Dispositif: théorique, simplifié pour permettre de limiter les calculs.

Cycle: j'étudie seulement la déformation du dispositif.

Composition:

- un container clos (6 côtés), exemple de dimension: côté de 1 mètre
- un gros disque (couleur blanche), exemple de dimension: rayon de 10 cm
- N sphères (couleur bleue), exemple de dimension du rayon: 1e-6 m, le rayon des sphères est petit mais pas nul, N est très grand
- N ressorts, la force ne dépend pas de la longueur, c'est une force constante, les ressorts sont supposés n'avoir aucun volume (on peut les imaginer en externe car il n'y a qu'une seule couche de sphères). La force des ressort est une force par unité de surface (il y a la même épaisseur pour tous les éléments du dispositif). C'est par exemple, 1N pour une surface de 1 m². Les ressorts attirent.
- c'est un dispositif en trois dimensions mais une seule couche de sphères pour limiter les calculs. Les sphères ont un rayon donc il y a une profondeur.

Caractéristiques:

- Pas de gravitation
- Système clos
- Pas de masse
- Pas de friction
- Tous les volumes sont constants
- Pas de gaz ou pression externe
- En trois dimensions

Idée principale:

NB: je parle de haut, bas, sol, etc. mais il n'y a pas de gravité c'est juste pour expliquer avec mes dessins. Sans précision de l'unité c'est du SI.

J'utilise des sphères et ressorts théoriques pour créer une pression comme le fait la gravité avec de l'eau. Je ne peux pas utiliser la gravité car mon dispositif nécessite de faire varier la direction de l'attraction. La couleur bleue, c'est un peu comme de l'eau, les sphères bleues comme des molécules d'eau sauf qu'il n'y a pas de masse et pas de friction pour simplifier les calculs. Je compte toutes les énergies. Les sphères bleues sont petites comme cela je peux utiliser les calculs des pressions (fluide et gravité), c'est bien plus simple que de calculer pour chaque sphère toutes les forces, énergies, etc. Il y a un ressort pour chaque sphère bleue. Chaque ressort est fixé entre la ligne verte et une sphère bleue sauf lorsque je sors les sphères bleues de derrière le disque blanc, là je détache le ressort de la ligne verte pour l'attacher vers la gauche, pour que la sphère se retrouve à l'avant du disque blanc.

Il est possible de réfléchir comme avec les pression d'un fluide sous gravité, exemple au départ: en haut à droite la pression est de zéro et en bas à gauche la pression est maximale. Attention, pour l'exemple précédent c'est la pression en un point pas sur un segment. Au départ, il y a une pression sur tous les murs du container.

Si je peux utiliser les lois de la pression d'un fluide sous gravité, c'est parce que j'ai TOUJOURS les ressorts dans la même orientation, il est donc important de garder l'orientation constante des ressorts.

<u>Système instable:</u>

Le dispositif ne se déforme pas de lui même comme je le voudrai, car il est instable et je souhaite contrôler le “milieu” dans lequel sont les sphères et où agisse les ressorts, donc j’imagine qu’un dispositif externe le contrôle, je suppose que ce dispositif externe est parfait, ce dispositif externe récupère les énergies ou en donne selon le cas. On peut réfléchir sans ce dispositif du moment qu’on le considère parfait. Je pense que le fait de sortir les sphères donne un système à fonction discontinue.

<u>Mouvements</u>:

- Le container est déformé, mais la hauteur est conservée constante. Le container a 4 côtés (vue de côté, bien entendu), un est fixe: celui du bas (couleur verte). Les murs 1 et 2 tournent autour des axes jaunes situés sur la ligne verte.
- Le disque blanc est fixe
- Les ressorts suivent la pente du mur 1 (le mur 1 a toujours la même pente que le mur 2), au départ les ressorts ont une pente de 45° par rapport au sol. Au final, les ressorts ont une pente de 90°. QUAND JE SORS LES SPHERES AVEC LEURS RESSORT, JE DETACHE LES RESSORTS SUR LA LIGNE VERTE, JE RECUPERE L’ENERGIE DES RESSORTS ET RE-ATTACHE LES RESSORTS PLUS LOIN POUR GARDER LE MEME ANGLE DES RESSORTS A UN INSTANT ‘t’. C’est très important de garder le même angle des ressorts à un instant ‘t’ car cela permet d’utiliser les lois simplifiées, comme Archimède, ou les forces de pression d’un liquide sous gravité.
- Pour tourner les murs avec le disque blanc fixe dans le container, j’ai besoin de sortir des sphères bleues qui se trouvent derrière le disque blanc (entre le mur 2 et le disque blanc) et je dois remettre à l’avant le même volume de sphères bleues (entre le mur 1 et le disque blanc). Pour faire cela à volume constant, je note que je dois avoir une couche de sphères en rab qui sont en dehors du container, car il me faut une couche (et une seule) intermédiaire pour garder exactement constant le volume des sphères dans le container. Il n’y a qu’une seule couche en rab celle de départ:

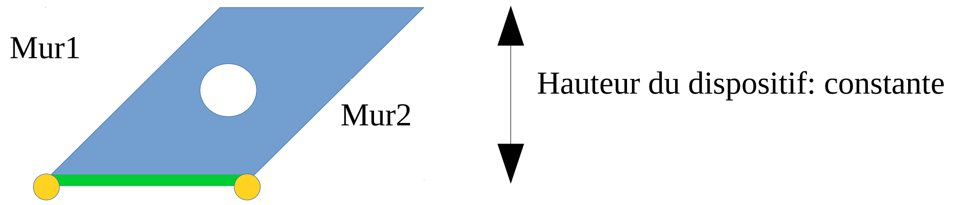
Pour les sphères qui sortent, je récupère l'énergie potentielle des ressorts, et pendant ce temps le container continue de se déformer et les ressorts qui sont dedans perdent de l'énergie potentielle. J'ai une couche intermédiaire de sphères au départ (et j'en ai toujours une), car j'ai un volume constant et si je sors des sphères, je dois en rentrer en même temps. A l'instant 't' il y a toujours une couche dehors.

Pour résoudre ma contrainte de volume constant, je prends une couche de sphère en rab au début (état initial) avec ses ressorts prêts à entrer à l'arrière du disque blanc. Ensuite, je sors une couche C et je rentre la couche en rab et le container se déforme
Ensuite, je récupère rapidement l'énergie de la couche C (L2-L1)
Ensuite, je sors la couche C+1 et je rentre la couche C
Ensuite, je récupère rapidement l'énergie de la couche C+1 (L2-L1)
etc.

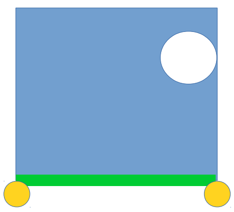
Il y a toujours une couche dehors avec ses ressorts.

NB: toutes les vues sont de côté sauf indication contraire.

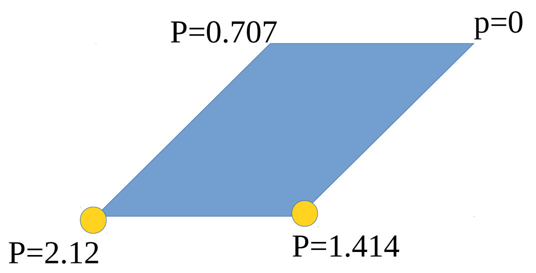
<u>Au départ le dispositif est comme cela:</u>



<u>A la fin le dispositif est comme cela:</u>



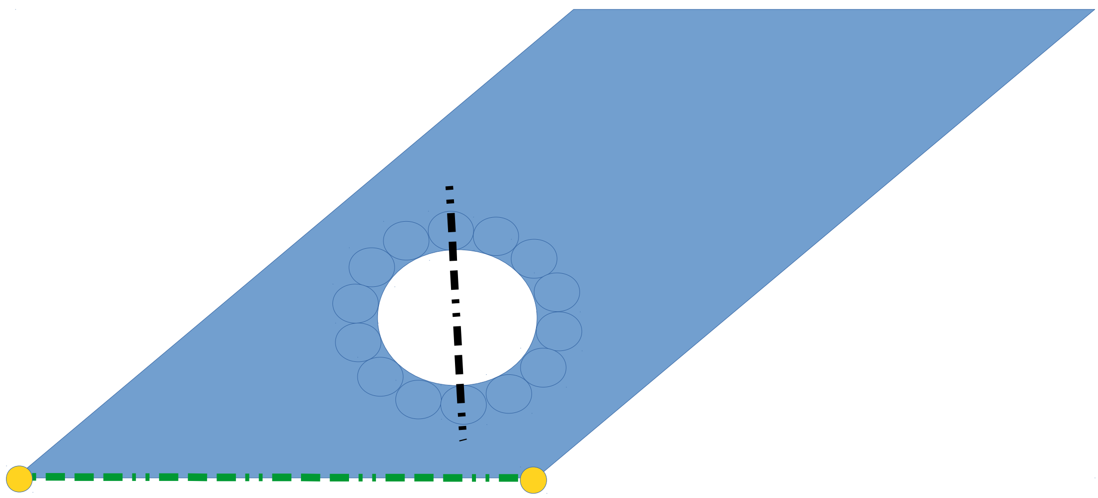
<u>Voici un exemple avec des valeurs pour les pressions:</u>



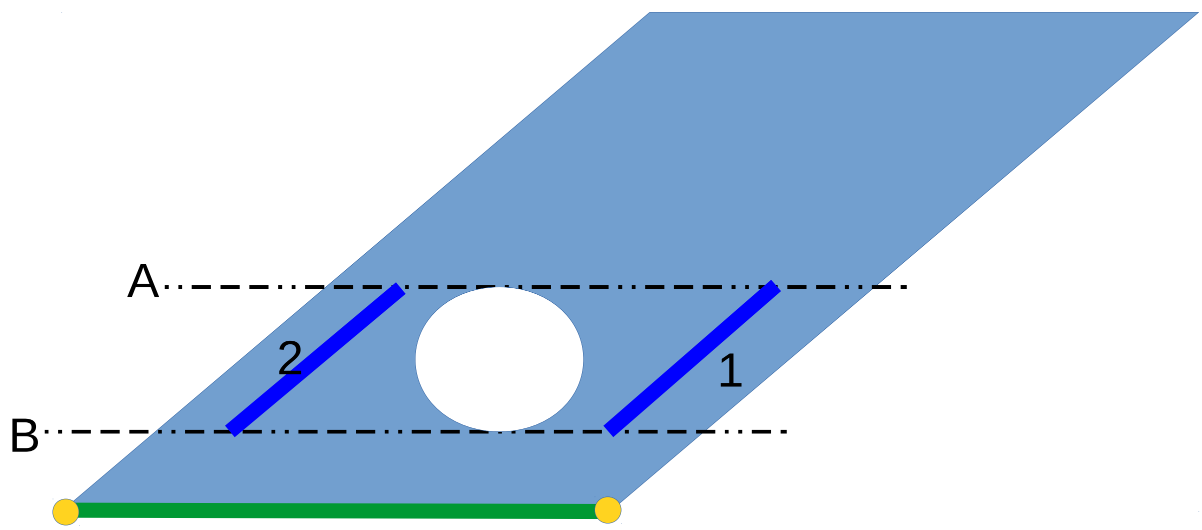
<u>La déformation progressive du dispositif est comme cela, notez que le “p=0” est dans le coin à droite et non sur toute la surface sauf pour l’état final:</u>

Ci dessus, j’ai dessiné un gros ressort rouge dans le container, pour montrer que l’orientation des ressorts change lorsque le container se déforme. Au départ, l’angle des ressorts est de 45° par rapport au sol et à la fin il est de 90°. J’ai dessiné le dispositif dans le TEMPS ! Il ne se déplace pas, c’est juste pour monter plusieurs étapes. Les ressorts suivent l’orientation des murs de côté.

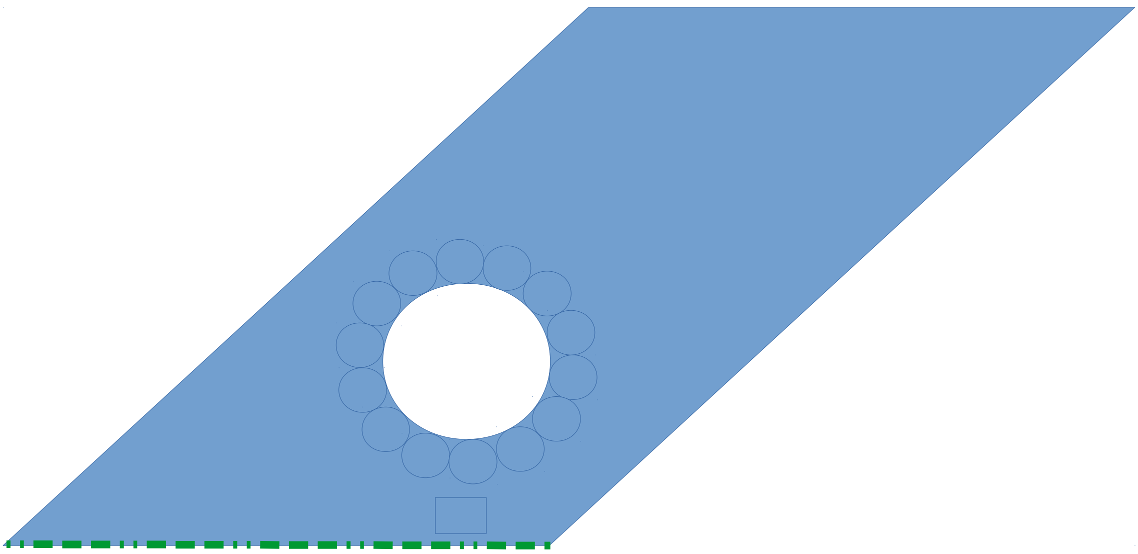
Dans l’image suivante, je n’ai pas dessiné tout le dispositif. Le disque blanc est fixe, hors les murs 1 et 2 tournent, donc il faut passer les sphères à droite vers la gauche. Le bilan énergétique est nul pour cette opération car le volume est constant.

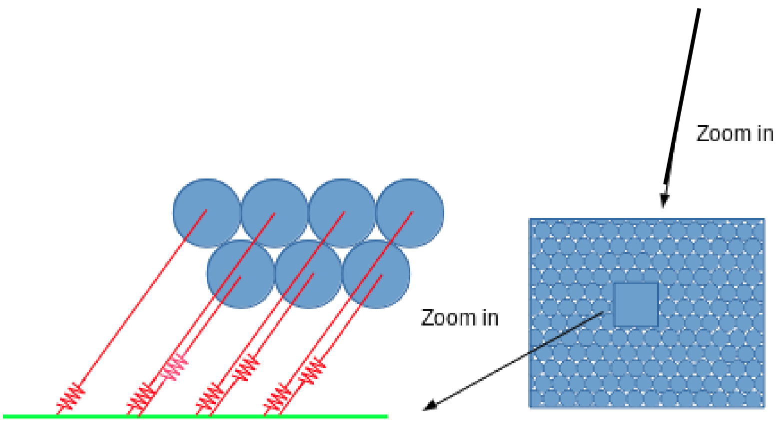


Ou alors j’ai le choix de prendre les couches 1 et 2 entre les bandes noirs (en pointillées):



La figure suivante montre des détails du container

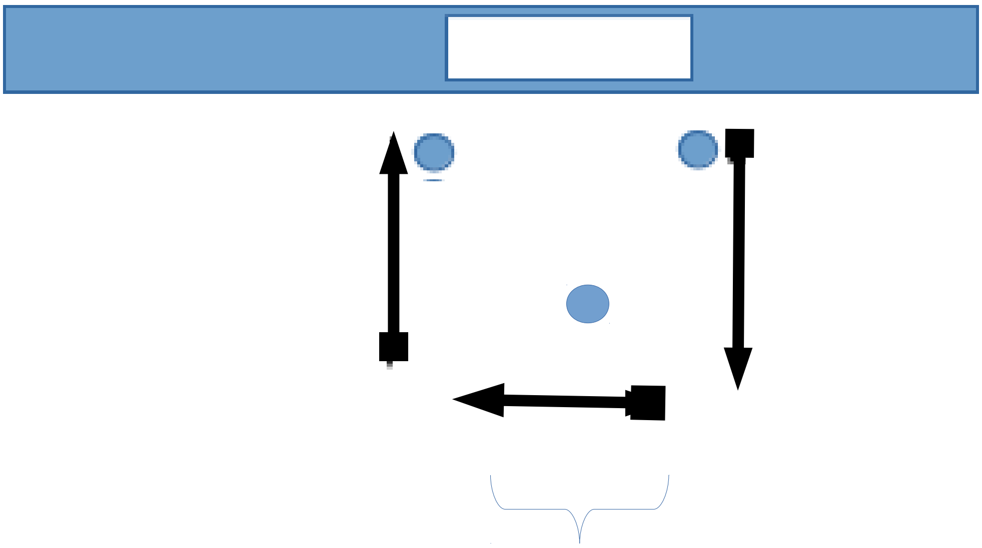




Agrandissement qui permet de montrer comment sont les ressorts.

La figure suivante montre comment je rentre et je sors les sphères au fur à à mesure (volume constant).

Vue de dessus



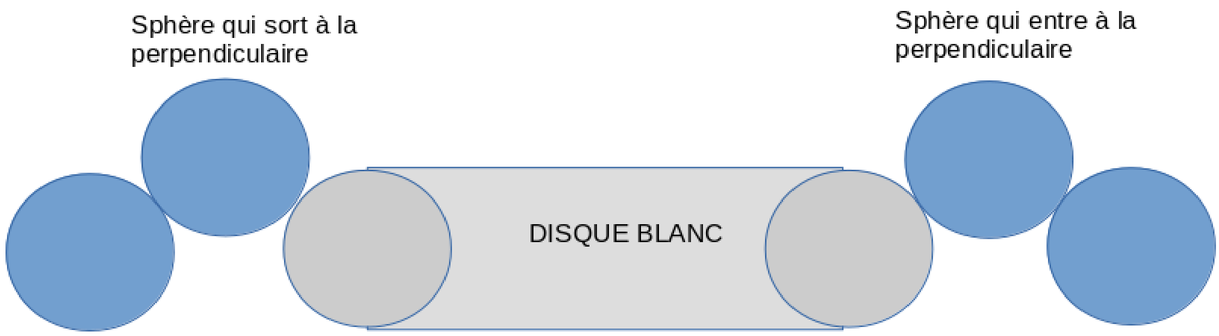
Je récupère l'énergie 'e' quand les sphères sont en dehors du container, les ressorts sont détachés du bas puis ré-attachés pour GARDER constant l'angle des ressort. Cette énergie 'e' est perdue dans la différence de pression

Mouvement des sphères:

Les sphères sortent du container à la perpendiculaire (vue de dessus). Plusieurs remarques:

- les murs font leur rotation en même temps que je sors les sphères et en même temps que je rentre les sphères.
- Il y a toujours une couche intermédiaire de sphères avec les ressorts, c'est de cette couche que je récupère l'énergie en trop

Il est possible de modifier la forme du disque blanc pour n'avoir que des forces verticales :



NB: comme le disque blanc est fixe mais que les murs font une rotation, la couche de sphère qu'on enlève, c'est pas forcément une couche entière à chaque 'pas' mais si on imagine le rayon de rotation (la longueur du bras qui permet de faire tourner le disque blanc) du disque blanc grand alors on peut simplifier en disant que c'est une couche entière.

<u>Somme des forces sans le disque blanc:</u>

X est l'axe des absisses et Y l'axe des ordonnées

Exemple avec une force constante de 1/surface N/m² , la force est donnée par rapport à une surface, cela permet de ne pas changer les valeurs si on change la taille des sphères (nombre de sphères)

Les intégrales ci-après sont données pour une utilisation avec le site Wolfram

Les ressorts donnent une force sur la ligne verte de $Fx=\sqrt{2}/2$ N et $Fy=\sqrt{2}/2$ N
Le mur du haut donne Fy=integrate $x/\sqrt{2}$ dx from 0 to 1 = 0.35355 N
Le mur du bas (pression des sphères) Fy=- integrate $\sqrt{2}+x/\sqrt{2}$ dx from 0 to 1 = - 1.7678 N
Le mur à gauche Fx=integrate $x/\sqrt{2}$ dx from 0 to $\sqrt{2}$ = $\sqrt{2}/2$ N et Fy=- integrate $x/\sqrt{2}$ dx from 0 to $\sqrt{2}$ = $-\sqrt{2}/2$ N
Le mur à droite donne Fx=-integrate $(1/\sqrt{2}+x)/\sqrt{2}$ dx = - $\sqrt{2}$ N et Fy= integrate $(1/\sqrt{2}+x)/\sqrt{2}$ dx = $\sqrt{2}$ N

<u>La somme des forces vaut bien 0 N en X et en Y.</u>

Avec le disque blanc la somme des forces vaut également constant, la force fournit par le disque blanc est compensée par le manque de force des ressorts sur la paroi du bas

<u>Remarques:</u>

- Je réfléchis avec N sphères à l'intérieur et n à l'extérieur, exemple avec 1m de côté pour le container et 1e-6 m pour le diamètre des sphères, il y aura 1*1/pi/(1e-6)²*0.9069 = 2.88 e 11 sphères dans le container (j'ai pris 0.9069 pour la densité des sphères sur une surface donnée) et il y aura environ pi*R/1e-6/2 = 157079 sphères sur la couche qu'on enlève
- A l'état initial les ressorts des sphères en rab ont une longueur L2

La somme des énergies:

1/ J’imagine (je dis bien, j’imagine, c’est juste pour faire une comparaison des énergies et montrer que le principe est correct) le dispositif sans le disque blanc, et sans bien sûr entrer/sortir les sphères bleues. La somme des énergies est constante (je l’ai calculé). Pour simplifier j’ai:

La somme des énergies qui vaut S = X-W-Y mais X=W+Y donc la somme des énergies est zéro.

X est l’énergie potentielle des ressorts au départ
Y est l’énergie potentielle des ressorts au final
W est le travail des murs 1 et 2 (pression+rotation, donc travail)

Avec une longueur de 1 mètre pour la base du dispositif et avec une force constante quelque soit la longueur pour chaque ressort qui vaut 1/surface N/m², il est facile de calculer les énergies potentielles au départ et à l’arrivée. Au départ, elle vaut sqrt(2)/2 J et à l’arrivée elle vaut 1/2 J.

Le mur à droite demande une énergie (J):

$$\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{0}^{\frac{1}{\sin(x)}} y\,(-y + \csc(x))\, dy\, dx = 0.191299$$

Le mur de gauche fournit une énergie de (J):

$$\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{0}^{\frac{1}{\sin(x)}} y\,(-y + \cos(x) + \csc(x))\, dy\, dx = 0.398406$$

La somme de l’énergie gagnée par les murs est égale à l’énergie perdue par les ressorts.

Notez que les ressorts à l’intérieur du container changent leur longueur sans fournir ou demander de l’énergie car la force du ressort de chaque sphère est totalement compensée par les forces provenant des sphères autour. C’est le même principe que la poussée d’Archimède: monter ou descendre un volume d’eau dans de l’eau sur Terre ne demande ou ne fournit pas d’énergie.

2/ Maintenant, j’ai le disque blanc. Le disque blanc est fixe. L’énergie potentielle des couches 1 et 2 prises dans la bande noire (deux traits en ligne pointillée) est constante, cette énergie est nommée ‘d’. Par contre, les pression vont changer et il y aura une différence d’énergie que j’appelle ‘e’.

X=W+Y-d+e (ça vient de l’équation en 1/, javais X=W+Y mais j’ai moins d’énergie potentielle au départ et au final)

Notez que les valeurs de X, Y et W sont les même que dans le cas 1/ (si j’avais donné les valeurs numériques)

L’équation devient:

X <> W+Y-d+e car ‘e’ n’est pas forcément égal à ‘d’.

La somme de l’énergie est donc:

S = X-W-Y+d-e = X-W-Y mais X=W+Y donc la somme de l’énergie est S=d-e.

Si je prends la couche de sphères qui est au contact avec le disque blanc alors d=e, sinon d est différente de e. J’ai fait les calculs avec non pas un disque mais un carré car c’est plus simple et je trouve bien d=e.

Exemple:

Carré de 0.2 m de côté
Longueur de bras de 1 m

d vaut 0.2*0.2*(sqrt(2)-1)=1.65e-2

e vaut integrate(1*0.2*0.2*cos(atan(1/x) dx = 0.0165

Mais toutes les autres combinaisons des couches donnent d différent de e.