

IX. Moment cinétique, force centrale, gravitation

Prof. Cécile Hébert

25 novembre 2021

Plan du cours

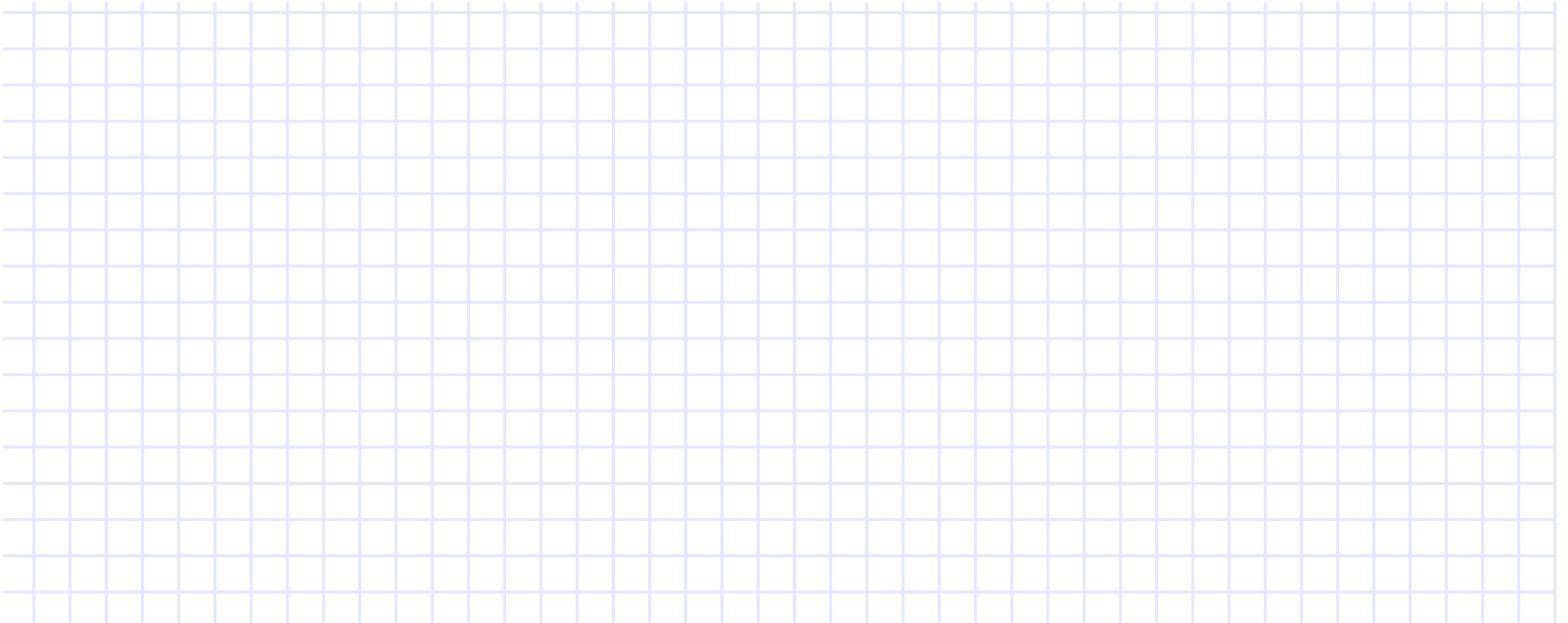
- I - Cinématique
- II - Référentiel accélérés
- III - Lois de Newton
- IV - Balistique – effet d'une force constante et uniforme
- V - Forces ; application des lois de Newton
- VI - Travail, Energie, principes de conservation
- VII - Chocs, systèmes de masse variable
- VIII - Oscillateur harmonique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

Table des matières

- 1 - Moment cinétique et moment d'une force
- 2 - Force centrale
- 3 - Gravitation
- 4 - Analyse énergétique de la force gravitationnelle

1 - Moment cinétique et moment d'une force.

Bras de levier

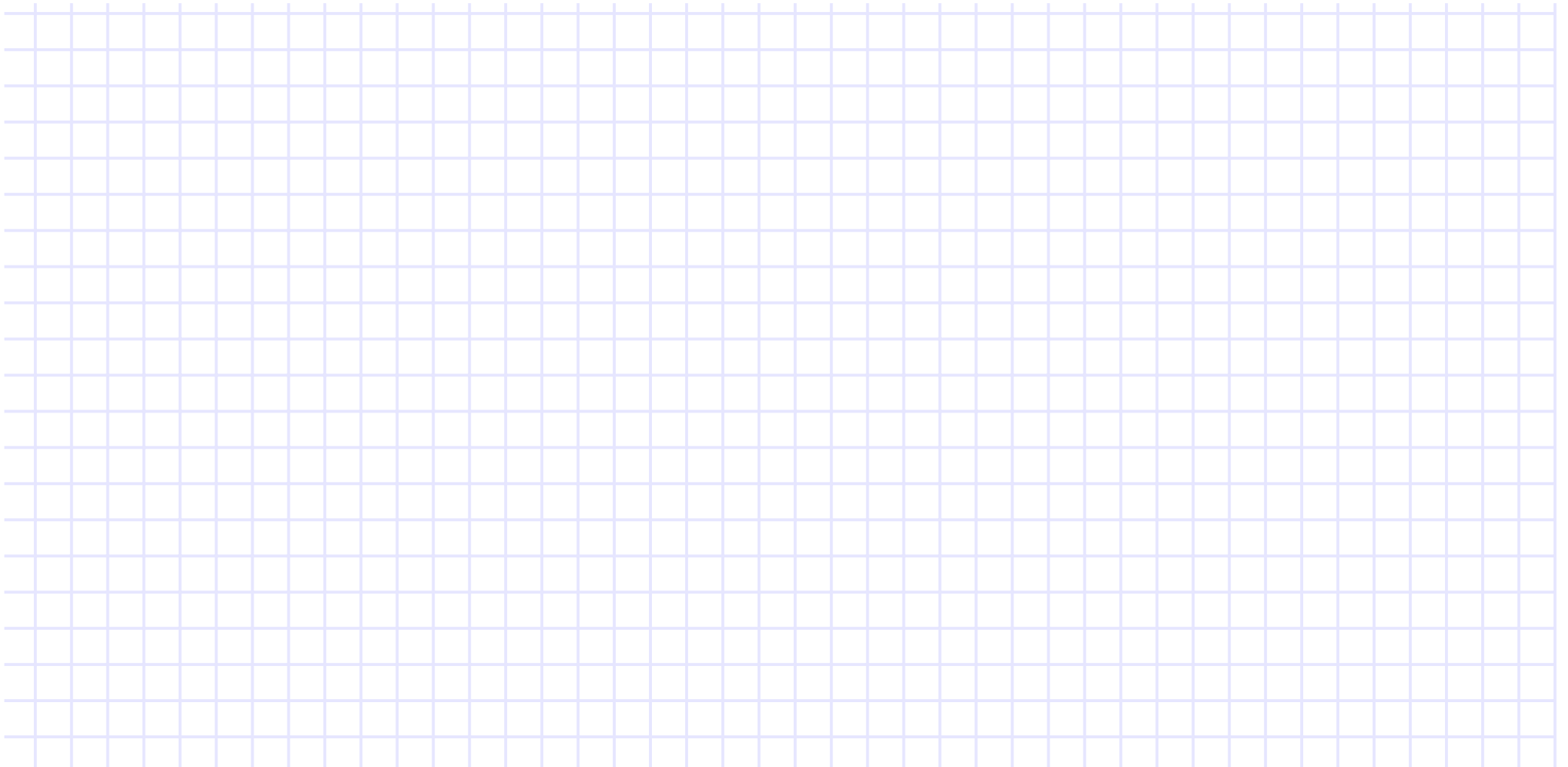


Le moment cinétique permet de caractériser la rotation autour d'un point O ; le moment de la force permet de caractériser la capacité d'une force à provoquer un mouvement de rotation.

Point P de masse m , ayant une quantité de mouvement $\vec{p}$ et soumis à une force extérieure $\vec{F}$.



IX. Moment cinétique... 1 - Moment cinétique et moment d'une force



Le **moment cinétique** par rapport au point O est :

$$\vec{L}_O = \overrightarrow{OP} \wedge \vec{p}$$

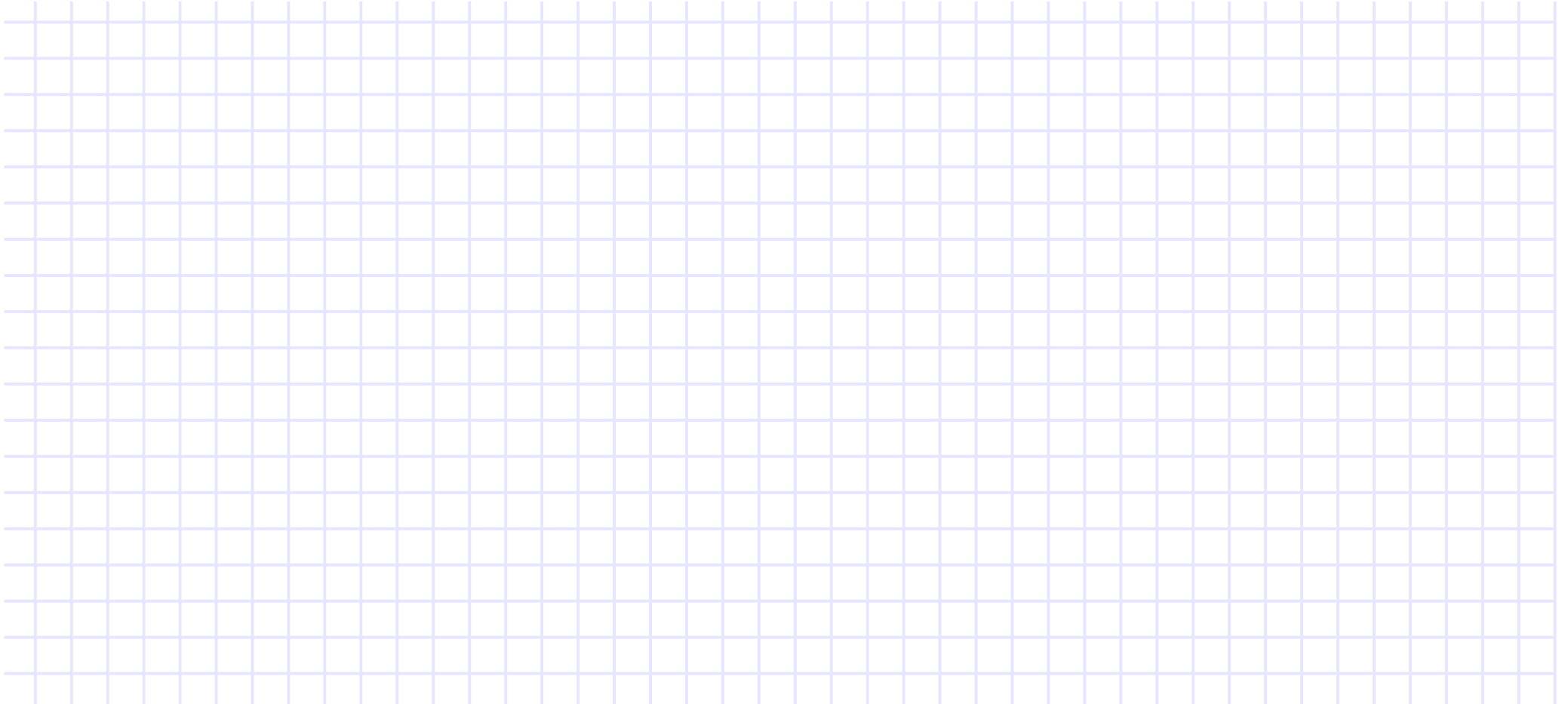
Le **moment de la force** $\vec{F}$ par rapport au point O est :

$$\vec{M}_O = \overrightarrow{OP} \wedge \vec{F}$$

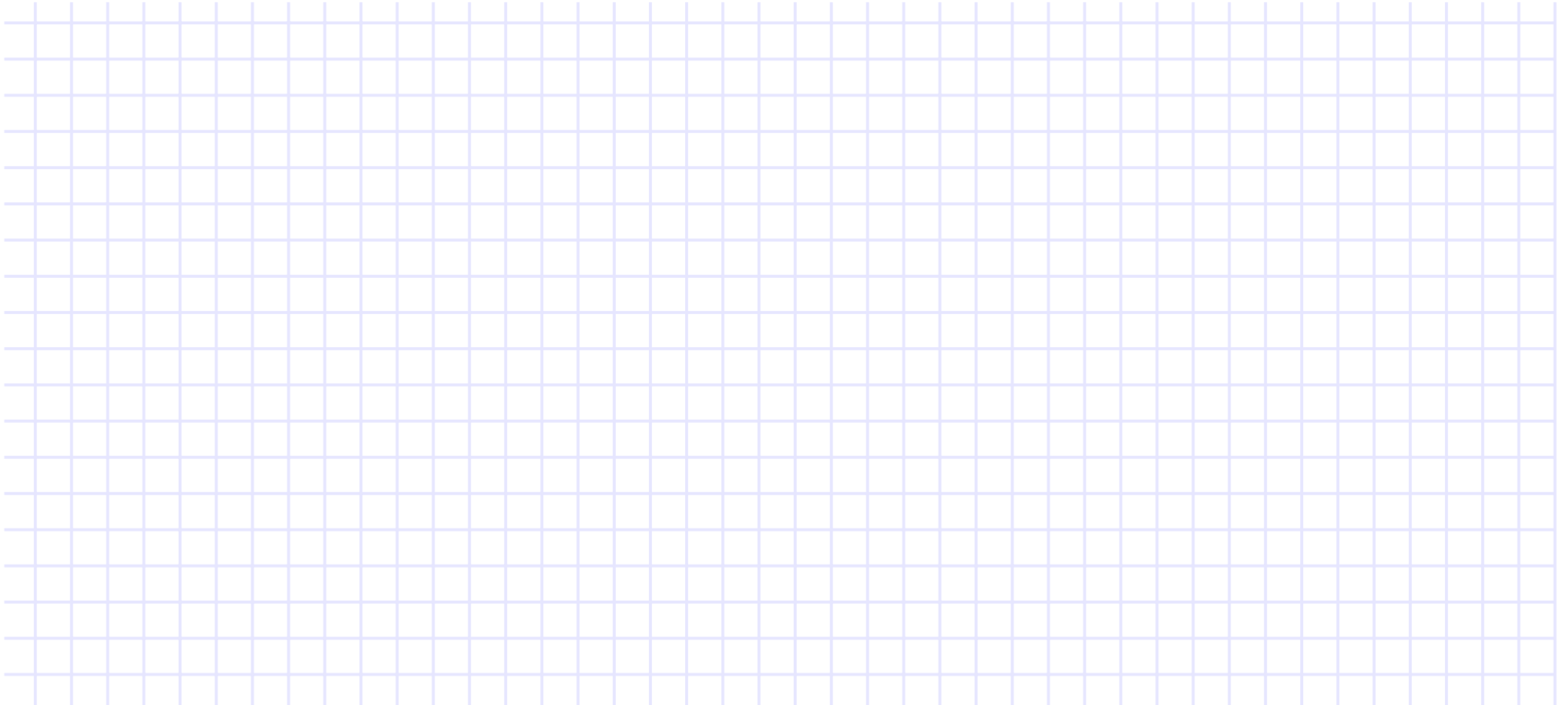
Théorème du moment cinétique

$$\frac{d}{dt} (\vec{L}_O) = \vec{M}_O$$

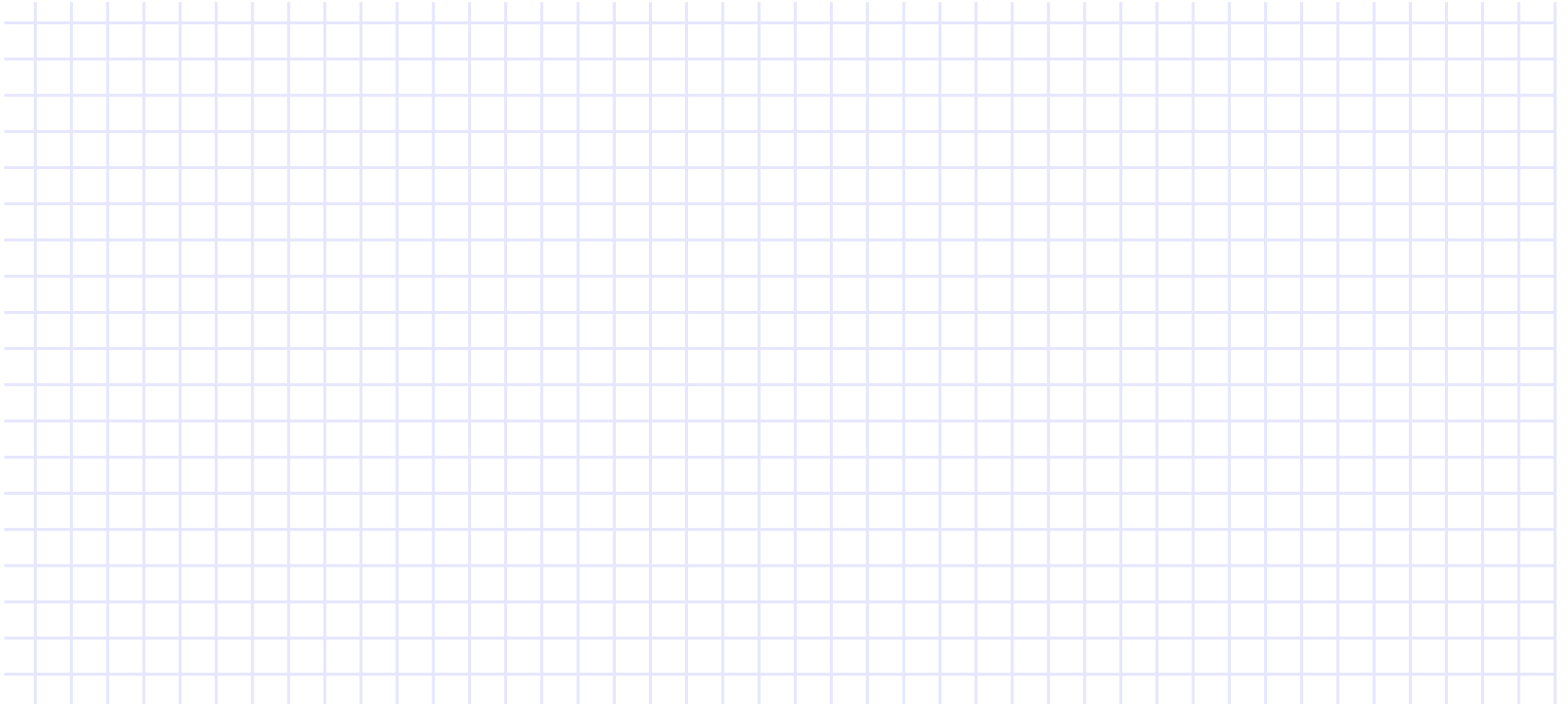
Choix du point de référence



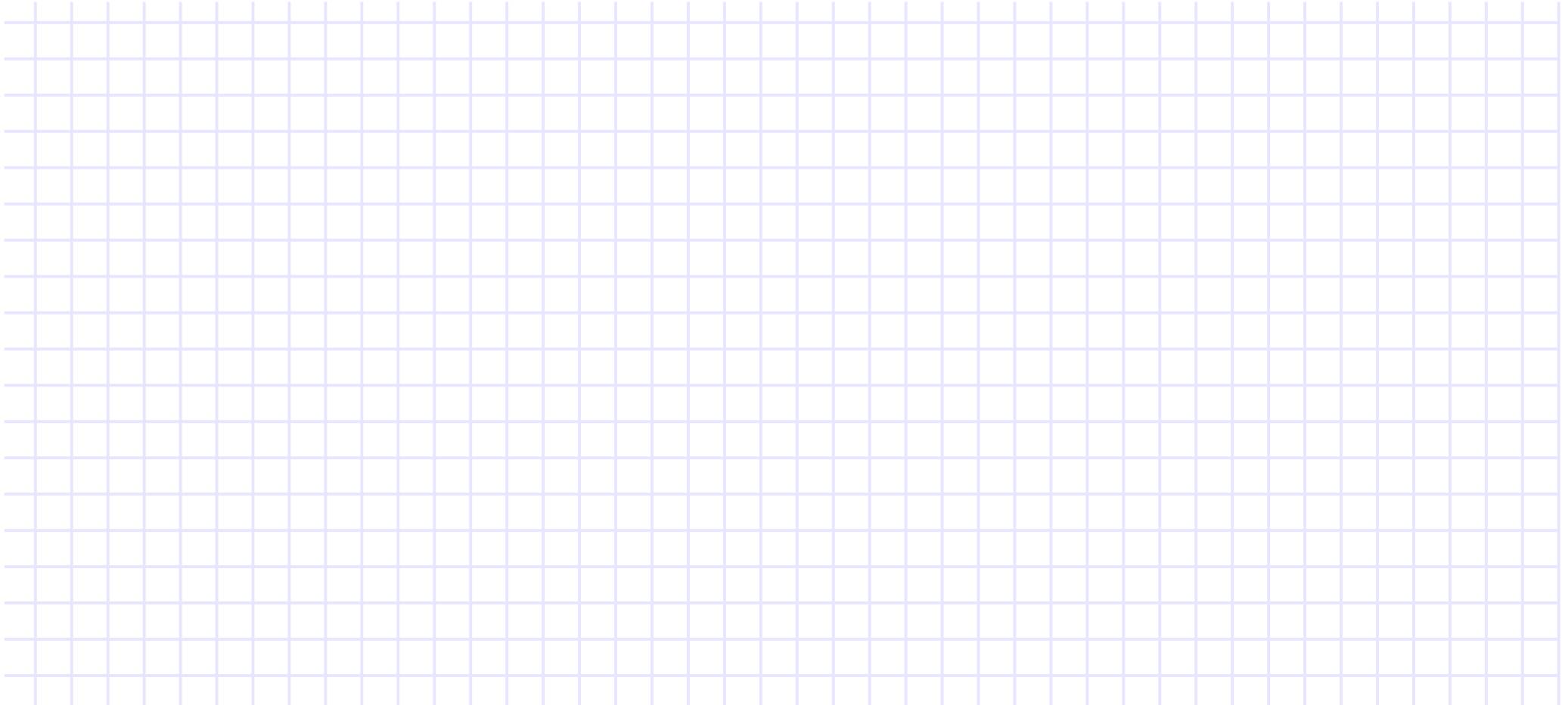
Exemple : mouvement circulaire



Exemple : mouvement curviligne plan en coordonnées cylindriques



2 - Force centrale



Résumé :

Une force centrale de centre O est telle que $\vec{F}$ colinéaire à $\overrightarrow{OP}$

Le moment par rapport à O d'une force centrale de centre O est nul.

Donc le moment cinétique par rapport à O d'un point soumis à une force centrale de centre O est constant

$$\frac{d}{dt}\vec{L}_O = \vec{0}$$

3 - Gravitation

Rappel historique : lois de Kepler (1571-1630) :



3 - Gravitation

Rappel historique : lois de Kepler (1571-1630) :



1– Les planètes tournent autour du Soleil en décrivant des ellipses dont cet astre occupe un des foyers.

3 - Gravitation

Rappel historique : lois de Kepler (1571-1630) :



- 1– Les planètes tournent autour du Soleil en décrivant des ellipses dont cet astre occupe un des foyers.
- 2– Les aires des surfaces décrites par les rayons vecteurs sont proportionnelles aux temps employés à les balayer.

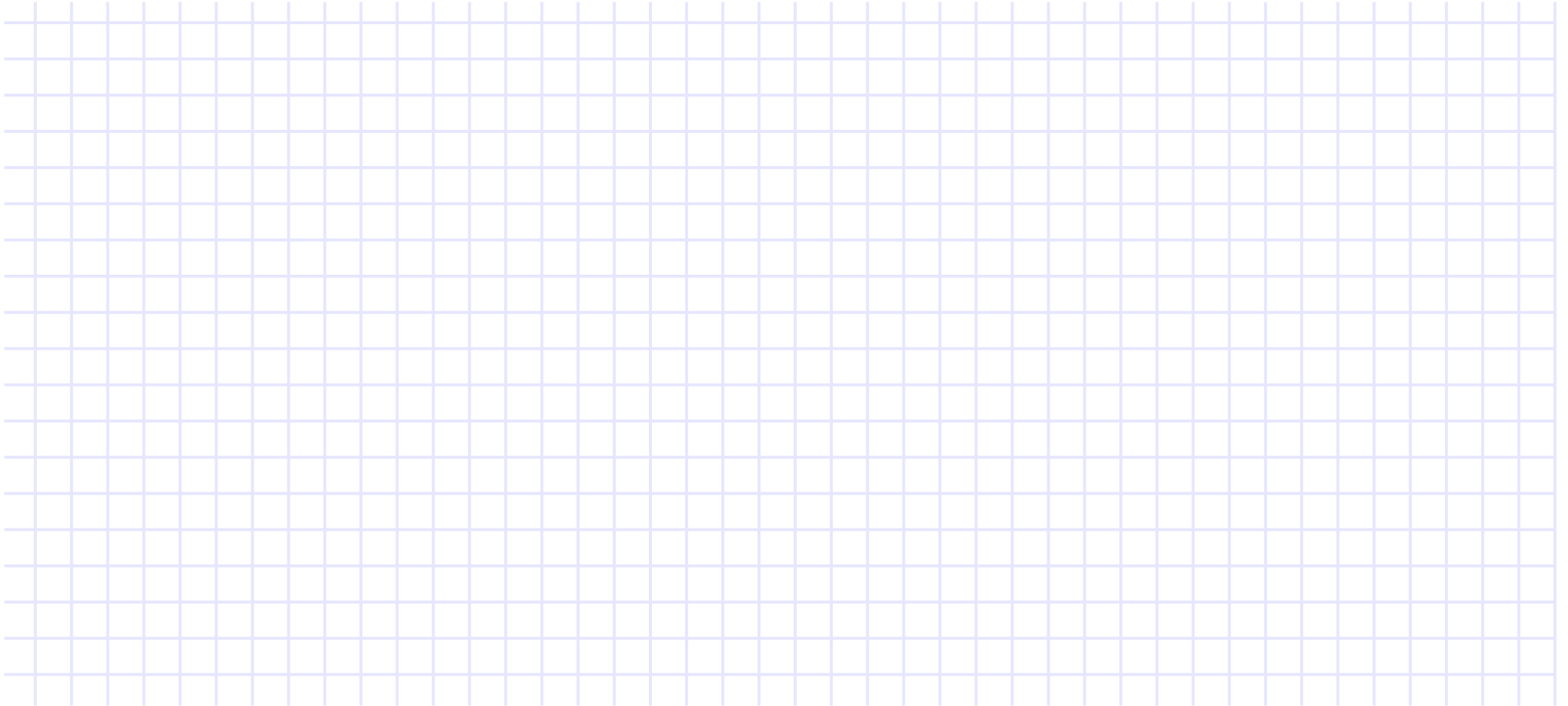
3 - Gravitation

Rappel historique : lois de Kepler (1571-1630) :

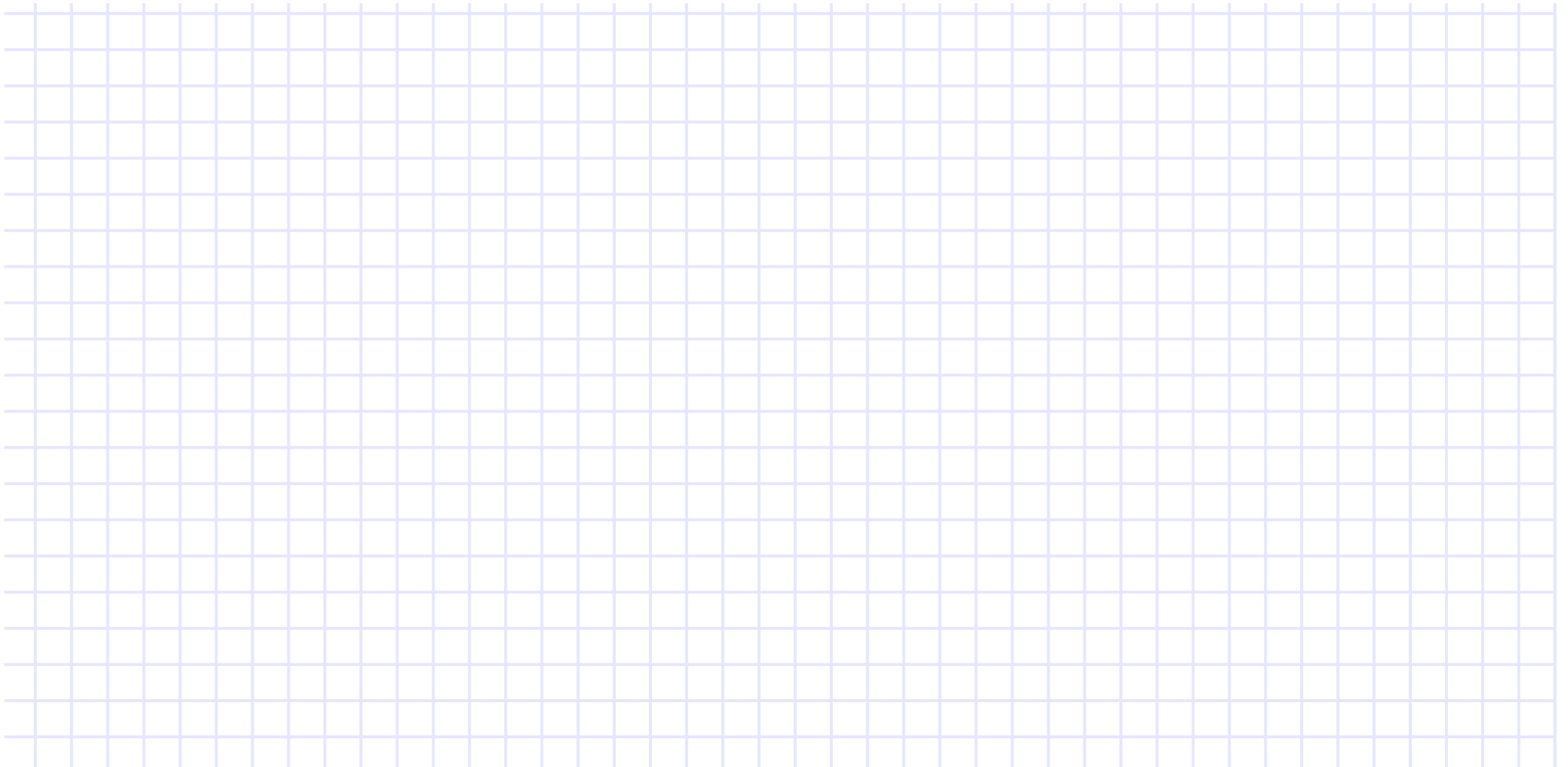


- 1– Les planètes tournent autour du Soleil en décrivant des ellipses dont cet astre occupe un des foyers.
- 2– Les aires des surfaces décrites par les rayons vecteurs sont proportionnelles aux temps employés à les balayer.
- 3– Les carrés des temps des révolutions des planètes autour du Soleil sont entre eux comme les cubes des grands axes de leurs orbites.

Grâce aux lois de Kepler, Newton arrive à l'expression de la force de gravitation.



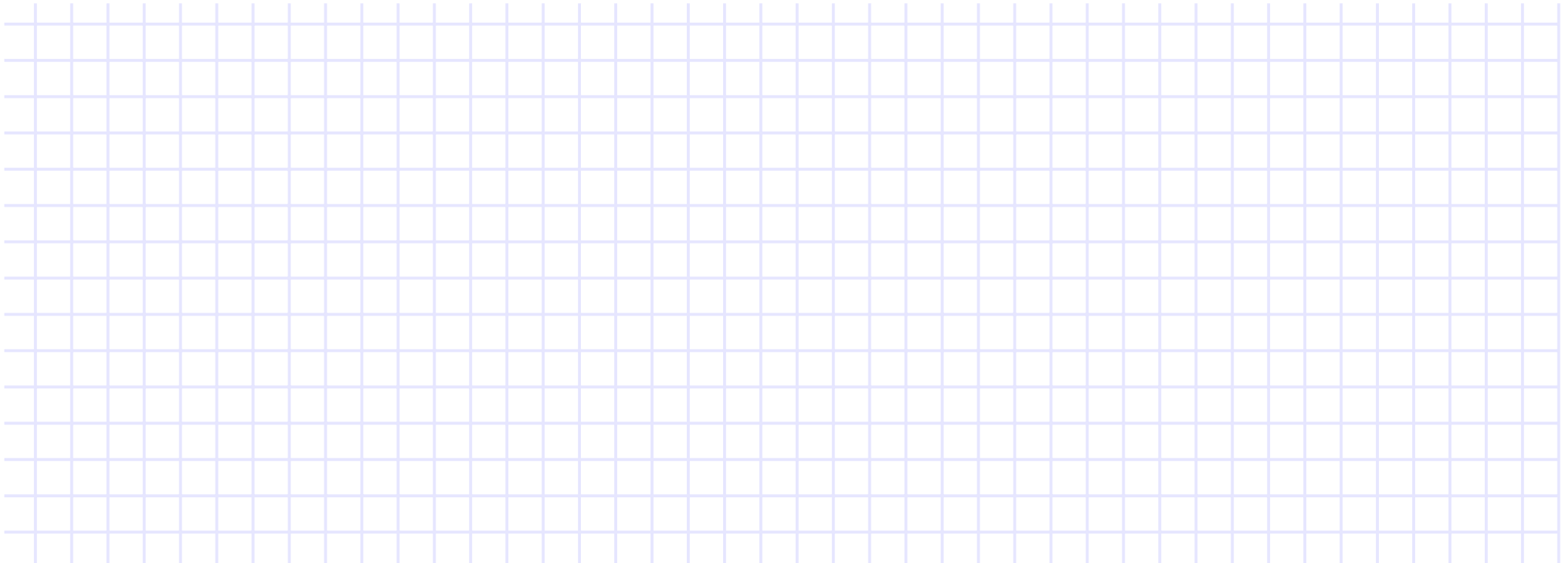
IX. Moment cinétique... 3 - Gravitation



Des lois de Newton on retrouve les lois de Kepler (élargies)

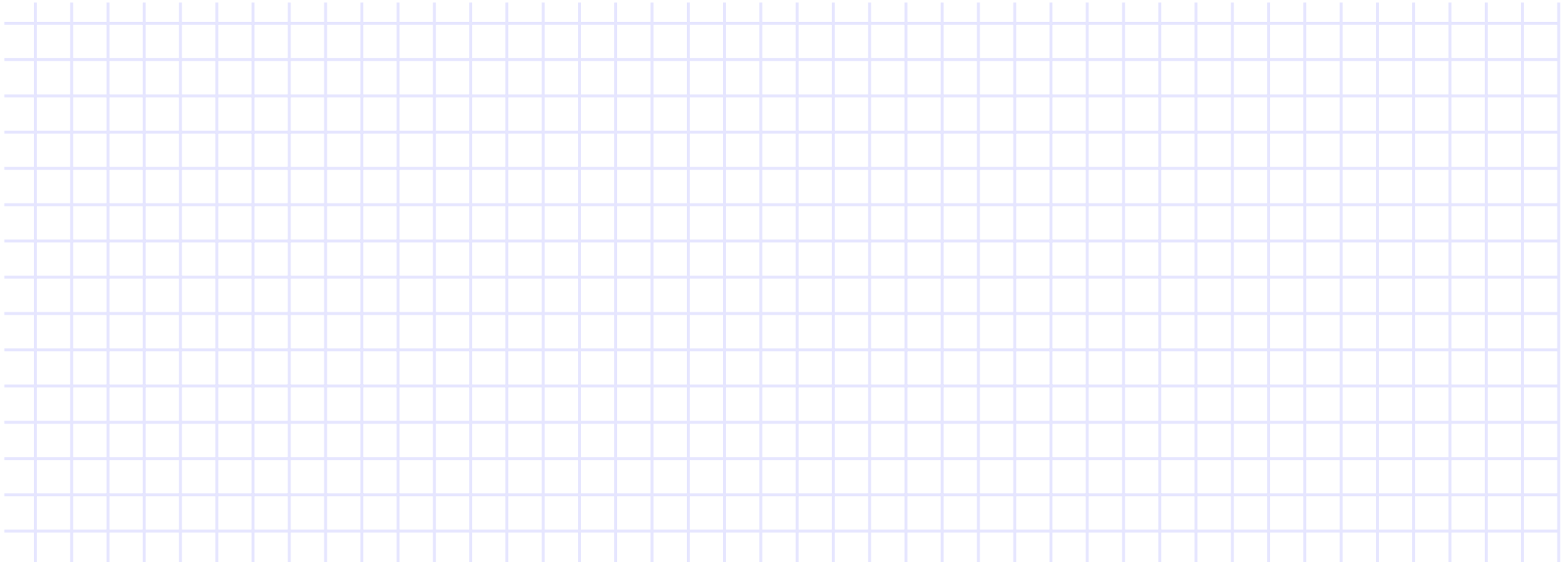
Des lois de Newton on retrouve les lois de Kepler (élargies)

Le mouvement d'un objet dans le champ de gravitation créé par une masse ponctuelle est une cône. La masse ponctuelle occupe le foyer.

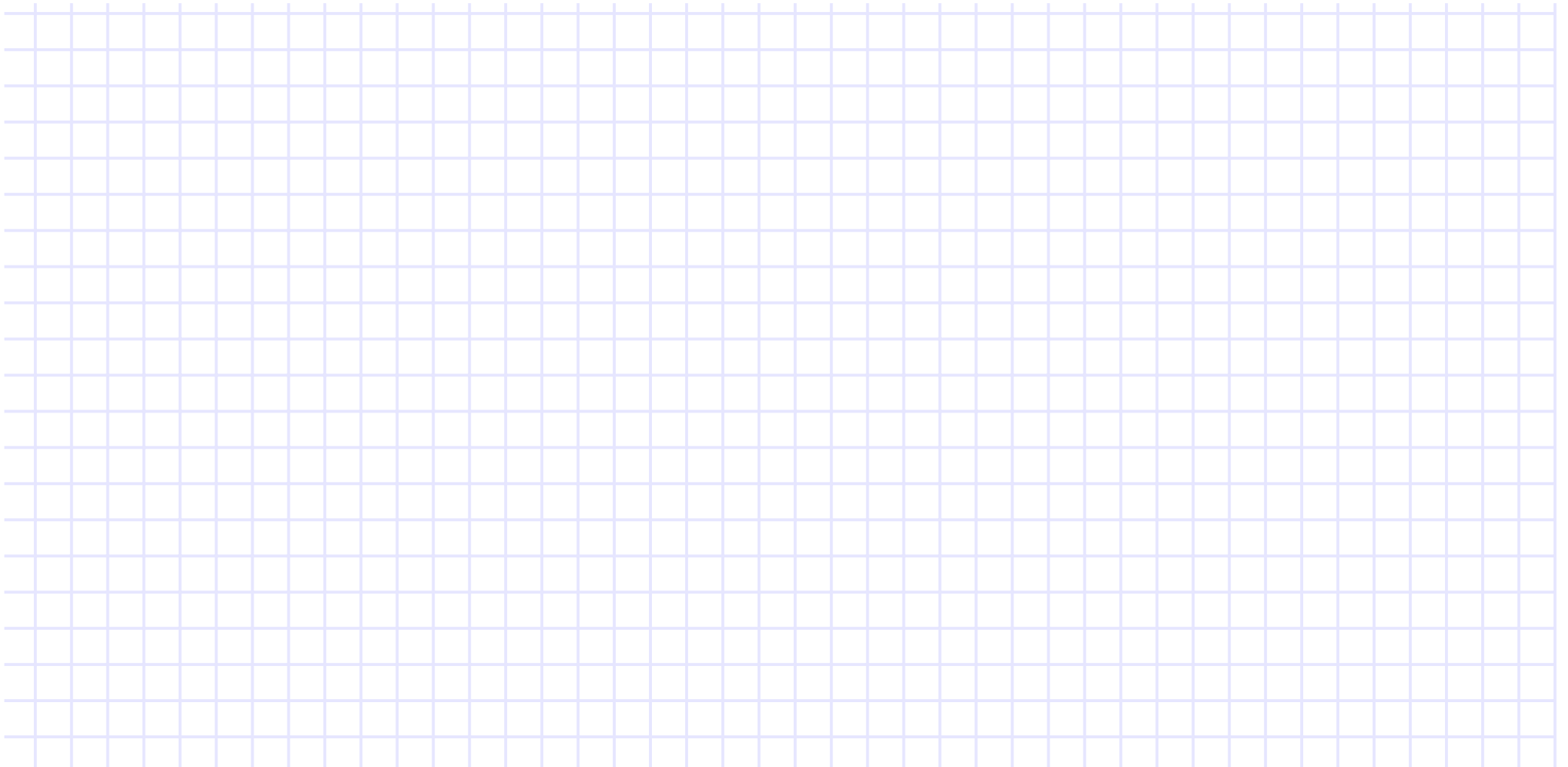


Cas le plus simple : mouvement circulaire

analyser le mouvement ; montrer qu'il est uniforme ; Calculer la vitesse en fonction du rayon de la trajectoire.

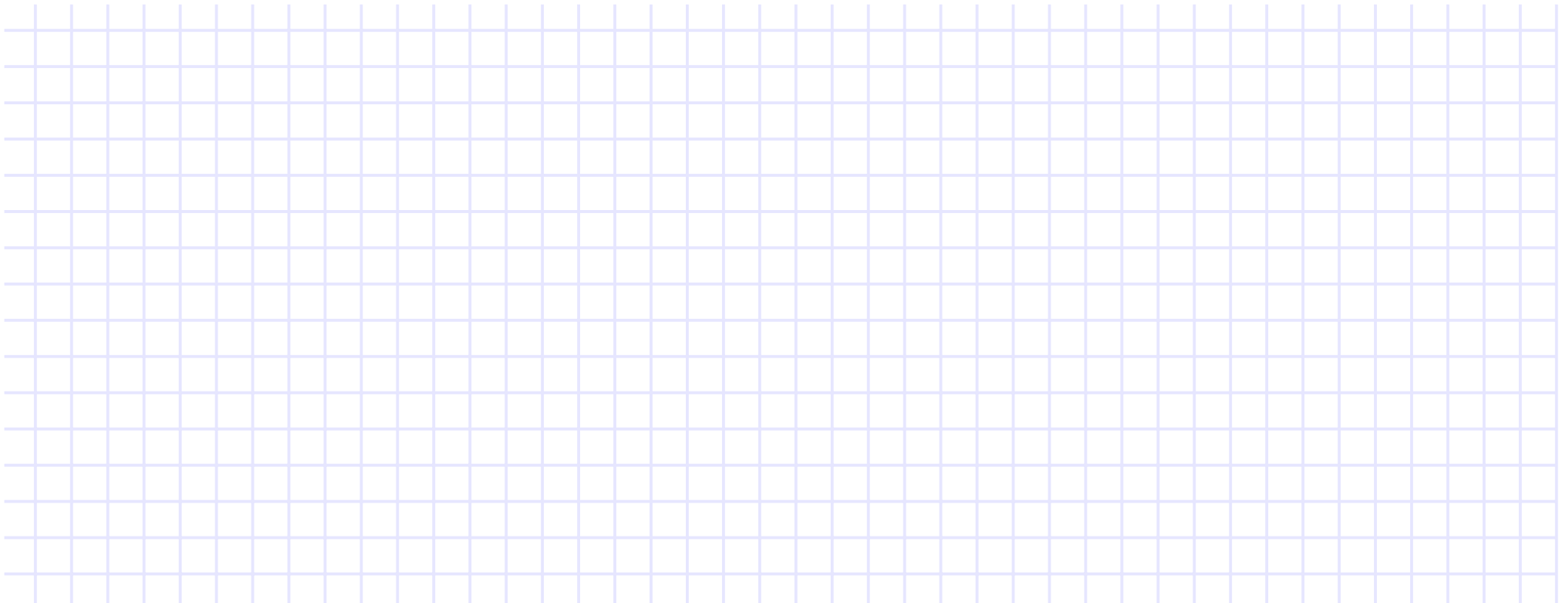


IX. Moment cinétique... 3 - Gravitation



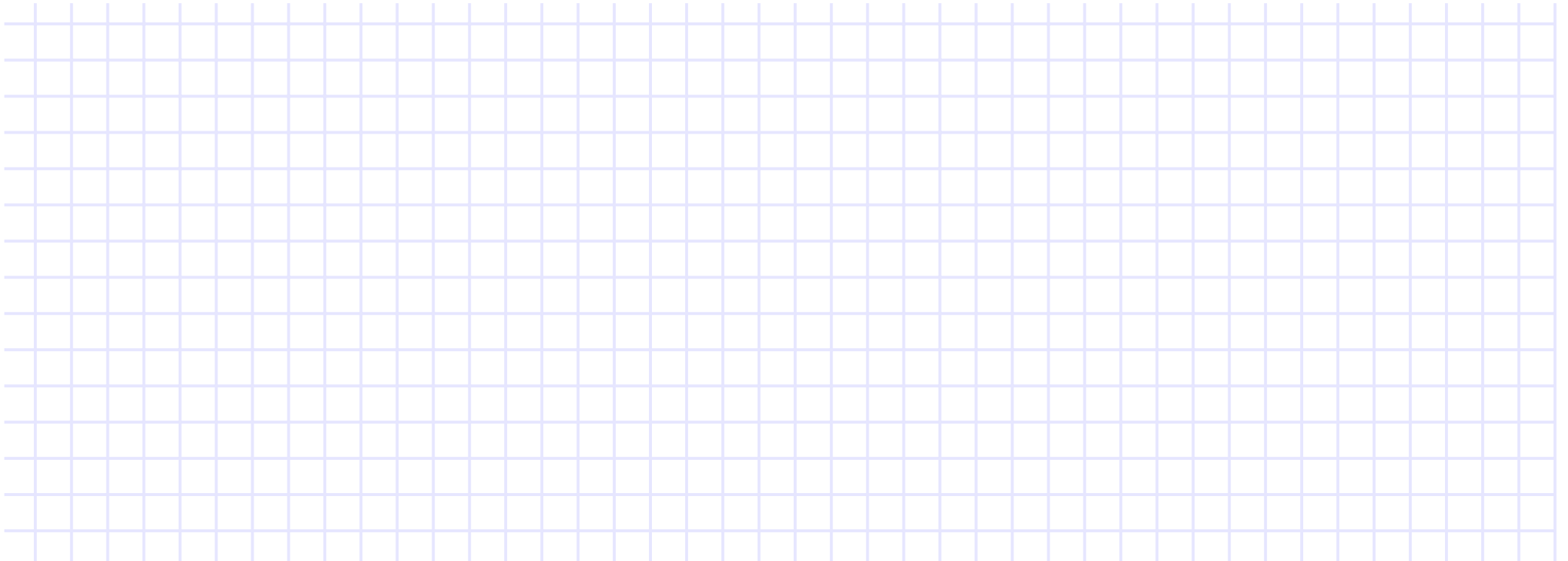
4 - Analyse énergétique de la force gravitationnelle

Énergie potentielle de gravitation :



Vitesse de libération

Quelle est la vitesse de libération d'un objet sur Terre ? (Vitesse qu'il faut communiquer à un objet pour qu'il échappe à l'attraction gravitationnelle de la terre)



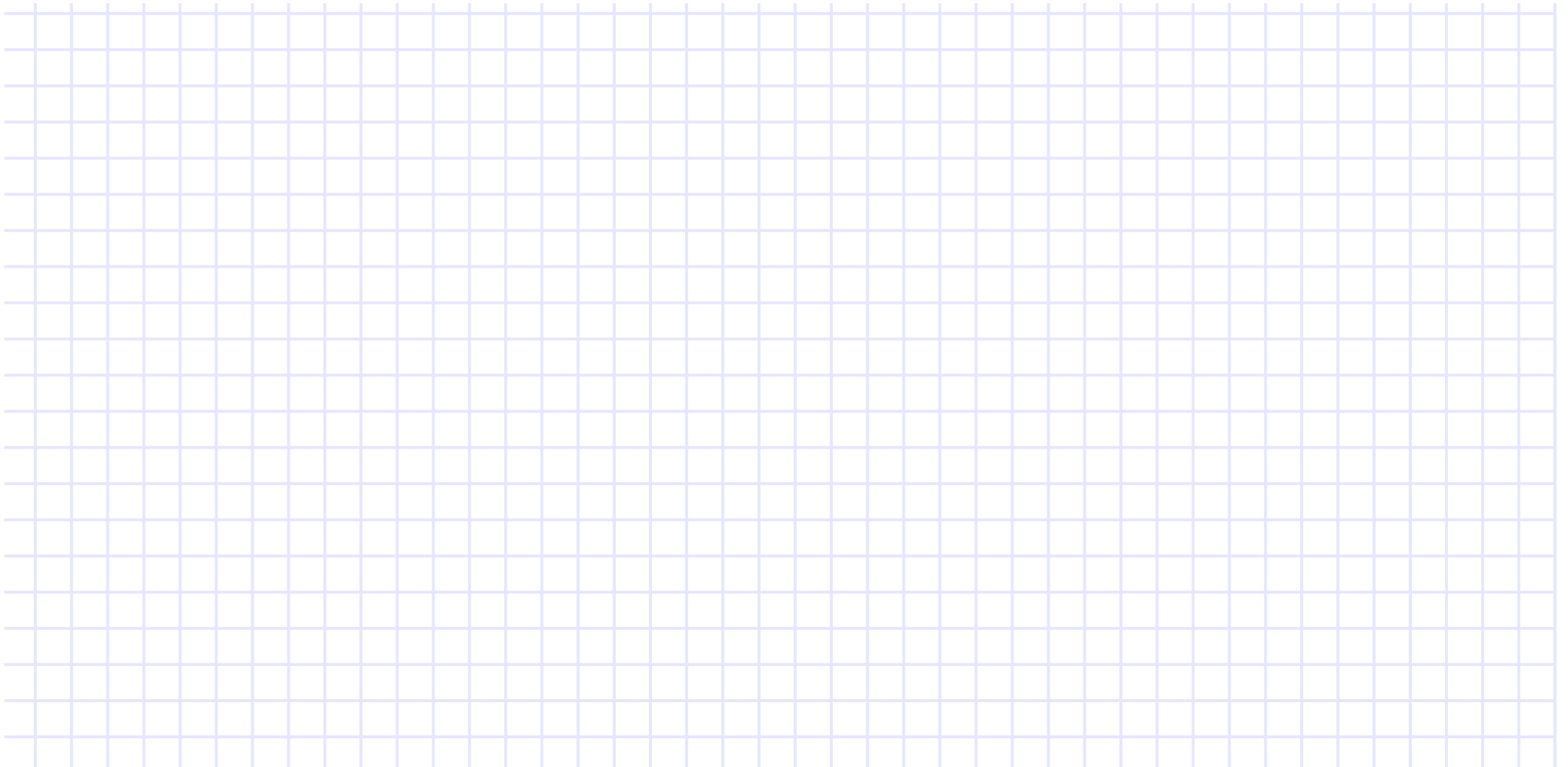
Notion d'énergie potentielle effective

Conservation de l'énergie

$$E = E_c + E_p = \text{cte}$$
$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM}{r} = \text{cte}$$



IX. Moment cinétique... 4 - Analyse énergétique de la force gravitationnelle



$$E = \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + \frac{1}{2}\frac{L_O^2}{mr^2} - \frac{GmM}{r}$$

