

V. Forces; applications des lois de Newton

Prof. Cécile Hébert

14 octobre 2021

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

Table des matières

- V - 1 Réaction d'un support
- V - 2 Forces de frottement secs
- V - 3 Roulement d'une roue
- V - 4 Frottements fluides
- V - 5 Tension dans une corde
- V - 6 Force de rappel d'un ressort
- V - 7 Poussée d'Archimède

V - 1. Réaction d'un support

Lorsqu'un corps est posé sur un support, les atomes des deux solides se rapprochent. Ils commencent à avoir une interaction notable.

V - 1. Réaction d'un support

Lorsqu'un corps est posé sur un support, les atomes des deux solides se rapprochent. Ils commencent à avoir une interaction notable.

La force en jeu est la force électromagnétique. La décrire exactement est trop complexe, alors on modélise son effet par des forces phénoménologiques : réaction du support et frottements.

V - 1. Réaction d'un support

Lorsqu'un corps est posé sur un support, les atomes des deux solides se rapprochent. Ils commencent à avoir une interaction notable.

La forces en jeu est la force électromagnétique. La décrire exactement est trop complexe, alors on modélise son effet par des forces phénoménologiques : réaction du support et frottements.

La réaction correspond à la partie répulsive des noyaux des atomes qui ne peuvent pas trop se rapprocher.

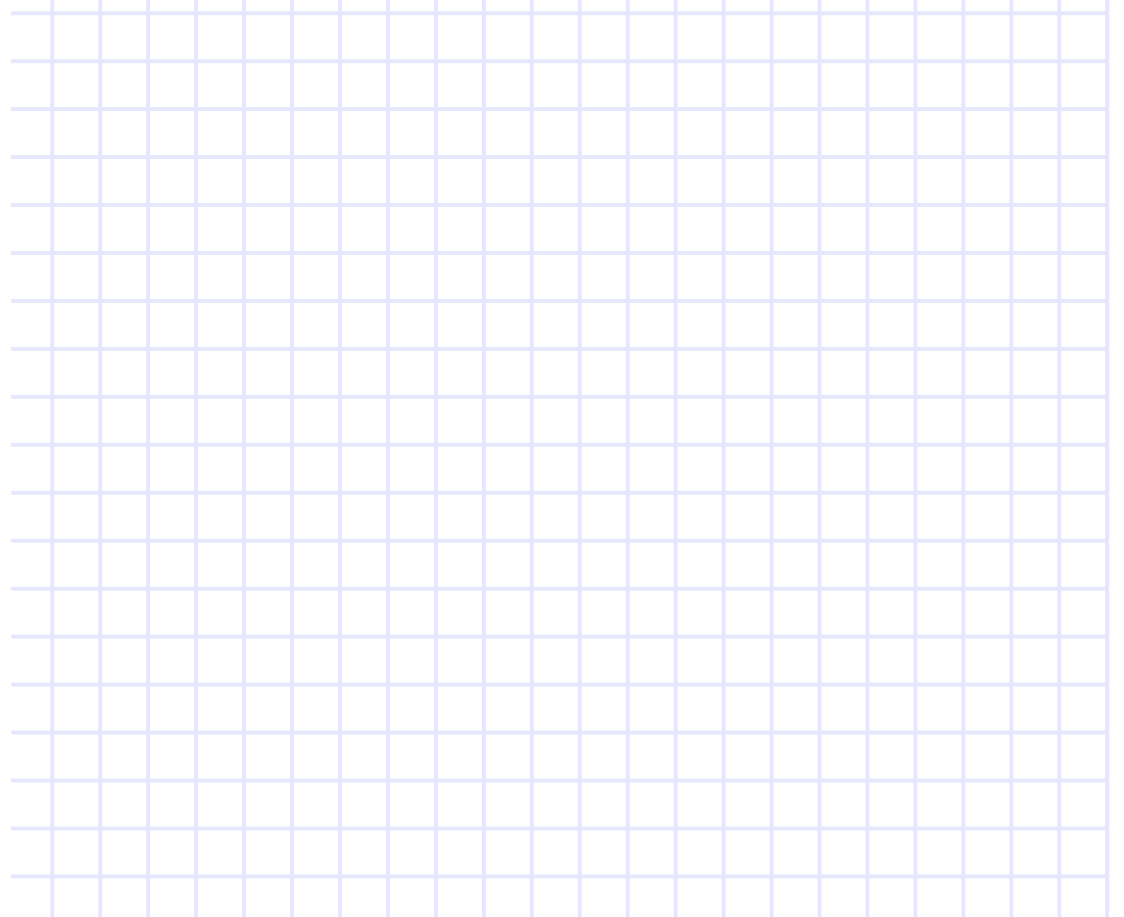
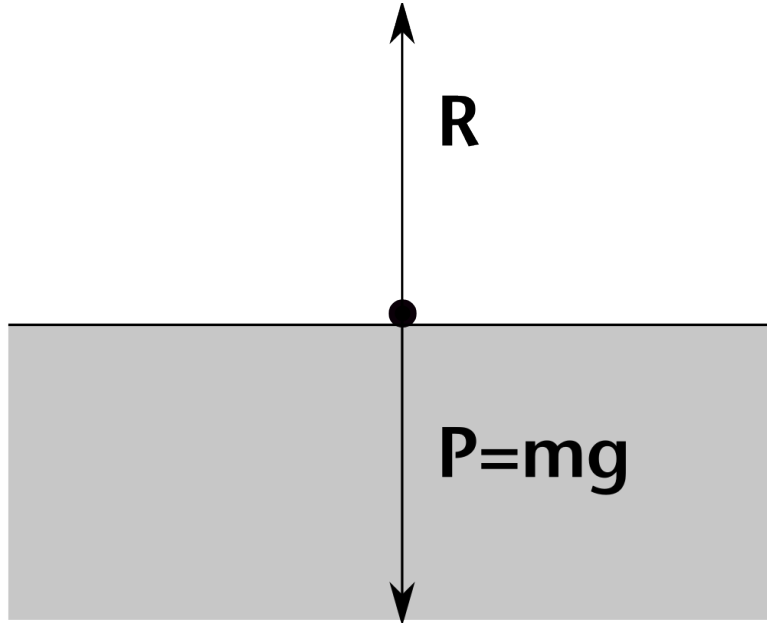
La réaction est normale au support usuellement notée \vec{R} ou \vec{N} . Elle est toujours dirigée du support vers l'objet.

On l'obtient en faisant l'hypothèse (raisonnable) que les corps étant des solides indéformables, l'objet ne va pas rentrer dans le support.

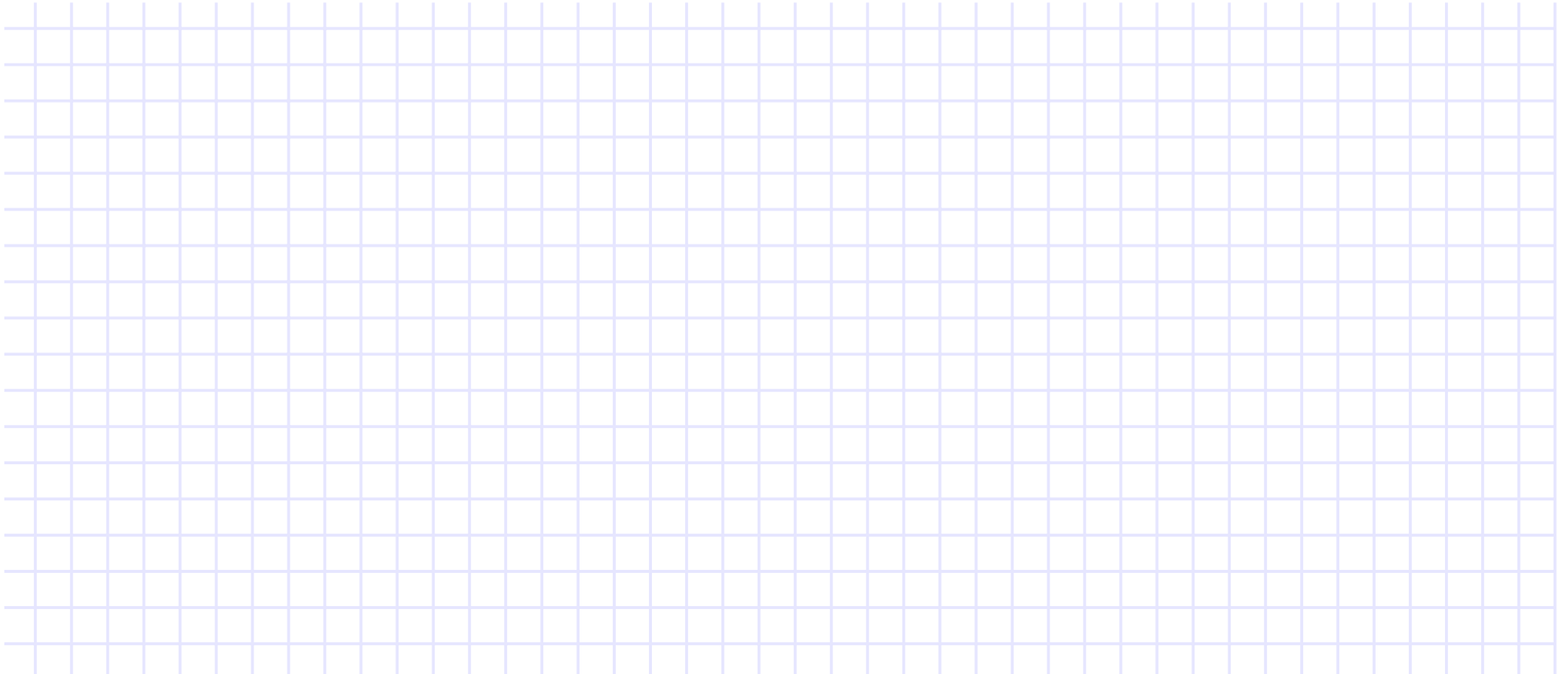


Exemple : poids et réaction du support

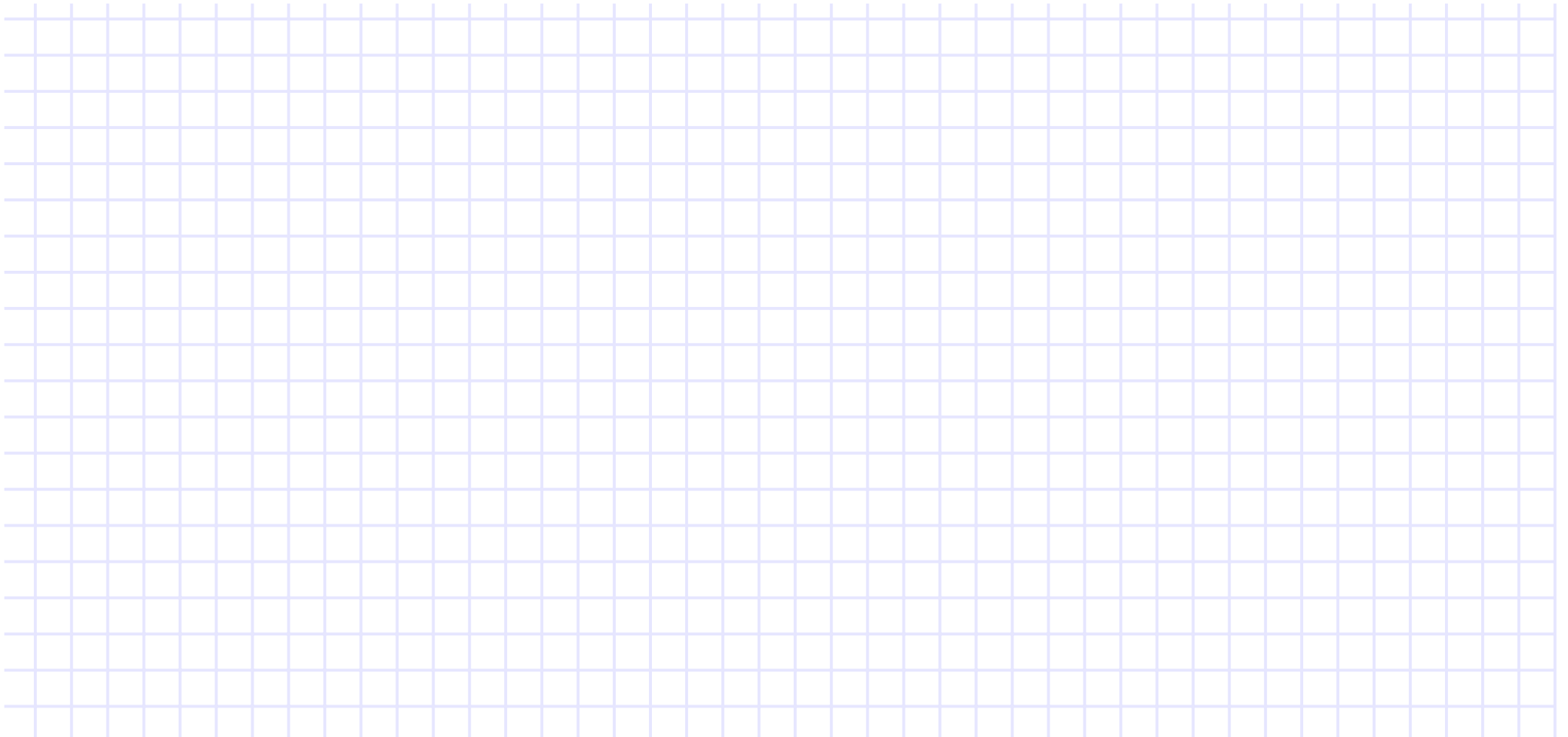
Masse m sur un support horizontal



Masse m sur un support incliné



V. Forces V - 1 Réaction d'un support



V - 2 Forces de frottement secs

Les frottements sont aussi une manifestation d'interactions électromagnétiques complexes.

C'est une simplification par un modèle phénoménologique.

V - 2 Forces de frottement secs

Les frottements sont aussi une manifestation d'interactions électromagnétiques complexes.

C'est une simplification par un modèle phénoménologique.

Un frottement s'oppose au mouvement.

V - 2 Forces de frottement secs

Les frottements sont aussi une manifestation d'interactions électromagnétiques complexes.

C'est une simplification par un modèle phénoménologique.

Un frottement s'oppose au mouvement.

On distinguera deux types de frottements

- Frottements secs (d'un solide sur un autre)
- Frottements fluides ou visqueux, ils ont lieu dans un fluide (liquide, gaz...)

frottement secs : expériences

La force de frottement ne dépend que de la réaction du support et du type de surfaces en contact, mais ni de l'aire de contact apparent, ni de la vitesse.

La force de frottement est plus faible dès que le corps bouge.



Deux formes de frottements secs

Deux formes de frottements secs

1) Quand le corps est immobile : frottements statiques

$\sum \vec{F} = \vec{0}$, donc la force de frottement \vec{F}_F *compense exactement* la force qui tente de mettre l'objet en mouvement, jusqu'à une *valeur limite* .

Tant que $F_F \leq \mu_s R$, le corps ne bouge pas. μ_s coefficient de frottement statique.

2) Quand le corps est en mouvement : frottements dynamiques

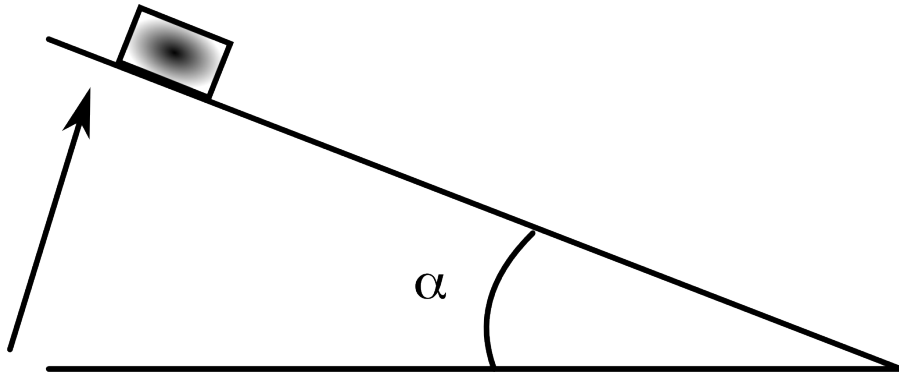
$F_F = \mu_c R$, μ_c coefficient de frottement cinétique ou dynamique.

En général $\mu_s > \mu_c$.

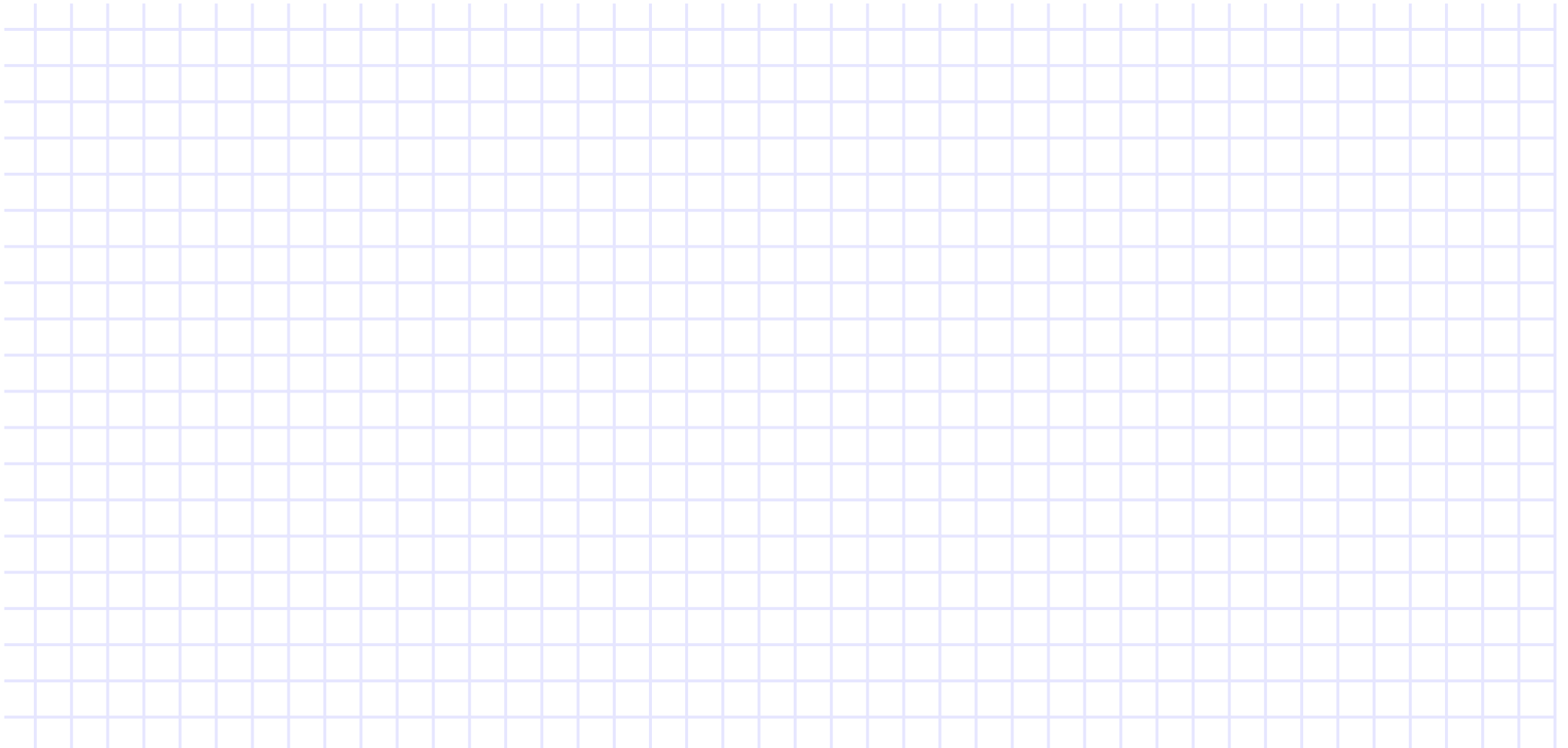
Exemple :

Un bloc de masse m est posé en haut d'un plan incliné dont on peut varier l'inclinaison. On considère qu'il y a des frottements et que $\mu_s > \mu_c$. Initialement, le plan est horizontal, on l'incline doucement de plus en plus.

- 1) A quel angle est-ce que le bloc commence à glisser ?
- 2) Dès que le bloc "décroche" (commence à glisser), on cesse d'augmenter l'angle. Quelle est alors l'accélération du bloc ?



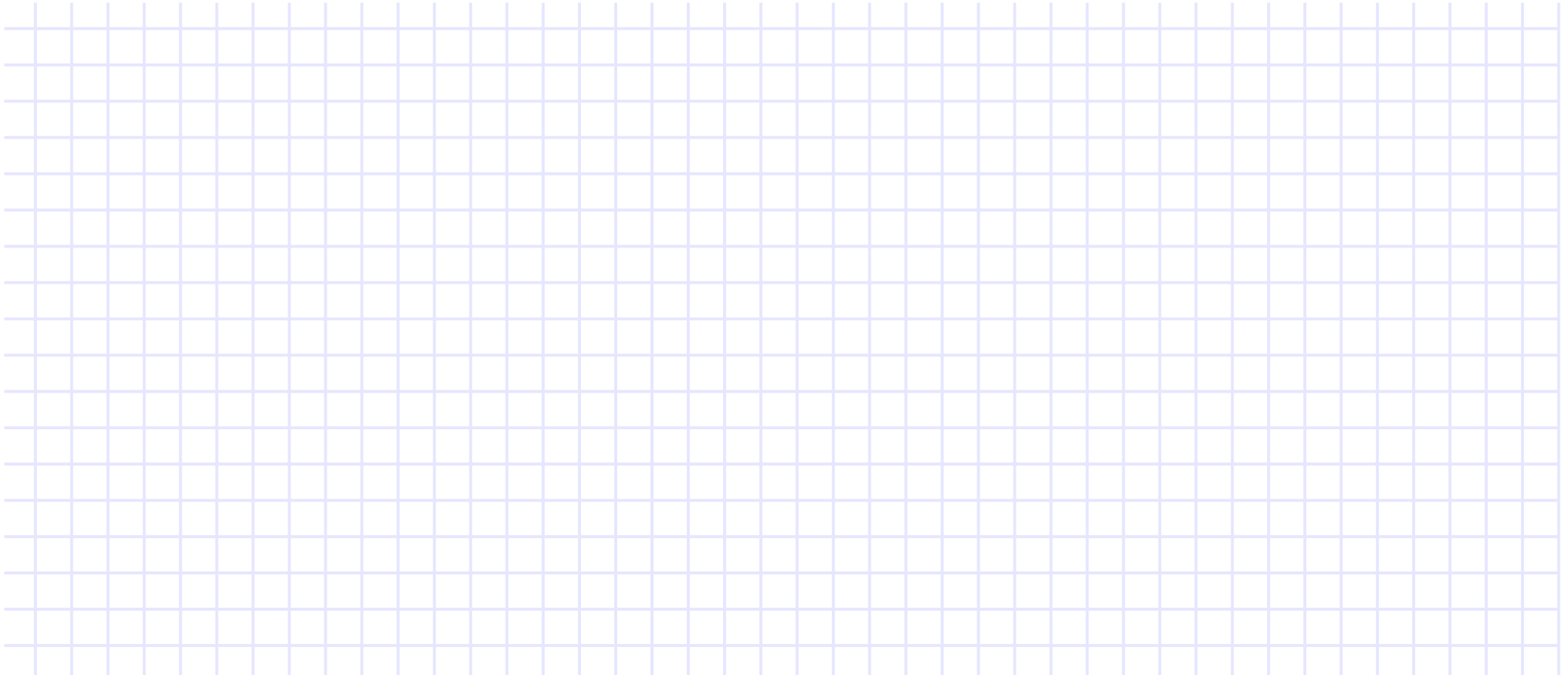
V. Forces V - 2 Forces de frottement secs



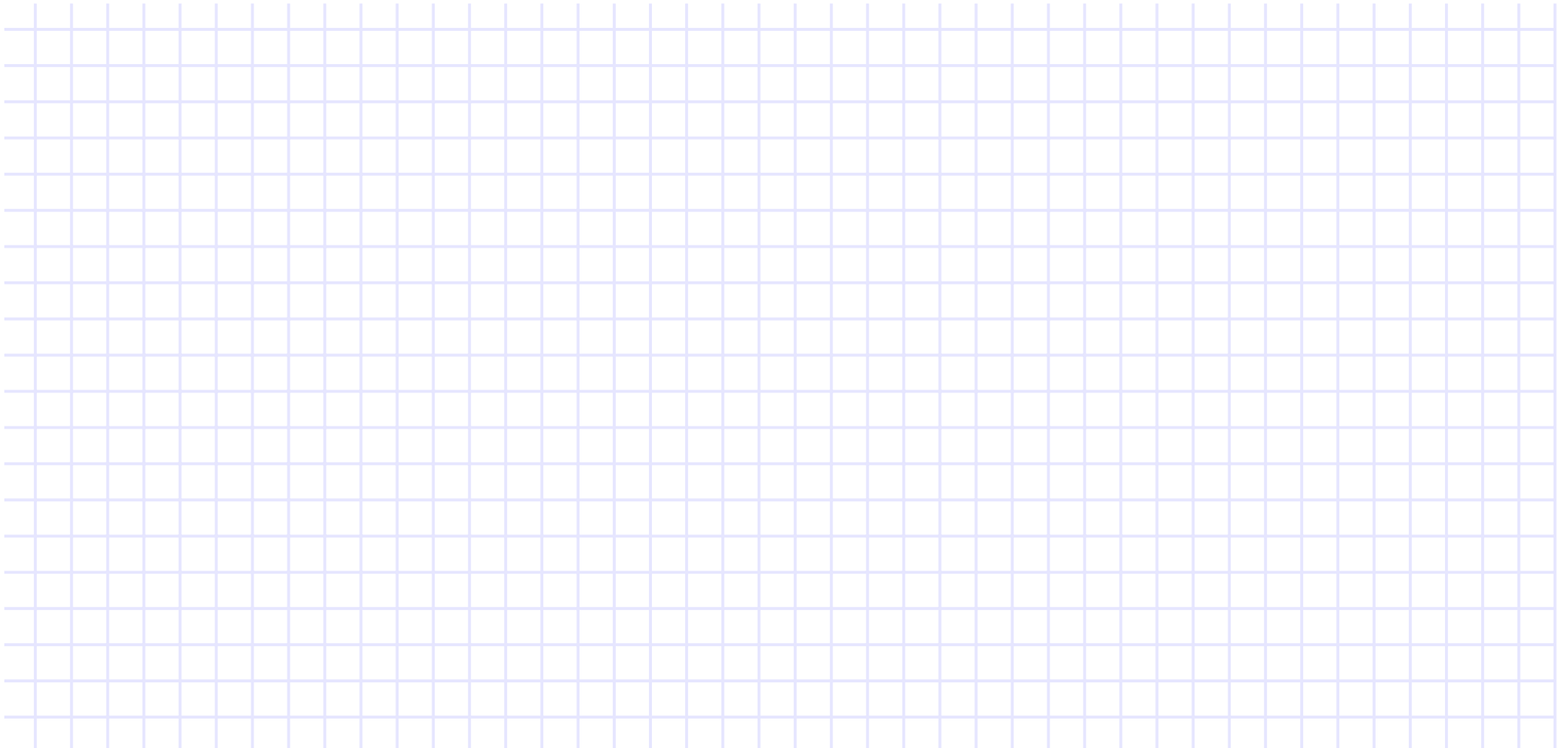
V. Forces V - 2 Forces de frottement secs



V - 3 Roulement d'une roue



V. Forces V - 3 Roulement d'une roue



V - 4 Frottements fluides

La force de frottement dépend de la vitesse et de la géométrie de l'objet. À petites vitesses (régime laminaire) la dépendance est linéaire

$$\vec{F}_F = -b_l \vec{v}$$

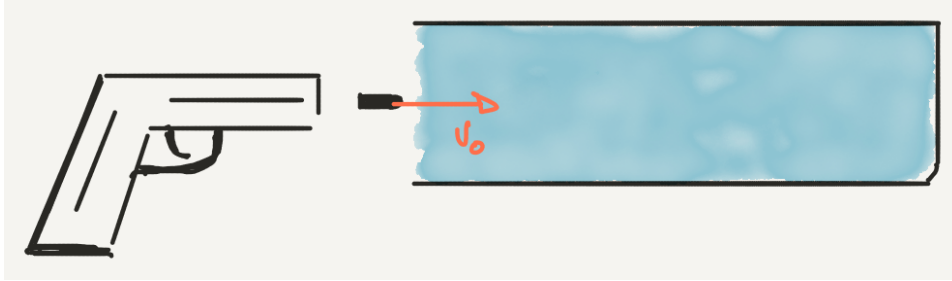
$b_l = K\eta$ avec η coefficient de viscosité et K facteur dépendant de la forme de l'objet.



À plus grande vitesse (régime d'écoulement turbulent), la dépendance est quadratique

$$\vec{F}_F = -b_t v^2 \frac{\vec{v}}{v}$$





Un projectile arrive avec \vec{v}_0 dans un fluide de viscosité η . On appelle K le coefficient lié à la forme de la balle.

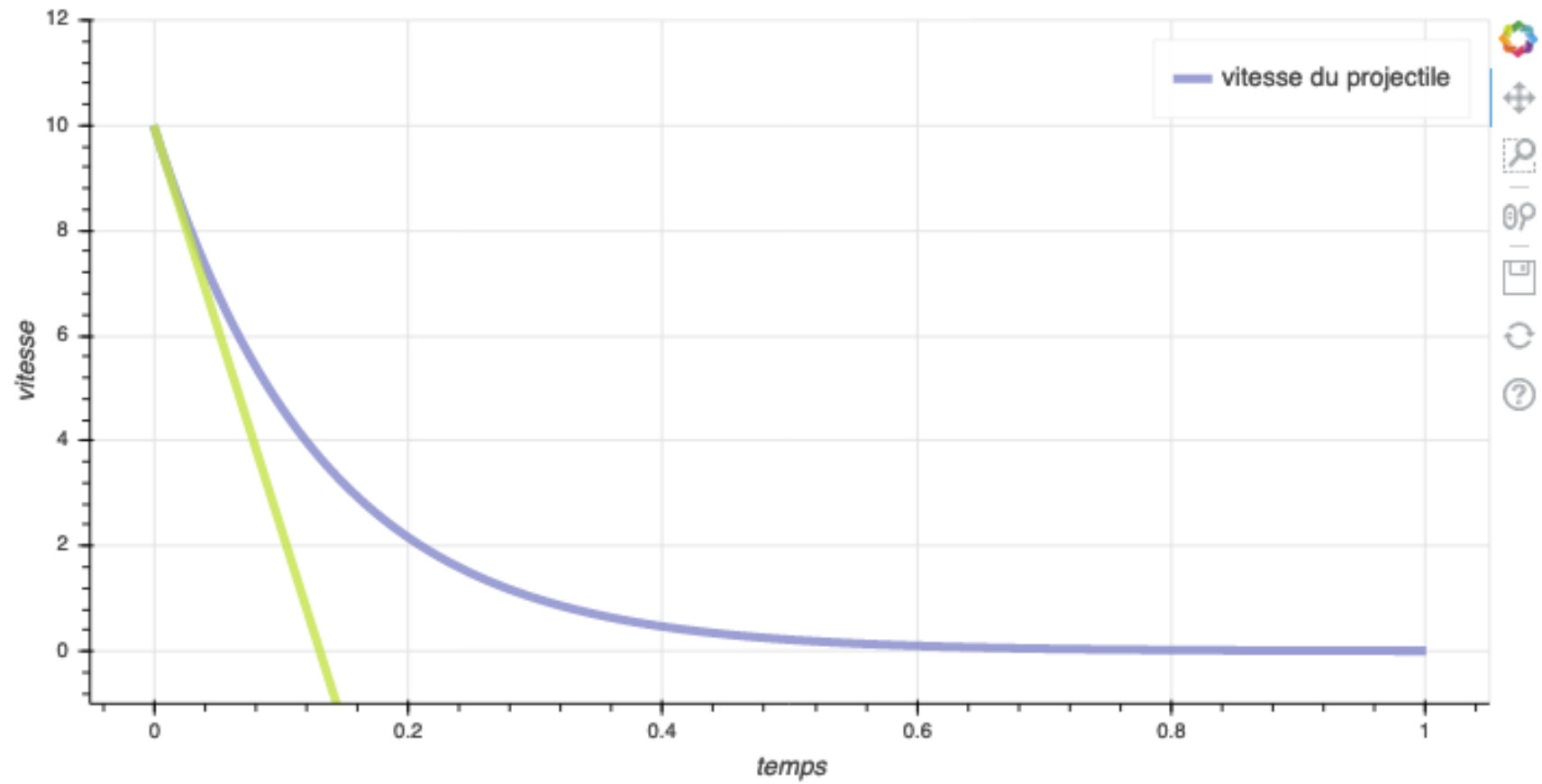
But : calculer $v(t)$



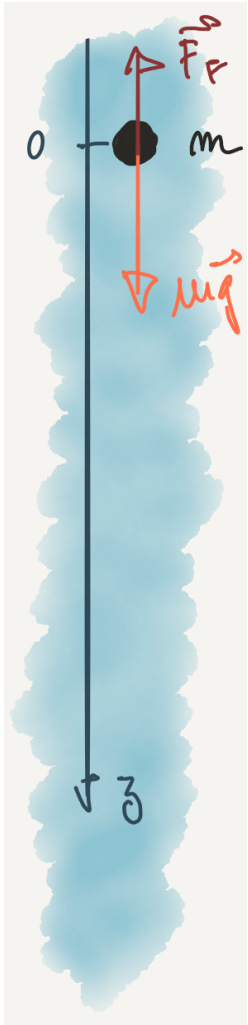
V. Forces V - 4 Frottements fluides



V. Forces V - 4 Frottements fluides



V. Forces V - 4 Frottements fluides



V. Forces V - 4 Frottements fluides

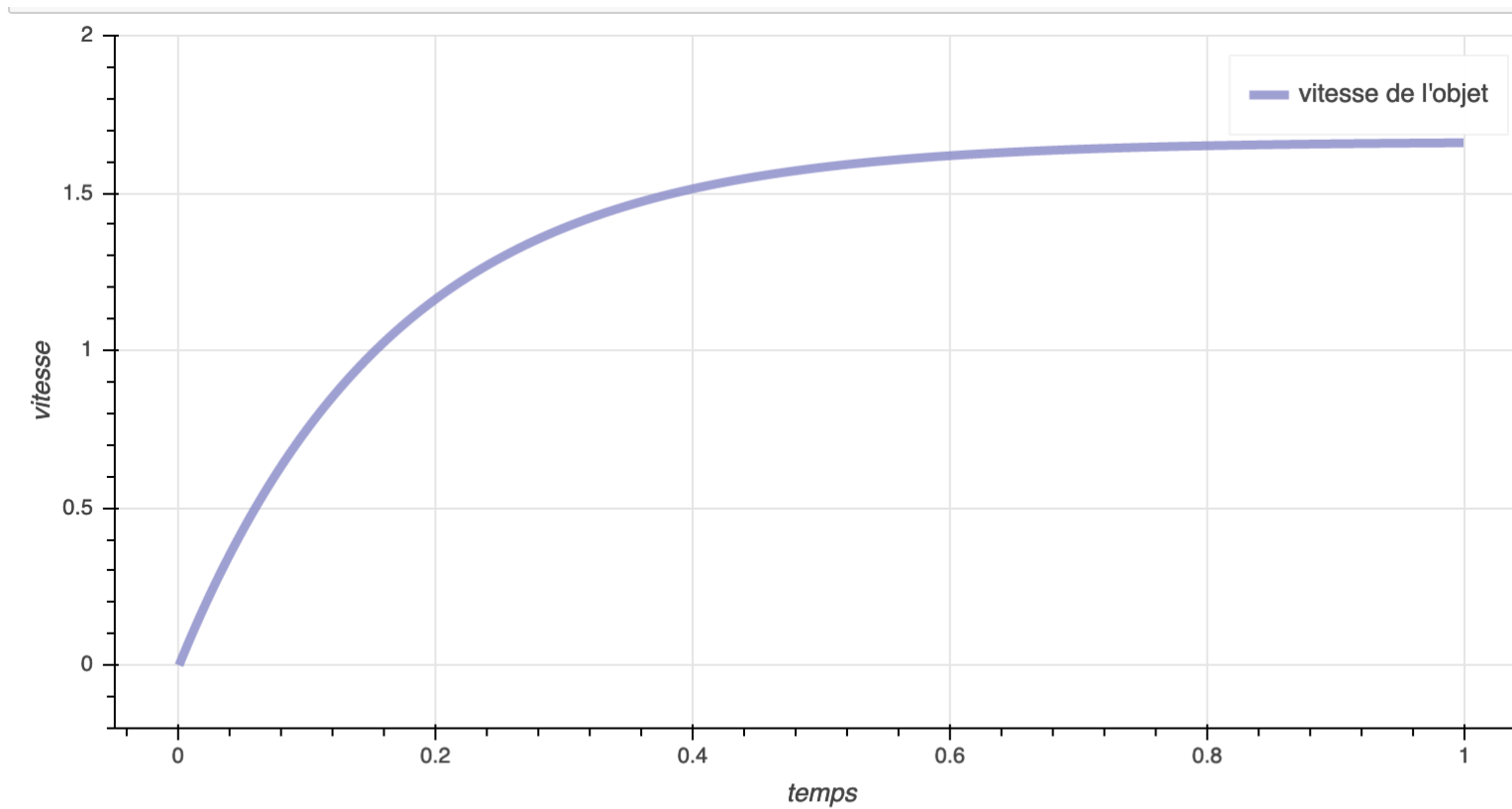


V. Forces V - 4 Frottements fluides



V. Forces V - 4 Frottements fluides

$$v(t) = \frac{g}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t})$$

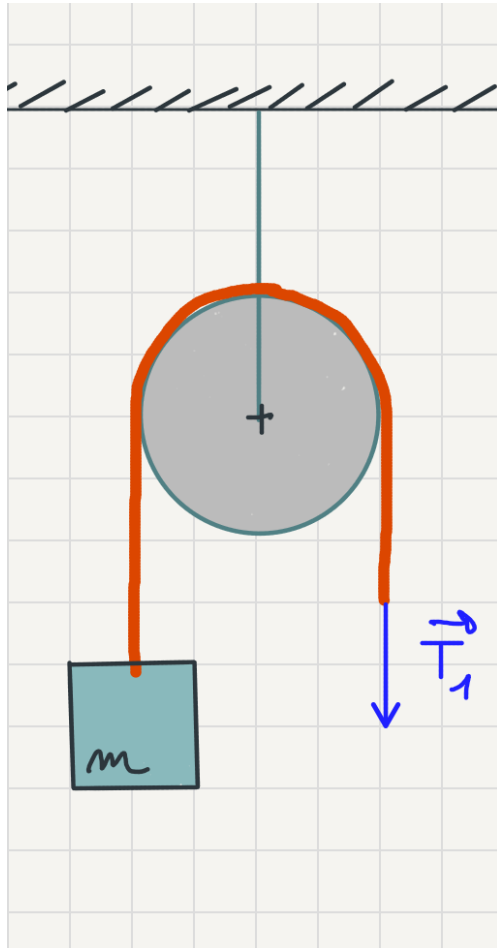


V - 5 Tension dans une corde

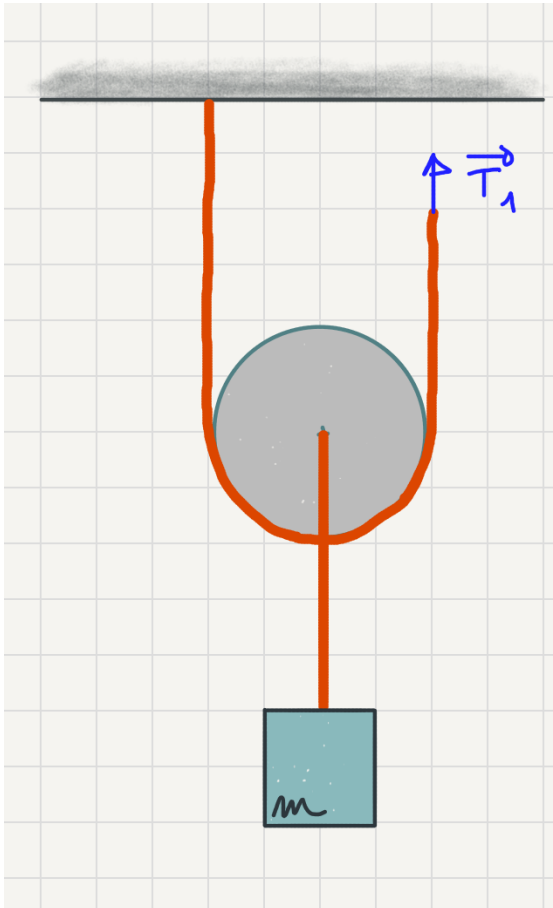
Une corde sans masse, inextensible et tendue transmet simplement les forces, en changeant éventuellement leur direction.



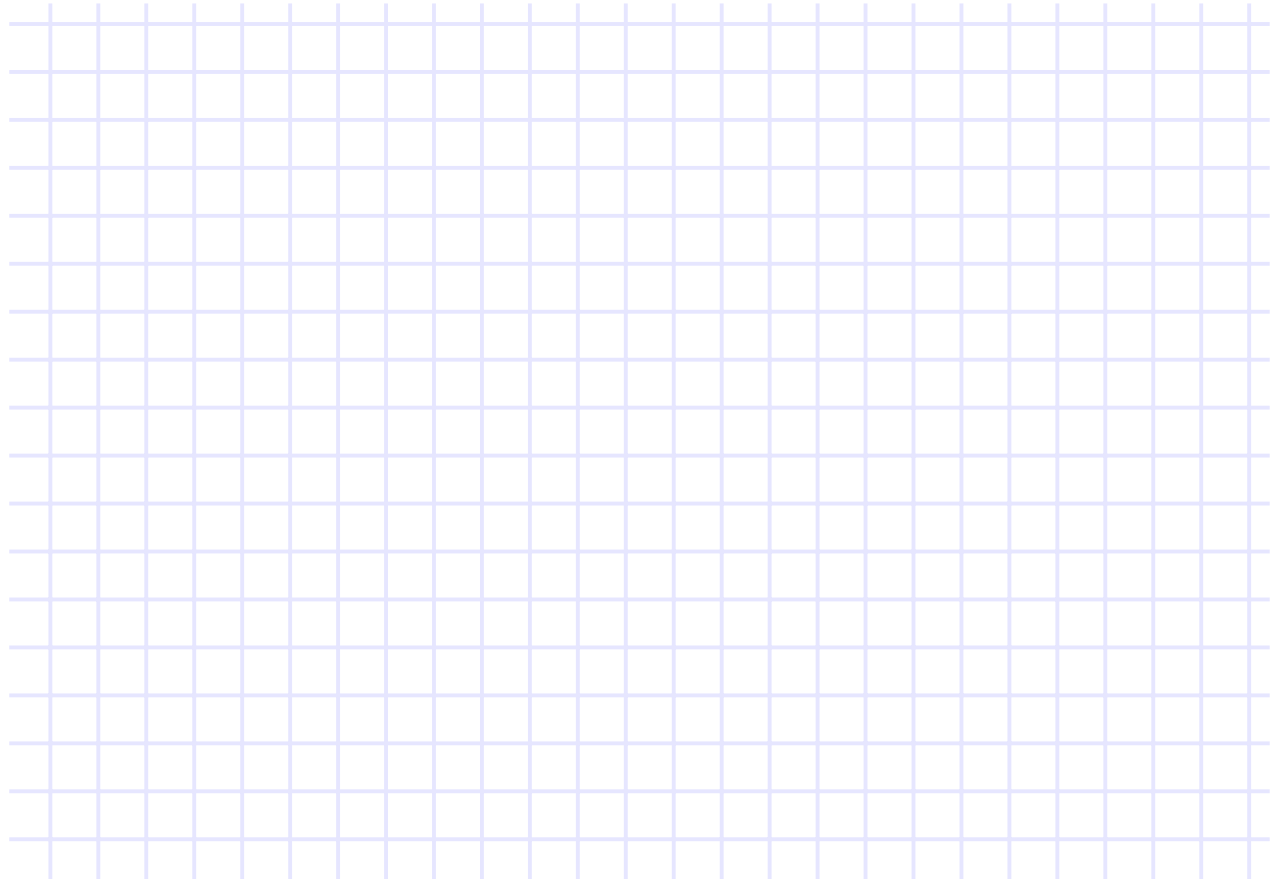
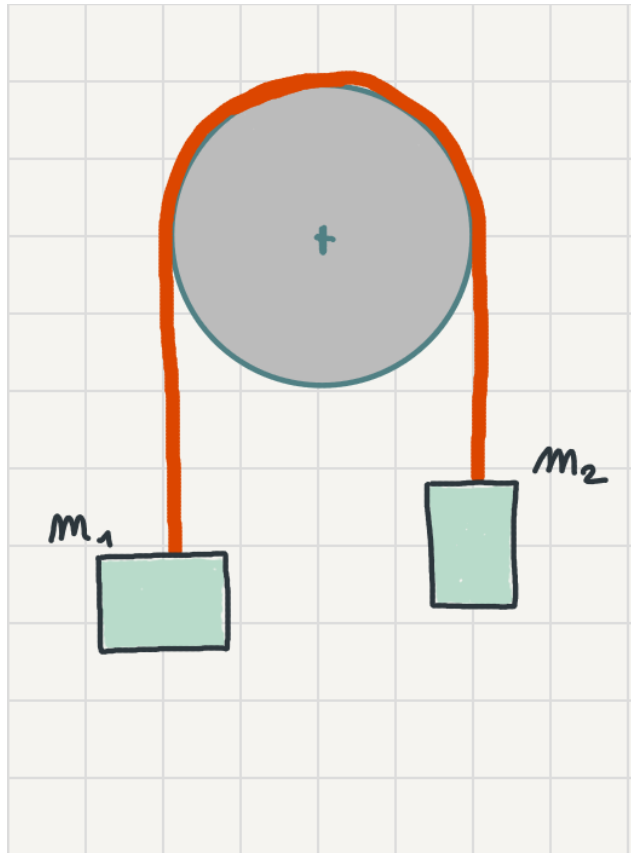
V. Forces V - 5 Tension dans une corde



V. Forces V - 5 Tension dans une corde



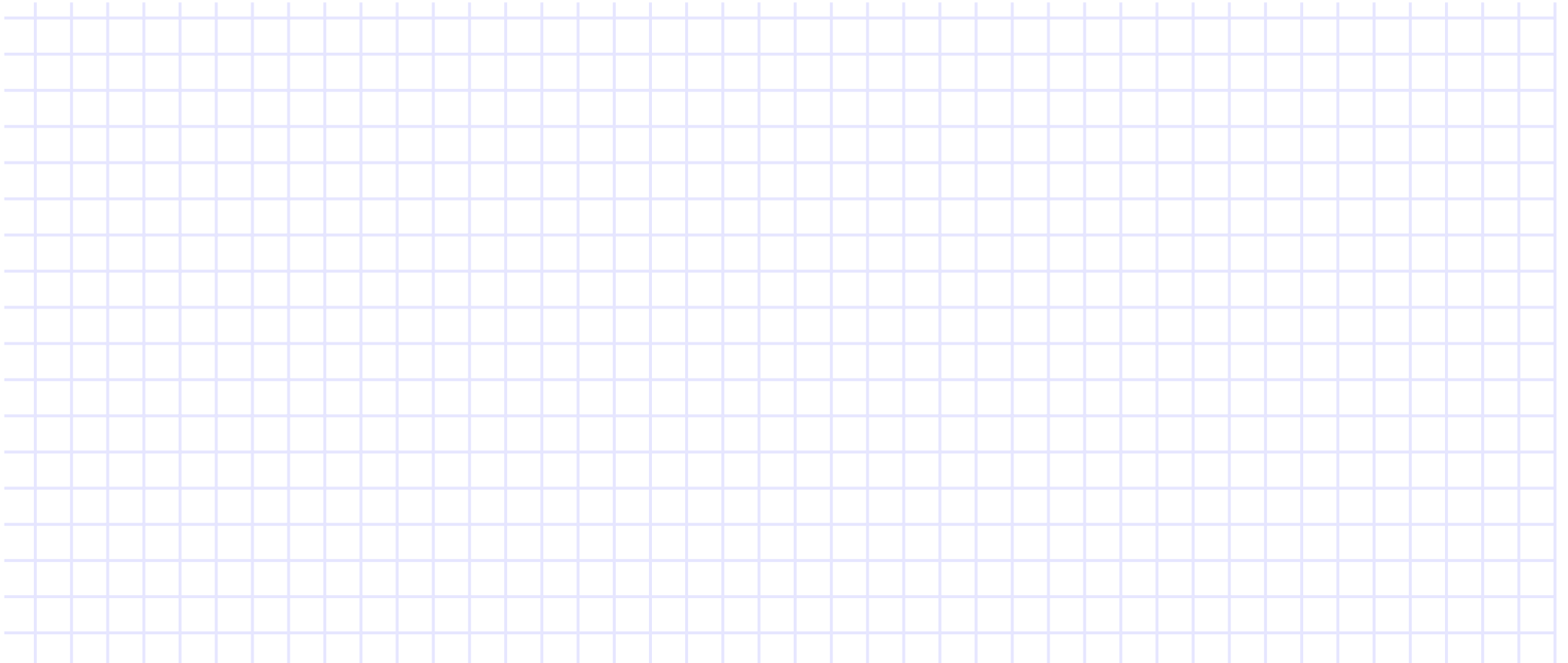
Exemple machine d'Atwood :



V. Forces V - 5 Tension dans une corde

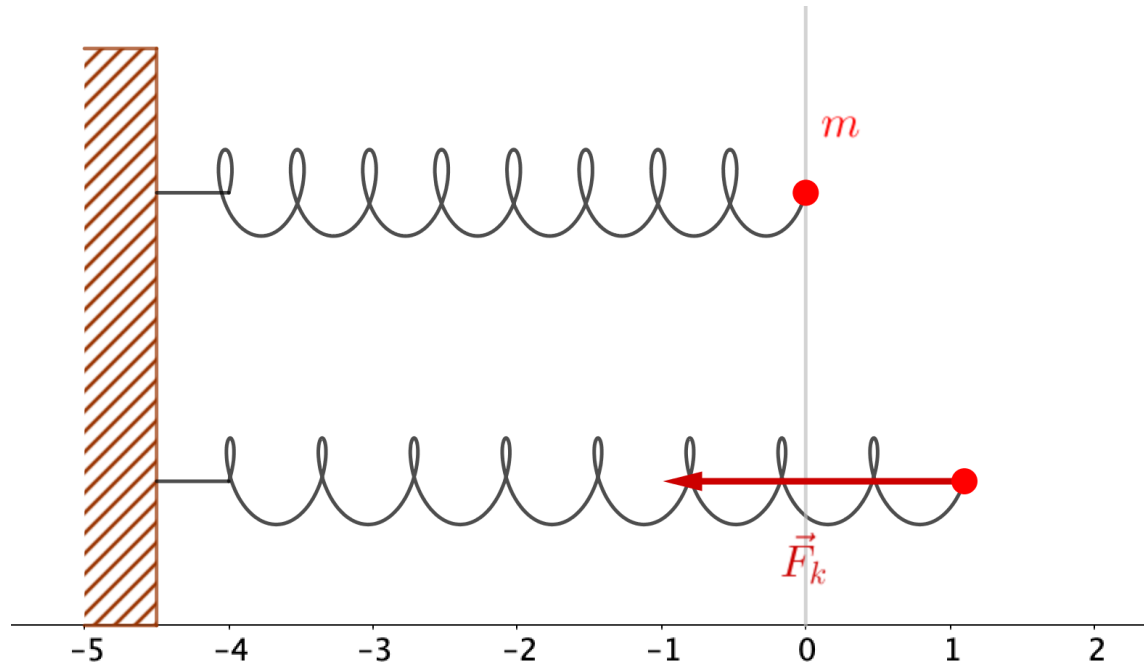


V - 6. Force de rappel d'un ressort

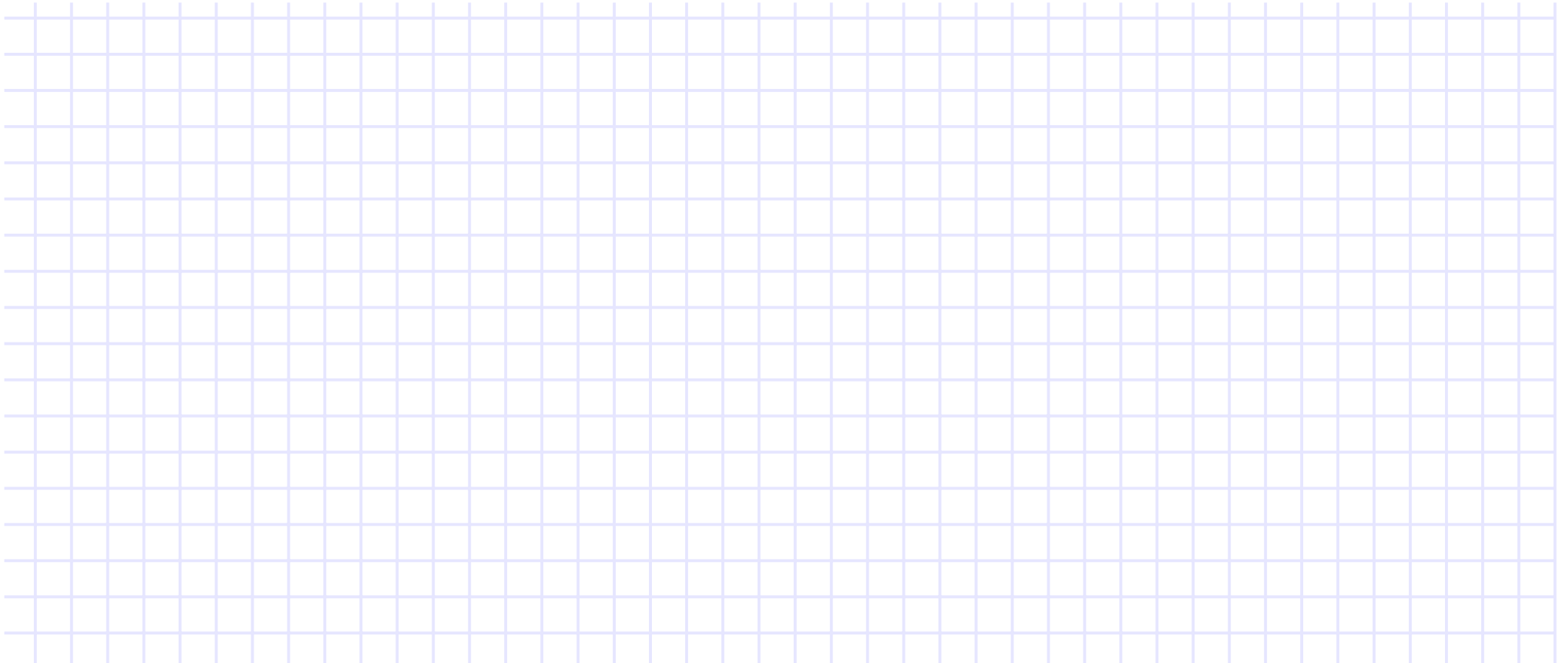


V. Forces V - 6 Force de rappel d'un ressort

Dans le cas idéal, la force exercée par un ressort est proportionnelle à sa variation de longueur. Pour cela il faut rester dans le domaine des petites déformations (réversibles).



Cas d'un ressort accroché verticalement avec une masse suspendue



V - 7 Poussée d'Archimède

Un corps immergé dans un fluide reçoit une poussée vers le haut égale au poids du volume de fluide déplacé



Un objet de masse m et volume V tombe dans un fluide visqueux de masse volumique ρ . On est dans le cas d'un régime laminaire. Quelle est sa vitesse limite ?

