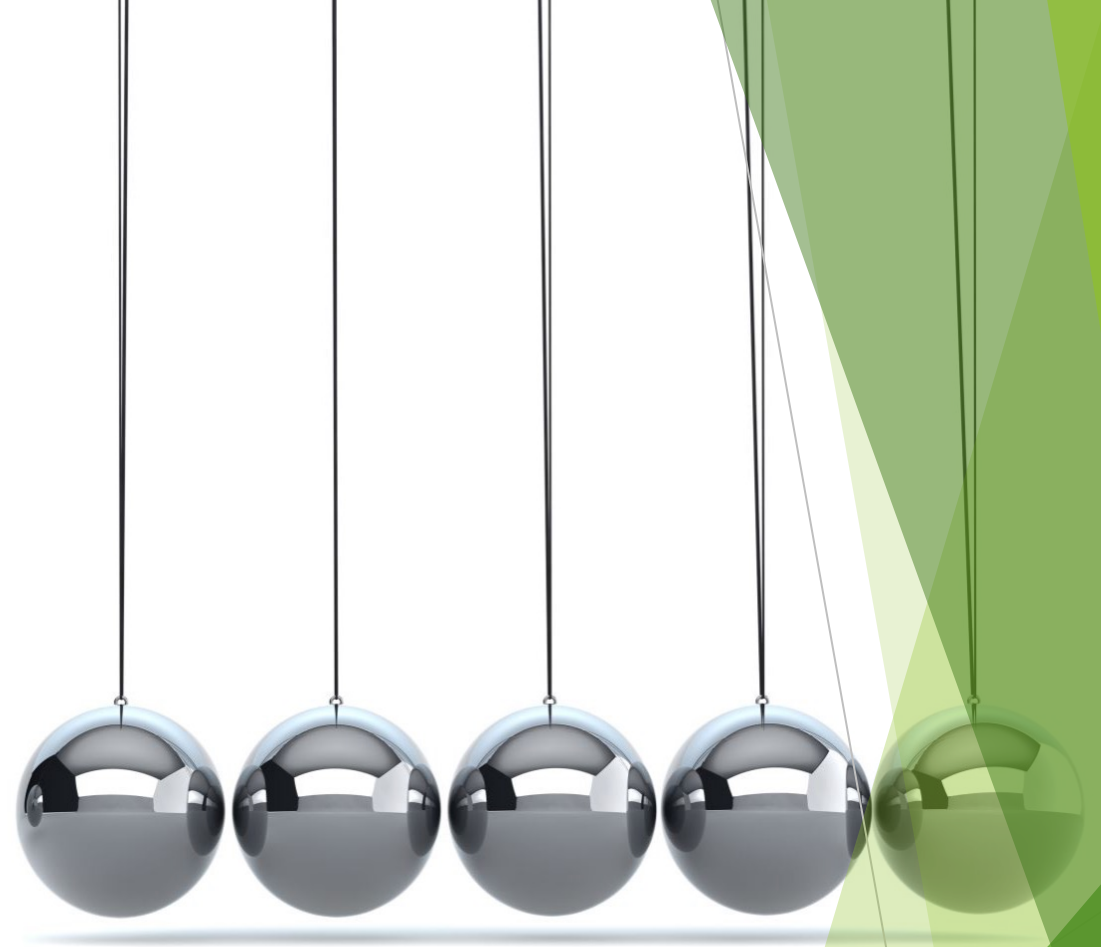


Matière, force et mouvement en mécanique classique

PHI 6346

Séance 5

Professeur Jonathan Simon



Plan du jour

- ▶ 1) La nature du mouvement
- ▶ 2) Déterminisme
- ▶ 3) La nature de la matière
- ▶ 4) Force et énergie

La nature du mouvement

The background features a series of overlapping, semi-transparent green triangles and polygons of various shades, ranging from light lime green to dark forest green. These shapes are arranged in a dynamic, layered composition that suggests movement and depth. The overall aesthetic is clean and modern.

La nature du mouvement

- ▶ 1) La theorie À-À (at-at)
- ▶ 2) La theorie de l'impetus (élan?)
- ▶ 3) Théorie de l'absence d'instant («pointless geometry»)

La nature du mouvement

- ▶ Zeno et le problème classique du mouvement :
- ▶ Considère une flèche en mouvement. À chaque instant (de durée temporelle nulle), la flèche n'est pas en mouvement. Mais comment un intervalle pendant lequel la flèche est en mouvement peut-il être composé de sous-intervalles dans lesquels elle n'est pas en mouvement ?

La nature du mouvement

- ▶ 1) La theorie \dot{A} - \dot{A} (at-at):
- ▶ Oui, passer de r_1 à r_2 , c'est simplement être à r_1 au moment t_1 , puis être à r_2 au moment t_2 . La vitesse est juste le taux de changement : un rapport ou une comparaison

La nature du mouvement

- ▶ 1) La theorie À-À (at-at):
- ▶ Le problème : implique qu'il n'y a pas de différence intrinsèque à t_1 entre un monde où la flèche se déplace et un monde où elle ne le fait pas.

La nature du mouvement

- ▶ 1) La theorie \dot{A} - \dot{A} (at-at):
- ▶ cela viole le déterminisme, compris comme la thèse selon laquelle le monde / système à un moment donné plus les lois déterminent le monde / système à tous les autres moments.

La nature du mouvement

- ▶ 1) La theorie \dot{A} - \dot{A} (at-at):
- ▶ plus généralement, viole la condition de Markov, selon laquelle toutes les informations sur le passé d'un système, à l'instant t , nécessaires pour expliquer son avenir, sont contenues dans son état à l'instant t

La nature du mouvement

- ▶ 2) La théorie de l'élan (impetus / momentum primitive)
- ▶ Une quantité intrinsèque primitive (comme la masse) qui explique les faits concernant le changement de position.

La nature du mouvement

- ▶ 2) La théorie de l'élan (impetus / momentum primitive)
- ▶ Cette propriété peut être possédée en un instant. Résout également un problème pour la mécanique aristotélicienne : pourquoi une flèche resterait-elle en mouvement après ne plus être poussée par l'arc ?

La nature du mouvement

- ▶ 2) La théorie de l'élan (impetus / momentum primitive)
- ▶ Problème : cela semble contredire la conception galiléenne/newtonienne de l'inertie selon laquelle le mouvement à vitesse constante est l'état par défaut (et ce qu'il faut expliquer, c'est comment on modifie le mouvement de quelque chose...).

La nature du mouvement

- ▶ 2) La théorie de l'élan (impetus / momentum primitive)
- ▶ De plus, à moins de faire appel au repos absolu, c'est seulement le momentum relatif qui est conservé (puisque $p = mv$, et v dépend du cadre de référence...).

La nature du mouvement

- ▶ 2) La théorie de l'élan (impetus / momentum primitive)
- ▶ Peut-on concevoir une telle propriété d'une manière invariable (et donc intrinsèque) ?
- ▶ Cela contredit-il aussi la réversibilité du temps ?

La nature du mouvement

- ▶ 3) Théorie de l'absence d'instants (Gunk)
- ▶ La théorie d'Aristote. Difficile de formuler la mécanique en ces termes...
- ▶ Semble parasiter les mathématiques des théories d'at-at

Déterminisme

The background features a series of overlapping, semi-transparent green triangles and polygons of various shades, ranging from light lime green to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side of the page, creating a modern, abstract geometric pattern.

Déterminisme

- ▶ Déterminisme (causale) : étant donné les lois et l'état du système à t , il n'y a qu'une seule façon pour le système d'être à t' .
- ▶ Nous imaginons que les théories newtoniennes sont déterministes : les lois semblent être un moyen de déterminer comment les choses étaient ou seront étant donné leur état à tout moment.
- ▶ Mais ce n'est pas tout à fait exact : il y a des exceptions !

Déterminisme

- ▶ Supertasks,
 - ▶ Space Invaders,
 - ▶ Le Dôme de Norton
-
- ▶ Aussi : Théorie de À-À
 - ▶ Aussi : corps étendus homogènes

Déterminisme

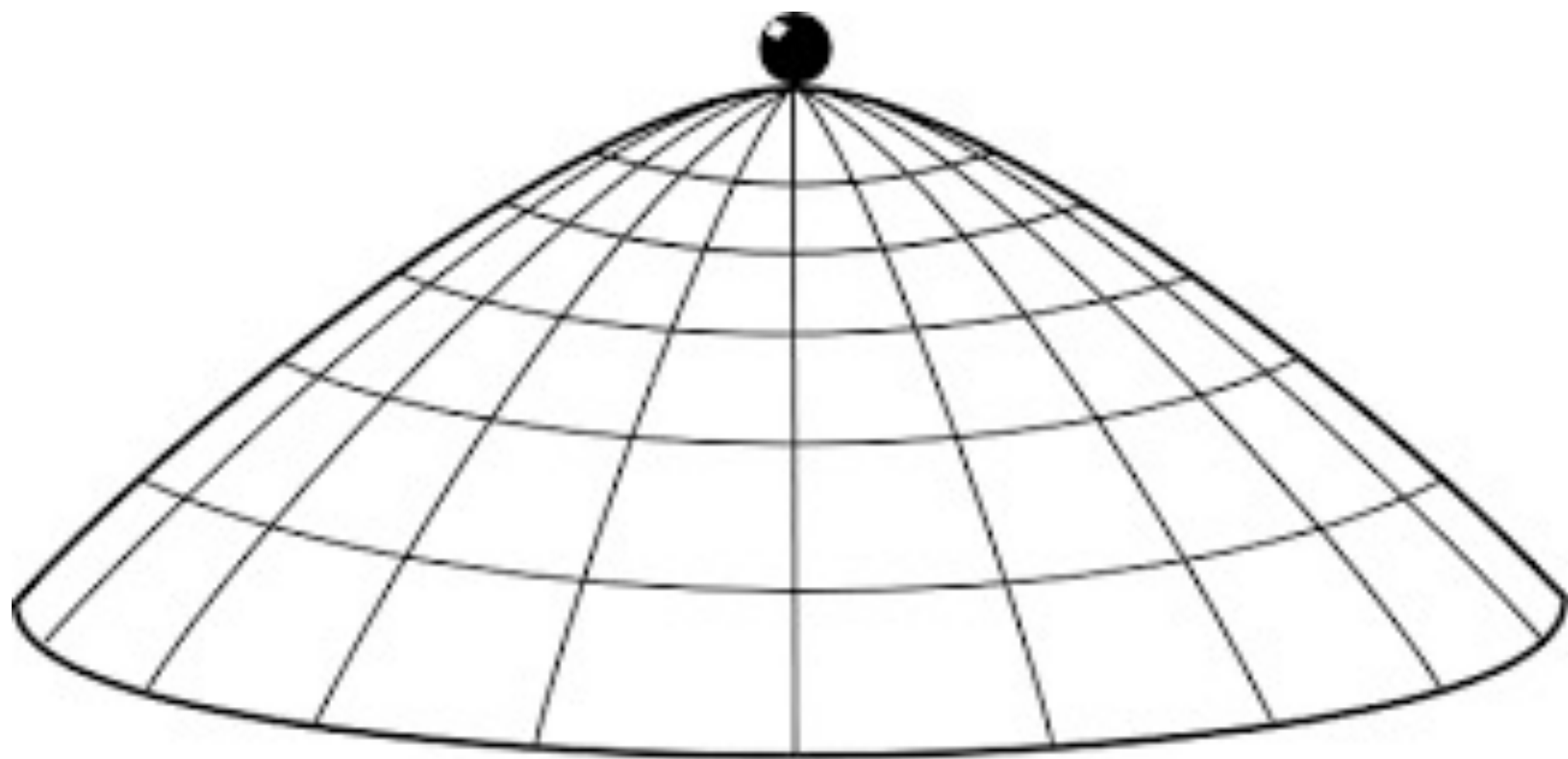
- ▶ Supertasks, Space Invaders, Le Dôme de Norton
- ▶ Les lois de Newton sont invariantes dans le temps.
- ▶ Imagine un système où quelque chose s'arrête de bouger : joué à l'envers, c'est un système où quelque chose commence à bouger

Déterminisme

- ▶ Normalement, les choses s'arrêtent de bouger à cause de la friction, et étant donné le mouvement des particules impliquées, tu pourrais déterminer comment cela se passerait en sens inverse.
- ▶ Mais nous pouvons inventer des cas particuliers où les choses s'arrêtent de bouger sans friction

Déterminisme

- ▶ Imagine d'abord une particule qui roule sur une colline parfaitement symétrique, ou un dôme, avec exactement le bon élan pour qu'elle s'immobilise exactement au sommet.
- ▶ Note que nous pouvons imaginer que cela se produise pour tout angle d'approche donné

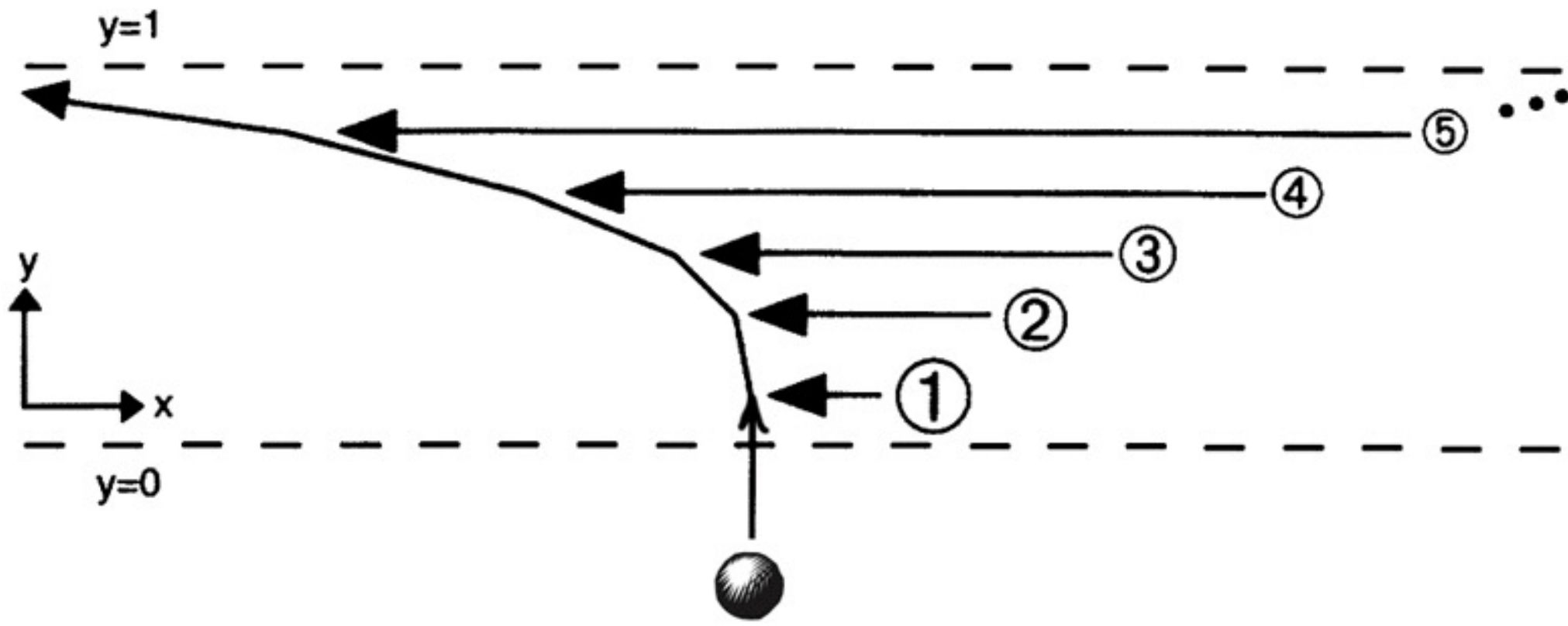


Déterminisme

- ▶ Mais maintenant joue cela à l'envers, et tu as un certain nombre de futurs différents compatibles avec un présent où la balle/particule est équilibrée au sommet

Déterminisme

- ▶ D'autres exemples reposent sur des super tâches, par exemple Space Invaders.
- ▶ Les évadés de l'espace :



Déterminisme

- ▶ La balle continue d'accélérer, chaque balle la frappant deux fois plus fort que la précédente, de sorte qu'elle part "à l'infini spatial" sur la gauche, ce qui signifie qu'au temps 1, elle est introuvable !

Déterminisme

- ▶ Maintenant, joue cela à l'envers, et tu as un envahisseur de l'espace...

Déterminisme

- ▶ Aussi...
- ▶ At-at
- ▶ un disque rotatif homogène. (il y a ici un autre problème, en plus de celui mentionné par Arntzenius, car on peut douter de l'existence d'identités primitives entre les "parties" d'un disque homogène au fil du temps...)

La nature de la matière

The background features a series of overlapping, semi-transparent green triangles and polygons of various shades, ranging from light lime green to dark forest green. These shapes are arranged in a dynamic, layered composition that creates a sense of depth and movement, primarily concentrated on the right side of the frame.

La nature de la matière

- ▶ Masses de points
- ▶ Corps rigides
- ▶ Continua

La nature de la matière

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- ▶ Masses de points
- ▶ Le contact / chevauchement est impossible (ou l'énergie potentielle passe à zéro)
- ▶ Toutes les interactions se font donc à distance (ou par l'intermédiaire de quelque chose d'autre que des masses ponctuelles).

La nature de la matière

- ▶ Corps rigides
- ▶ Une forme fixe, un contact le long de limites/frontières spécifiées par des contraintes...
- ▶ Mais les contraintes ne sont-elles que des approximations ? Sur l'approche de la masse fixe, oui, sur l'approche lagrangienne, non...

La nature de la matière

- ▶ Continua
- ▶ Comment comprendre qu'elles sont composées de leurs parties si leurs parties ne sont pas des masses ponctuelles ?
- ▶ Cauchy : stress («contrainte»?)

la force et l'énergie

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side of the frame, creating a dynamic, layered effect. The rest of the background is plain white.

La force et l'énergie

- ▶ 1) Mécanisme vs Action à distance (et l'ombre de la téléologie)
- ▶ 2) $F=ma$: vrai par définition, ou une affirmation de fond ?
- ▶ 3) Formulations newtonien vs lagrangien vs hamiltonien

La force et l'énergie

- ▶ 1) Mécanisme vs Action à distance (et l'ombre de la téléologie)

- ▶ Certains ont accusé Newton de revenir à la scolasticisme...

La force et l'énergie

- ▶ 2) $F=ma$: vrai par définition, ou une affirmation de fond ?
- ▶ Pour Newton, le monde est un monde de forces, un engagement ontologique substantiel...

La force et l'énergie

- ▶ Force et énergie:
- ▶ Énergie cinétique : énergie provenant de la vitesse (dérivé de : forces dues à la vitesse)
- ▶ Énergie potentielle : énergie provenant de la position (dérivable de : forces dues à la position, par exemple la gravité)

La force et l'énergie

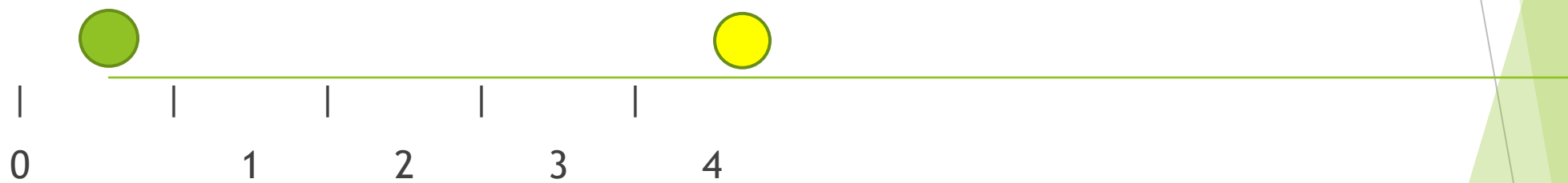
- ▶ Force et énergie:
- ▶ La Force et l'Énergie semblent être inter-dérivables, mais cela signifie que nous pouvons considérer l'une ou l'autre comme plus fondamentale que l'autre, métaphysiquement parlant.

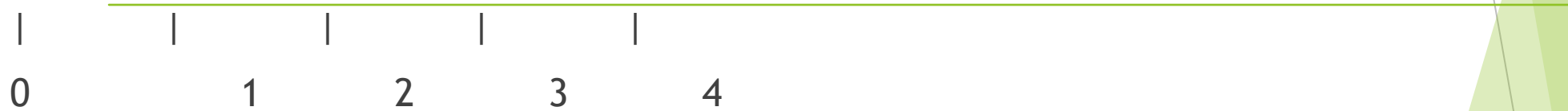
La force et l'énergie

- ▶ Lagrangien : calcule la dynamique en trouvant le chemin dans l'espace de configuration qui minimise la Différence entre cinétique et potentiel
- ▶ Hamiltonien : chemin dans l'espace des phases minimisant le total

La force et l'énergie

- ▶ Lagrangien : S'accorde mieux avec une théorie de l'impulsion de momentum
- ▶ Hamiltonien : évite une structure métrique, utilise plutôt quelque chose de légèrement plus abstrait





0

1

2

3

4



.



0



1



2



3



4



.





