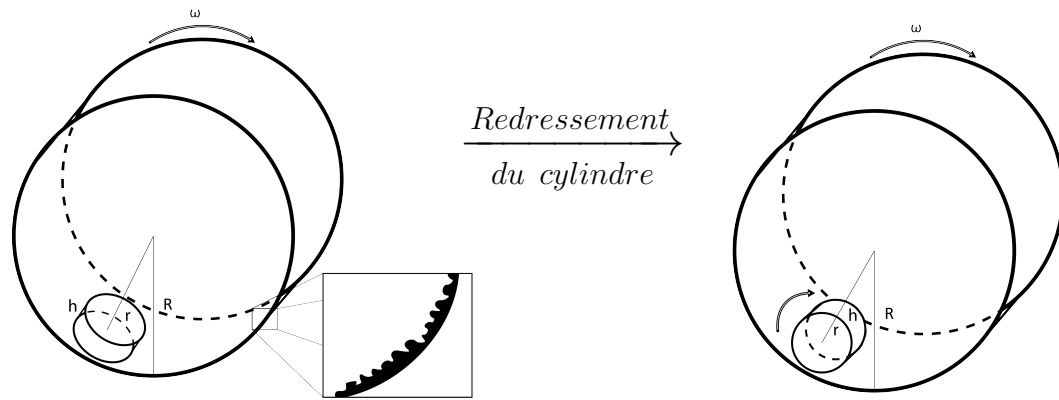


Étude du redressement des cylindres

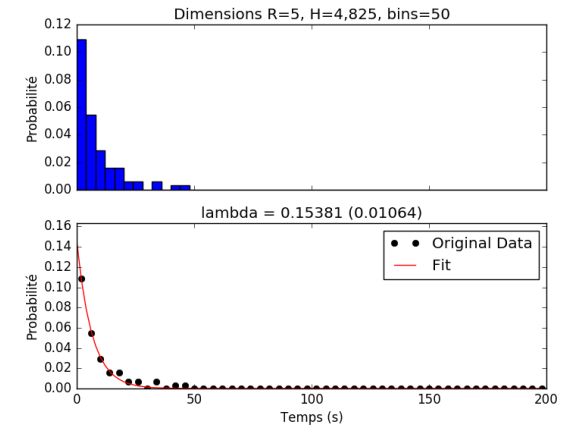
Ou de l'art des transitions d'états

Miguel CANO, Antoine COUDERT, Nicolas TRIPOUL

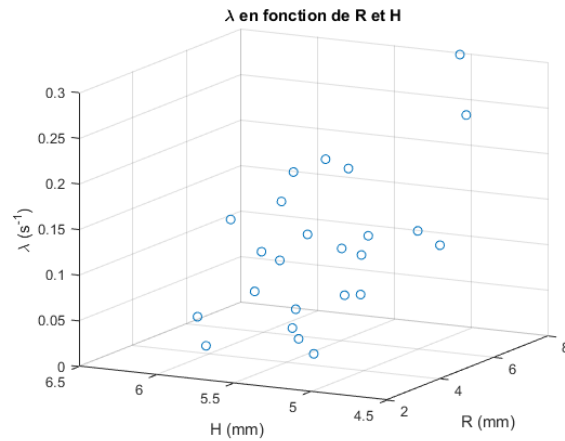
Avril 2017



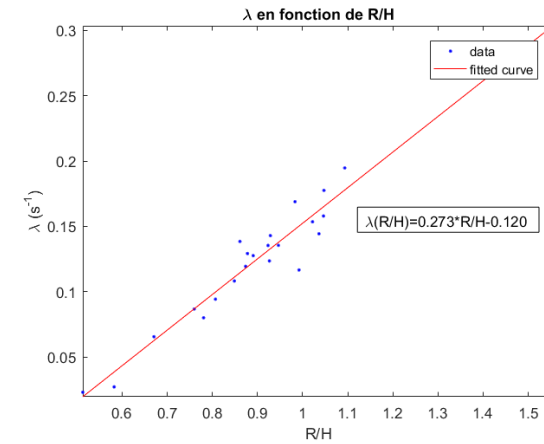
(a)



(b)



(c)



(d)

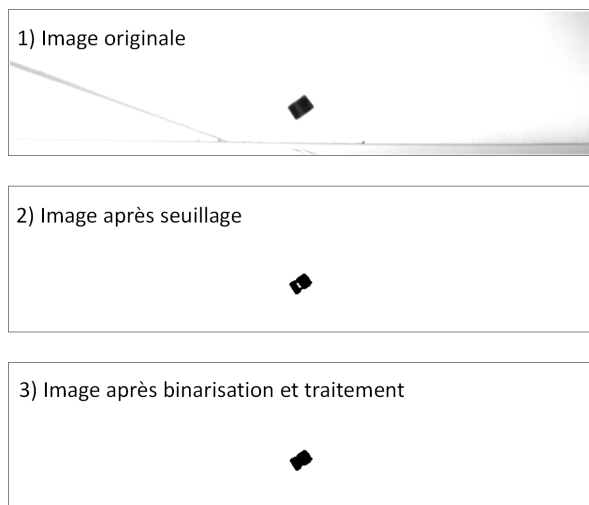
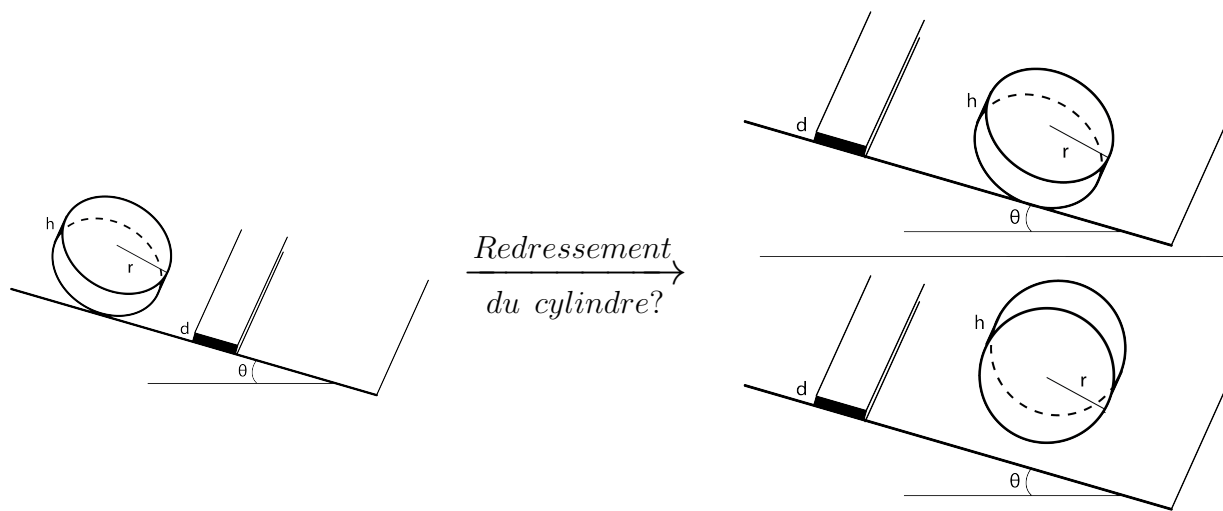
FIGURE 1 – Étude de l'influence du rapport d'aspect des pièces sur le temps de redressement d'un galet

Fig (a) Présentation du dispositif expérimental. État initial : Le galet cylindrique en plexiglas, de rayon R et d'épaisseur H , frotte à plat contre les parois rugueuses du cylindre en rotation ($R = 12\text{cm}$, $\omega = 63\text{ tr/min}$). Un redressement du galet a lieu au bout d'un temps t . État final : Le cylindre s'est redressé et roule. Pour un même galet, plusieurs mesures de temps de redressement sont effectuées.

Fig (b) Mesure des temps de redressement des galets sous la forme d'un histogramme de *densité* de temps de redressement. Les temps considérés sont pris entre $t \in [1\text{s}; 200\text{s}]$. Il est fait l'hypothèse que la probabilité de redressement est indépendante du temps. Un Fit par une fonction exponentielle des temps de redressement est effectué ($fit(t) = \exp(-\lambda t)$; Avec λ , le temps caractéristique de redressement du galet). L'approximation de la densité de répartition des temps de redressement en exponentielle décroissante convient ($n = 250, \lambda = 0.124$, $Var(e - fit) \approx 10^{-5}$). L'effet du moyennage jouant sur la qualité du fit, lorsque le nombre d'expériences diminue, il devient préférable de prendre un nombre de classes plus faible. La Règle de Sturges est appliquée dans le choix du nombre de classes non-vides pour obtenir le meilleur fit, c'est-à-dire celui qui minimise les erreurs selon la loi des moindres carrés. En général, on choisit entre 8 à 12 classes non vides.

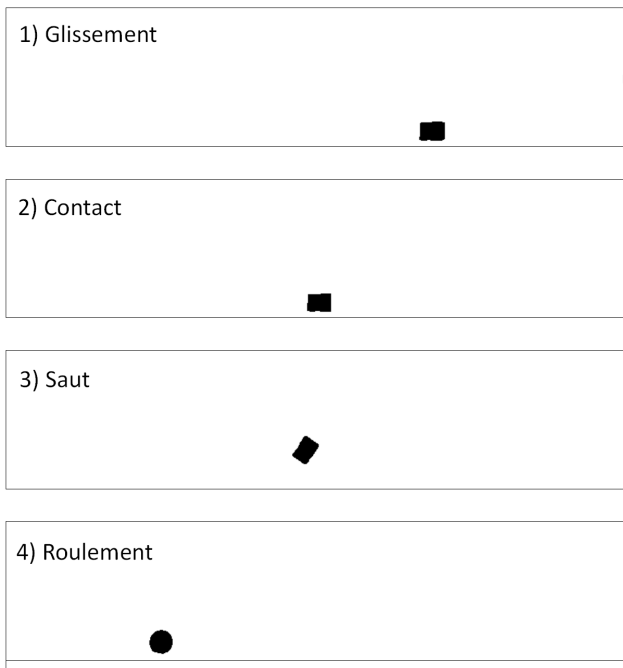
Fig (c) Visualisation 3D de la répartition des λ , les temps caractéristiques de redressement du galet, en fonction de la hauteur et du rayon du galet.

Fig (d) Visualisation des λ , temps caractéristiques du redressement, en fonction du rapport d'aspect R/H . La variation de λ est linéaire avec le rapport R/H . Cependant, nous n'avons balayé qu'un faible éventail de valeurs de H ($H \in [4.5, 5.5\text{cm}]$). La dépendance exponentielle entre le temps de redressement et λ fait qu'une légère modification du rapport d'aspect suffit à induire des temps de redressement très variés.



(b)

(a)



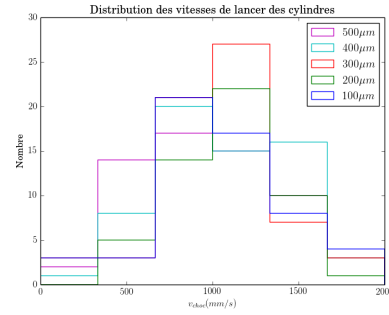
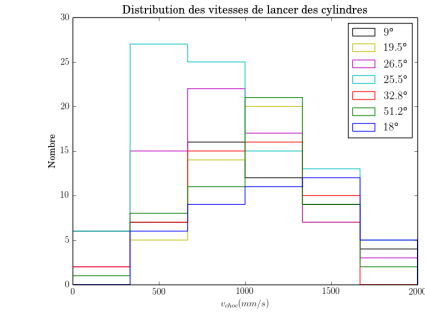
(c)

FIGURE 2 – Présentation des méthodes dans l'étude de l'influence de la pente, de l'épaisseur du défaut et de la vitesse de choc sur le redressement des galets.

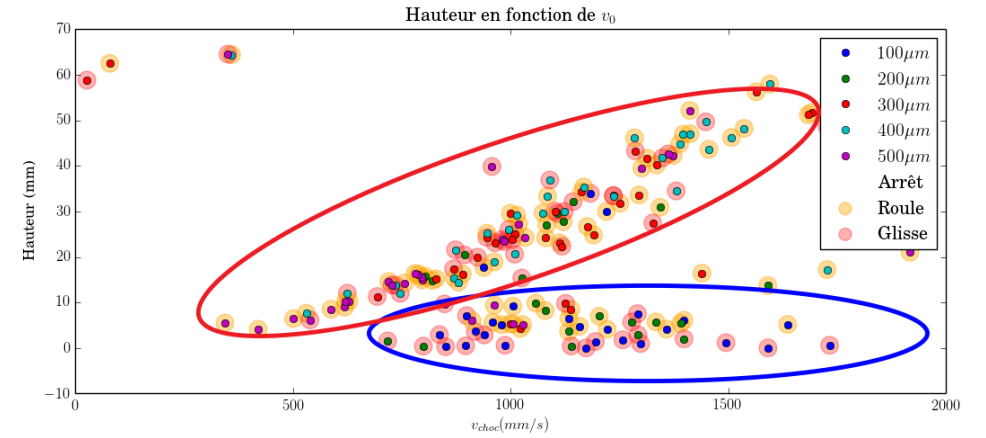
Fig (a) Présentation du dispositif expérimental. Le cylindre utilisé a un rapport d'aspect de $R/H = 0.5$ ($R = 5mm$, $H = 10mm$). Le cylindre glisse sur une pente inclinée à un angle défini au préalable jusqu'à atteindre un obstacle d'épaisseur donnée. Alors, il peut soit continuer à glisser le long de la pente, soit se redresser et commencer à rouler. Deux études statistiques sont menées : l'une à épaisseur de marche fixée à $d = 200\mu m$ et angle θ au sol variable entre 9° et $51,2^\circ$; l'autre à angle fixé $\theta = 30.4^\circ$ et épaisseur de marche d variable entre 100 et $500\mu m$. Pour chaque condition expérimentale, $n = 50$ à 150 expériences sont effectuées. La caméra est inclinée afin de réduire la taille des images acquises et de réussir à avoir 200images/s stables.

Fig (b) Étapes du traitement d'image sur *imageJ*. 1) Frame enregistré par la caméra. 2) Image après redimensionnement et seuillage. 3) Image après le traitement binaire visant à éliminer les trous et lisser les contours du cylindre.

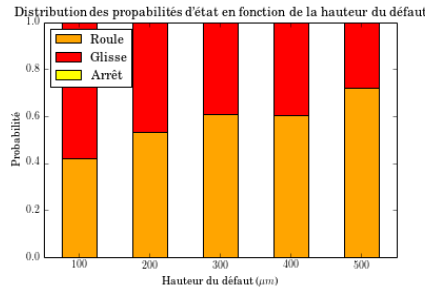
Fig (c) Différentes phases du mouvement sont observables. 1) Le cylindre glisse avant de rencontrer l'obstacle. 2) Il y a un mouvement du cylindre au moment du contact avec l'obstacle. Une mesure de la vitesse au contact est effectuée grâce à un programme *MatLab*. 3) Image enregistrée lors du saut. La hauteur du saut est calculée grâce à un programme *MatLab*, celui-ci prend en compte l'angle avec le sol. 4) Le cylindre retombe au sol. Il se met à glisser ou à rouler suivant les cas (ici, le cylindre roule). La classification « roulement » ou « glissement » est manuelle. Puis grâce à *MatLab*, la vitesse lors du premier contact avec la planche est mesurée.



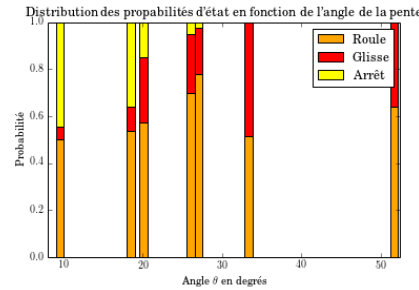
(a)



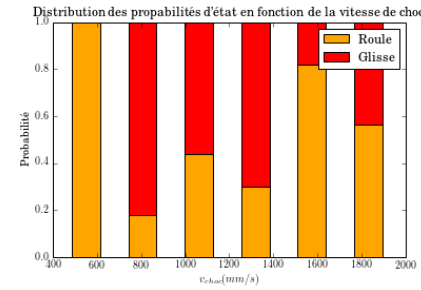
(b)



(c)



(d)



(e)

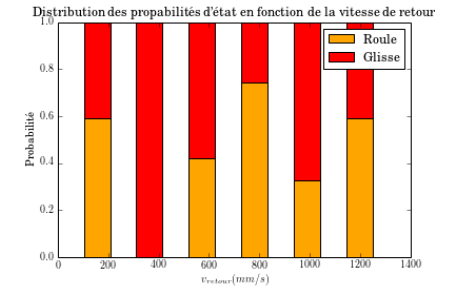


FIGURE 3 – Résultats de l'étude de l'influence de la pente, de l'épaisseur du défaut et de la vitesse de choc sur le redressement des galets.

Le cylindre utilisé a un rapport d'aspect de $R/H = 0.5$ ($R = 5mm$, $H = 10mm$). Fig (a) Distribution des vitesses pour les différentes pentes θ pour une hauteur de défaut $d = 200\mu m$ (gauche) et pour les différents épaisseurs de défaut à $\theta = 30.4^\circ$ (droite). La vitesse de lancer étant définie par un opérateur, elle ne dépend pas des paramètres. Pour chaque expérience, les distributions de vitesses de lancer sont équivalentes grâce au grand nombre de lancers effectués. Il est donc possible de comparer entre eux les résultats de chaque expérience.

Fig (b) Hauteur du saut en fonction de la vitesse pour différentes valeurs d'épaisseur de défaut à $\theta = 30.4^\circ$. Il ressort deux distributions distinctes qui font apparaître deux régimes distincts : soit la variation de hauteur de saut est proportionnelle à la vitesse (rouge); soit il n'y a pas de corrélation entre vitesse de choc et hauteur de saut (bleu). Les hauteurs de saut sont plus faibles dans ce cas. Pour les grands défauts les sauts se retrouvent majoritairement dans le régime proportionnel (pour $d = 500\mu m$, $n_{proportionnel} = 73$ contre $n_{constant} = 3$) alors que les petits défauts se retrouvent dans le régime constant (pour $d = 100\mu m$, $n_{proportionnel} = 2$ contre $n_{constant} = 33$). Lors des lancers, il arrive que le cylindre soit légèrement instable. Si le cylindre se décolle légèrement vers l'avant en amont de la collision, celui-ci ne réalise plus un choc parfaitement frontal. Le transfert d'énergie est donc moindre. La hauteur de saut s'en trouvera réduite.

Fig (c) Distribution des états en fonction de la hauteur du défaut à $\theta = 30.4^\circ$. Le nombre de roulements, glissements, arrêts pour chaque pente permet de définir les probabilités de chaque état. Plus la hauteur du défaut augmente, plus la probabilité que le cylindre continue de glisser diminue. La Fig (b) a montré que pour les faibles défauts, l'influence sur les variations de vitesses du cylindre ainsi que les hauteurs de saut est diminuée. Le cylindre persiste donc plus souvent dans son mouvement de glissement.

Fig (d) Distribution des états en fonction de la pente à $d = 200\mu m$. De même que pour Fig (c) pour chaque hauteur de défaut, la probabilité qu'après collision le cylindre s'arrête, roule, ou glisse est définie pour un défaut de $d = 200\mu m$. Il se dégage que plus la pente est faible, plus la probabilité que le cylindre s'arrête est importante, jusqu'à une pente critique $\theta_c \approx 27^\circ$. Cela peut s'expliquer par l'influence de la gravité qui entraîne le cylindre alors que les frottements le ralentissent. Quand la pente est faible, la gravité a moins d'influence sur le mouvement. Une seconde tendance se dégage : lorsque la pente augmente, la probabilité que le cylindre glisse augmente alors que la probabilité qu'il roule reste constante.

Fig (e) Dépendance du comportement roulement / glissement, en fonction de la vitesse de choc (gauche) et en fonction de la vitesse de retour (droite) avec une épaisseur de $d = 400\mu m$ et $\theta = 30.4^\circ$. Aucune vitesse critique ne semble ressortir. Le comportement roulement / glissement ne semble donc pas dépendre de la vitesse.