

IV - Balistique

Prof. Cécile Hébert

5 octobre 2021

Plan du cours

- I - Cinématique
- II - Référentiel accélérés
- III - Lois de Newton
- IV - Balistique – effet d'une force constante et uniforme
- V - Bilan des 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 - Poids d'un objet
- 2 - Cas d'un lancer vertical (1 dimension)
- 3 - Cas général
- 4 - Trajectoire, hauteur maximale, point d'impact
- 5 - Portée maximale ou atteindre une cible
- 6 - Temps de vol
- 7 - Parabole de sûreté
- 8 - Effet de la rotation de la Terre

1 - Poids d'un objet

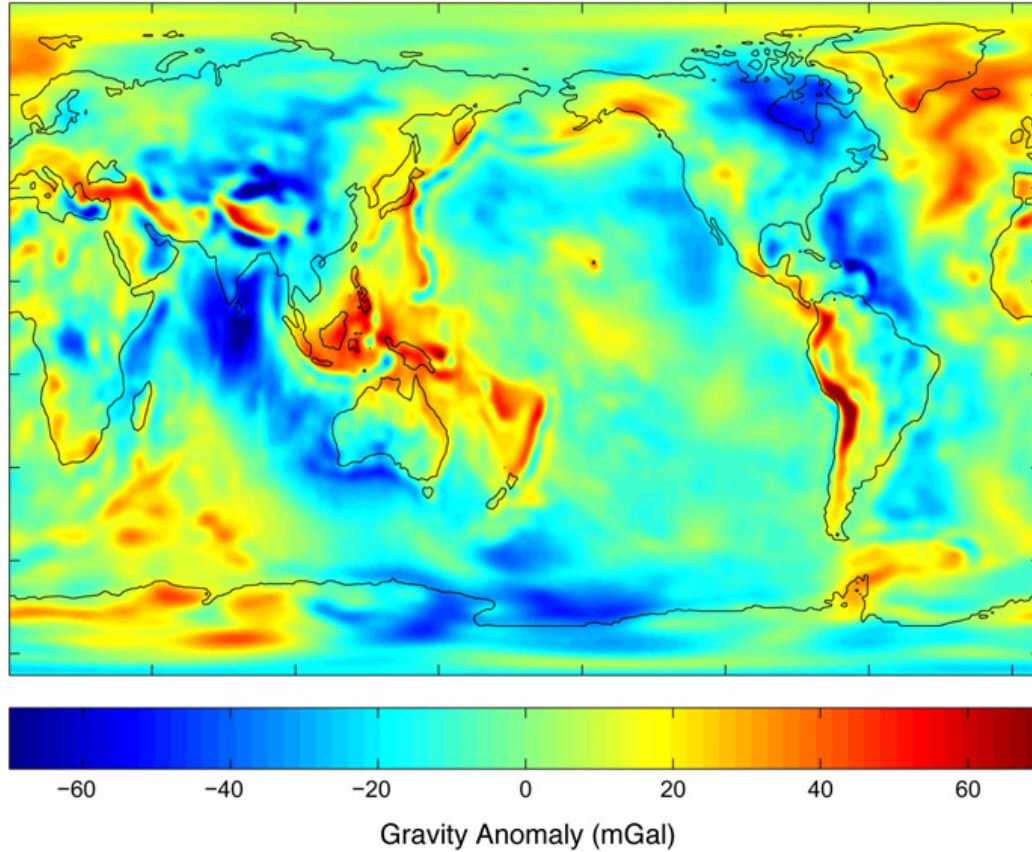
À l'échelle du laboratoire, la Terre est plate et l'accélération de la pesanteur \vec{g} dirigée vers le bas.

La force qui s'exerce sur une masse m est son poids \vec{P}

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

la masse est une propriété intrinsèque du corps. Le poids dépend du lieu (le poids d'un cosmonaute n'est pas le même sur Terre et sur la lune...)

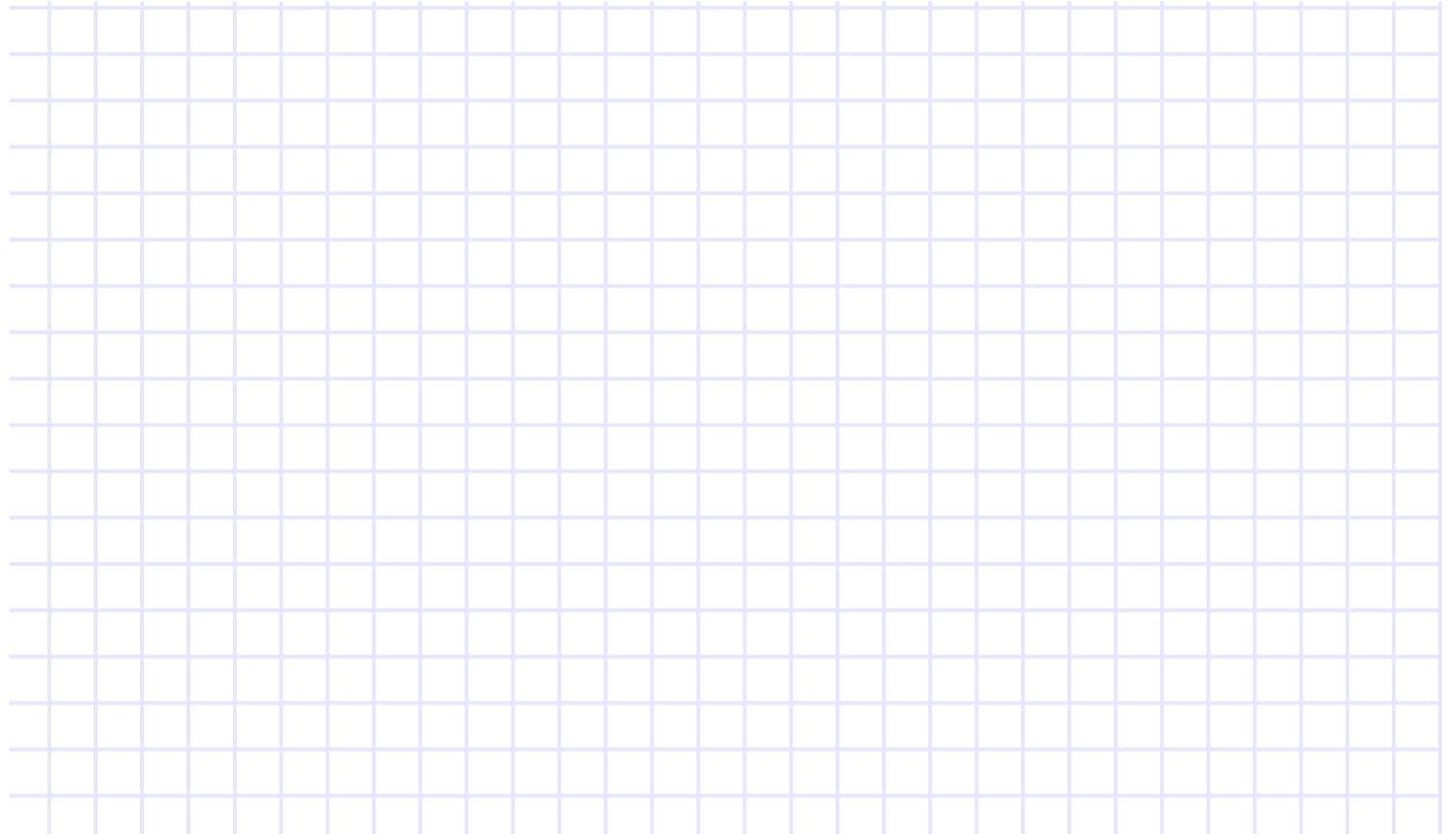
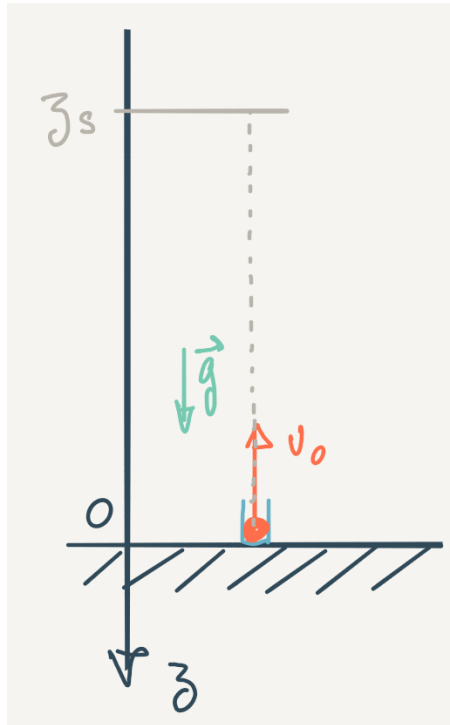
IV - Balistique 1 - Poids d'un objet



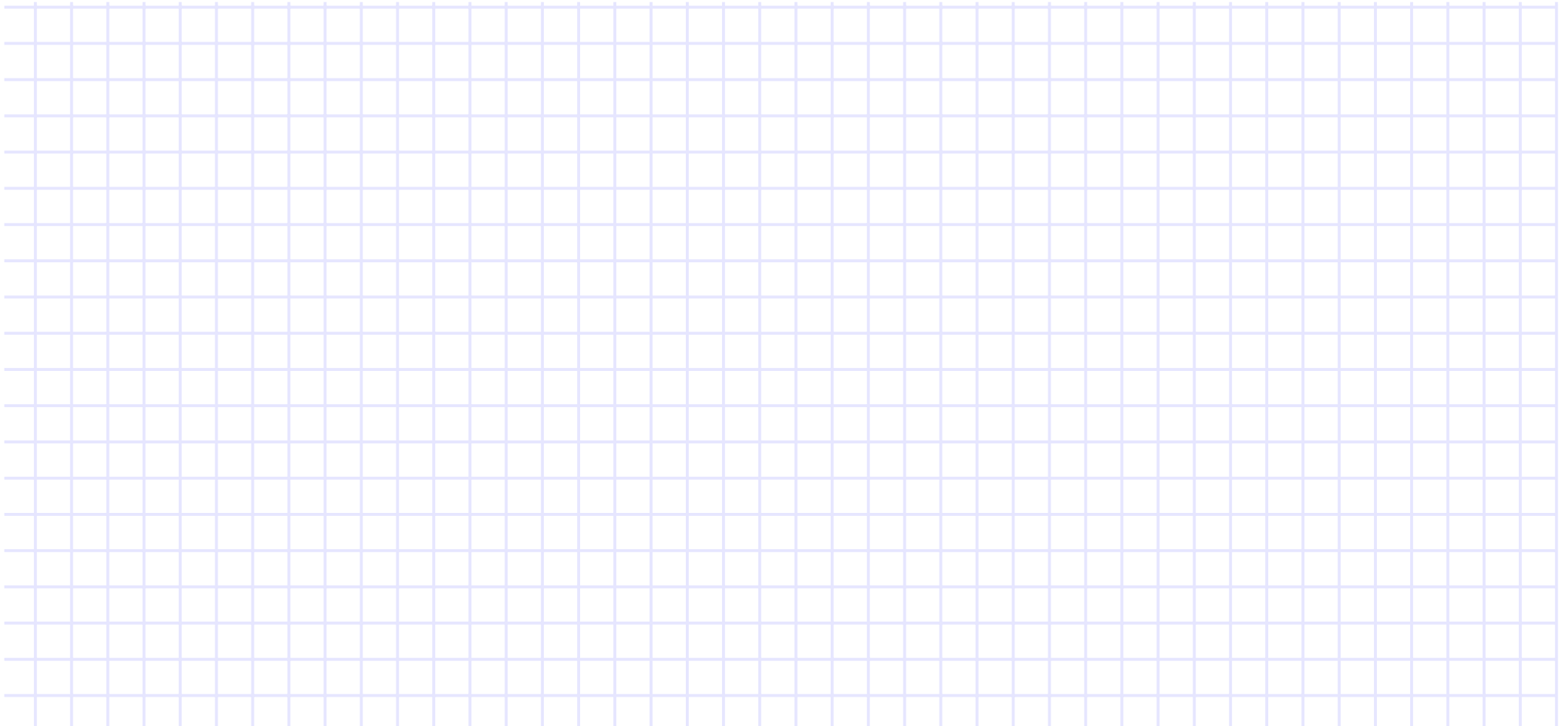
$$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$$

Anomalie de g par rapport à l'ellipsoïde aplati.

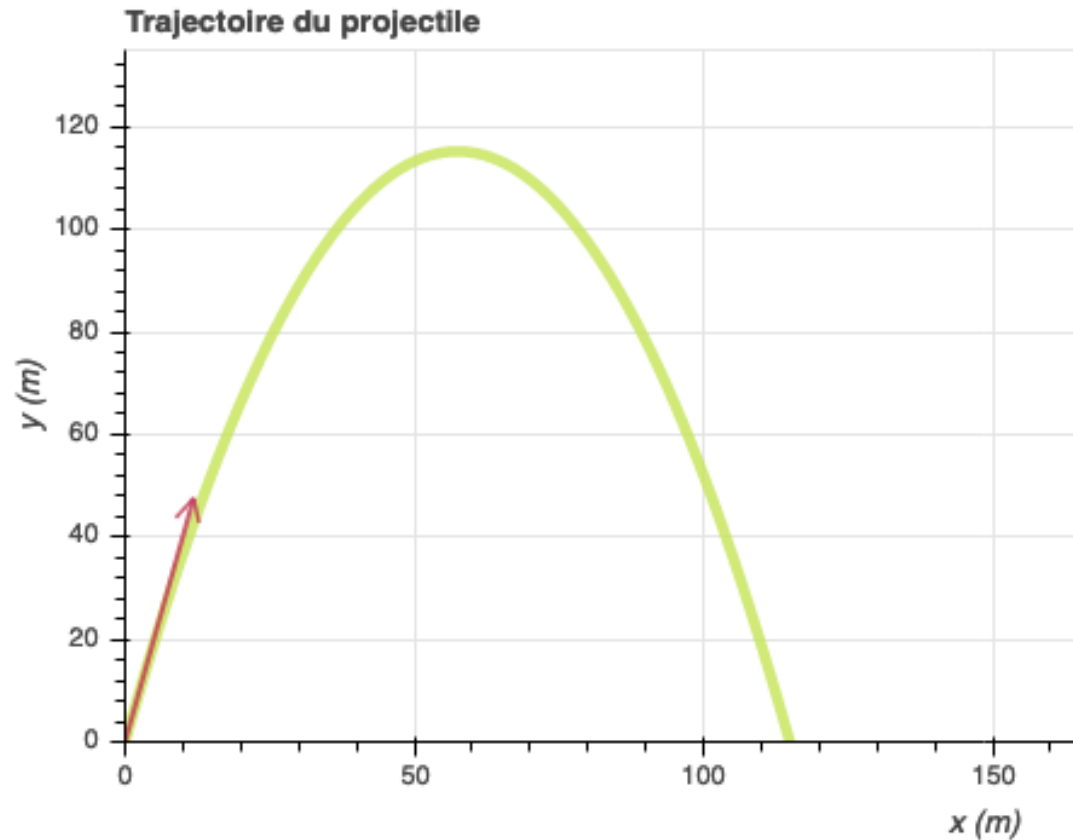
2 - Cas d'un lancer vertical (1 dimension)



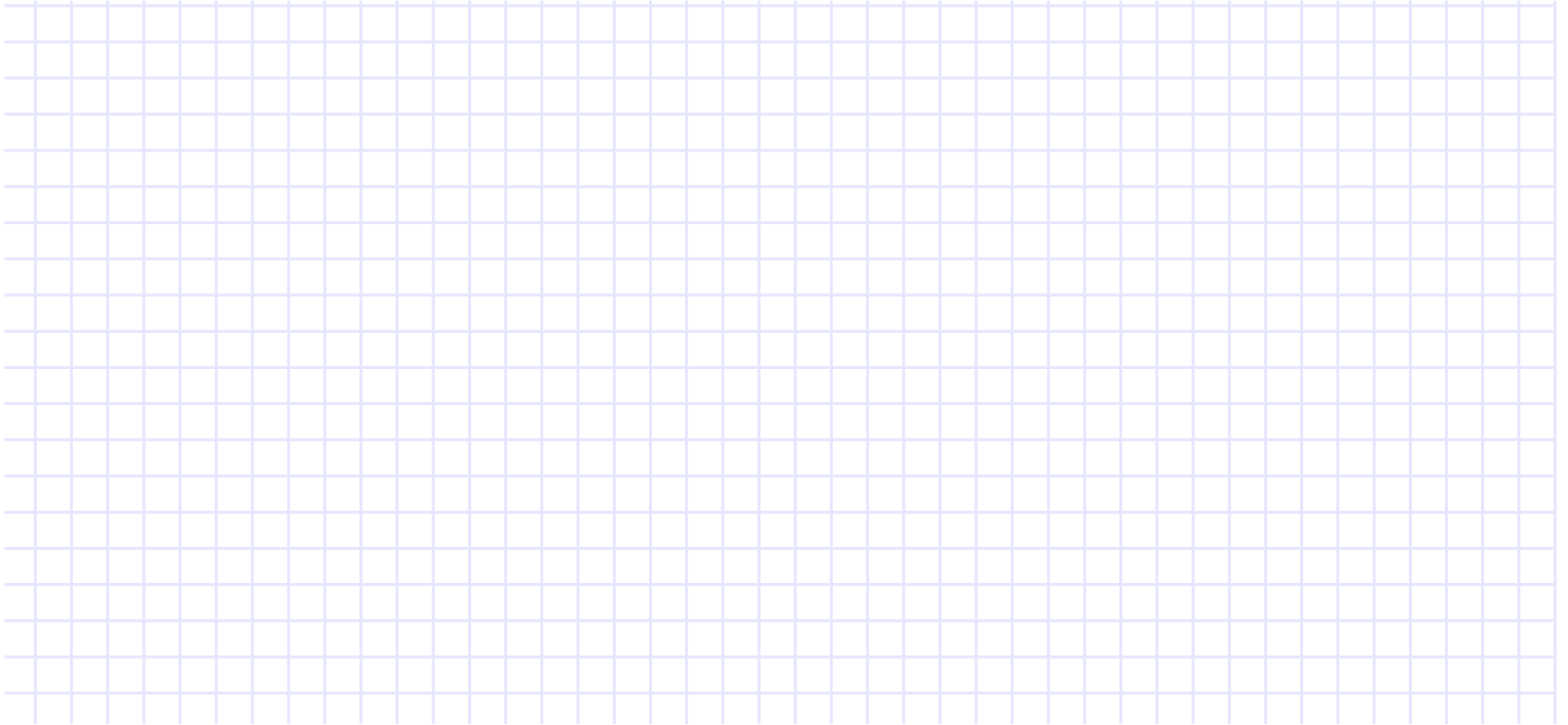
IV - Balistique 2 - Cas d'un lancer vertical (1 dimension)



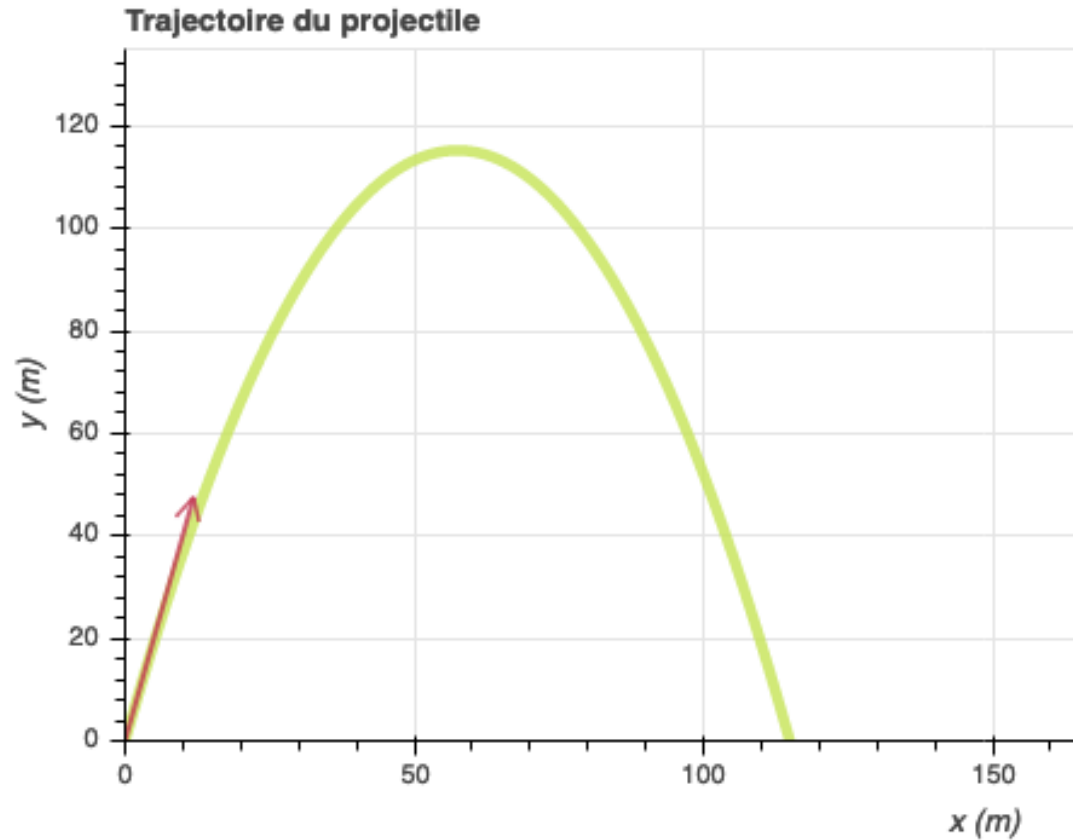
3 - Cas général



IV - Balistique 3 - Cas général



IV - Balistique 3 - Cas général



$$\vec{a} \left| \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ -g \end{array} \right.$$

$$\vec{v} \left| \begin{array}{c} v_0 \cos \theta \\ 0 \\ -gt + v_0 \sin \theta \end{array} \right.$$

$$\vec{r} \left| \begin{array}{c} (v_0 \cos \theta) t \\ 0 \\ -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \theta) t \end{array} \right.$$

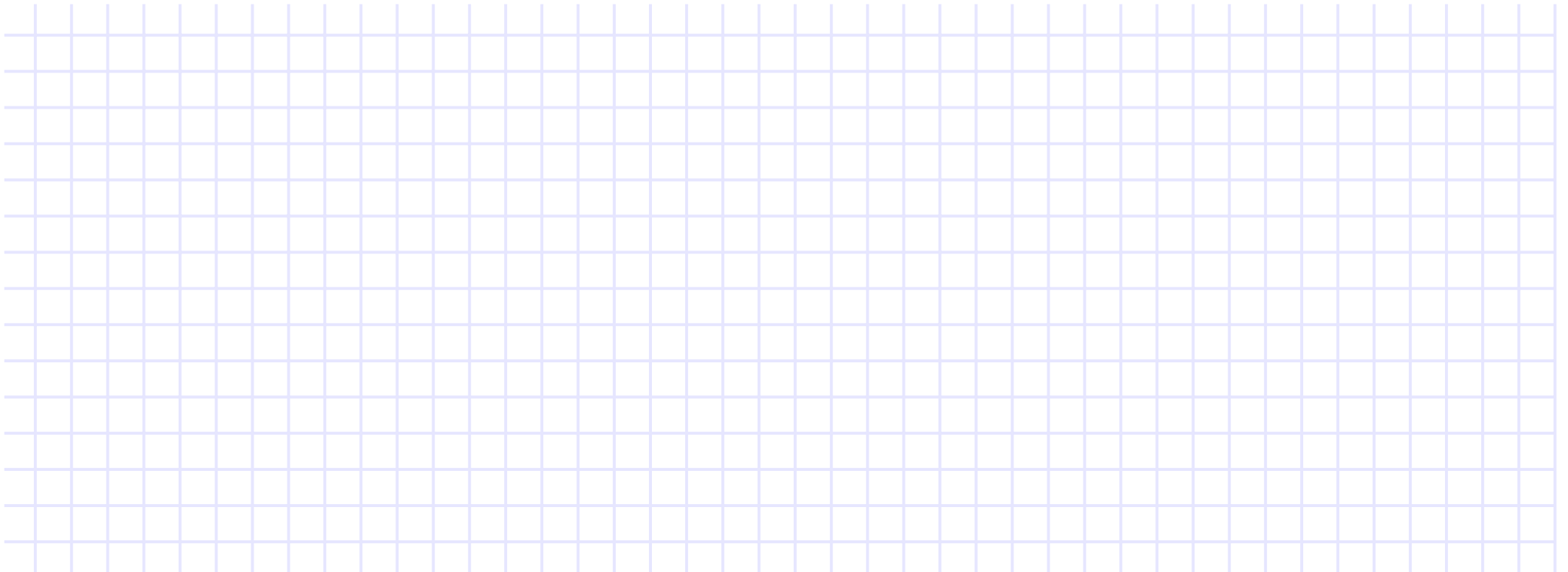
4 - Trajectoire, hauteur maximale, point d'impact

Chercher la trajectoire, c'est chercher z en fonction de x

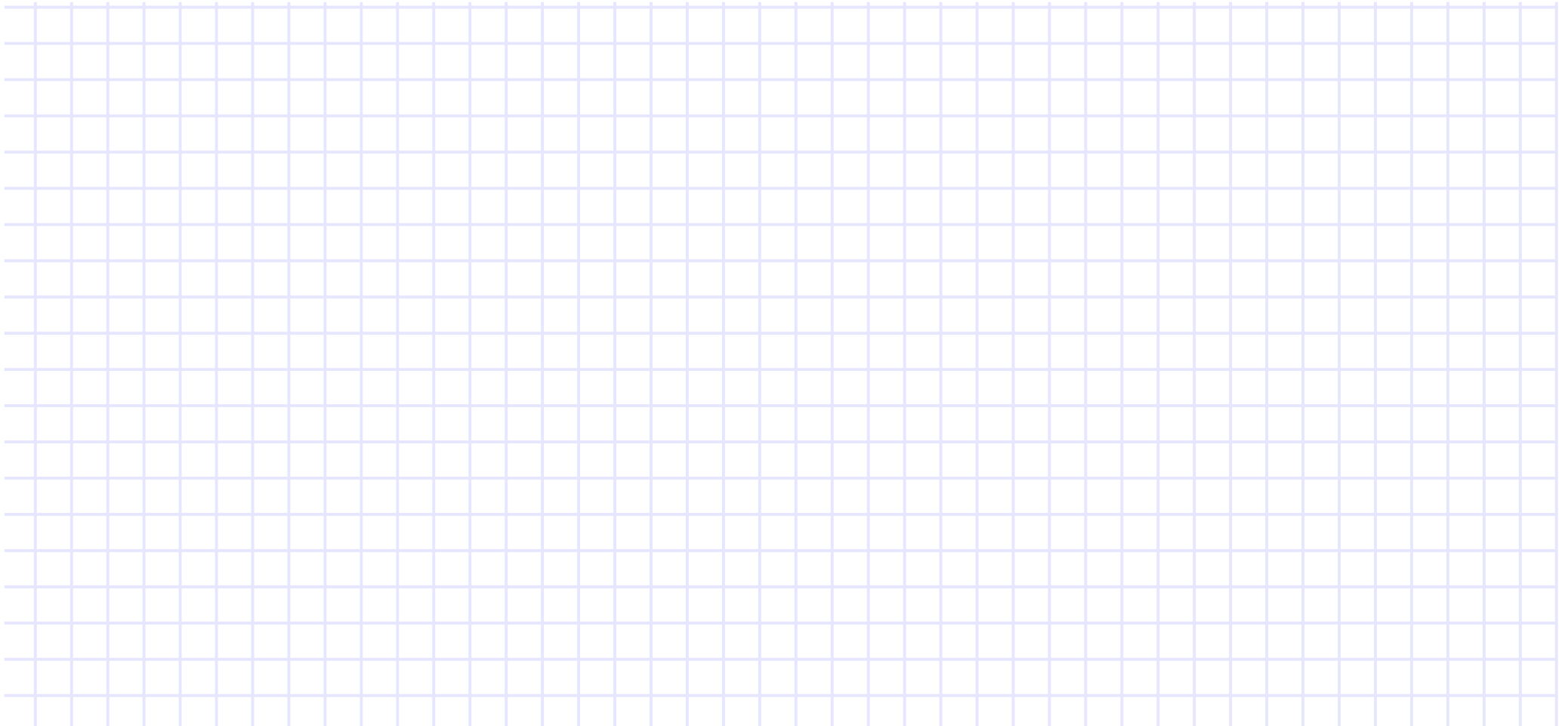
$$\vec{a} \left| \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -g \end{array} \right. \quad \vec{v} \left| \begin{array}{l} v_0 \cos \theta \\ 0 \\ -gt + v_0 \sin \theta \end{array} \right. \quad \vec{r} \left| \begin{array}{l} (v_0 \cos \theta) t \\ 0 \\ -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin \theta) t \end{array} \right.$$

IV - Balistique 4 - Trajectoire, hauteur maximale, point d'impact

$$z = -\frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2 \cos^2 \theta} x^2 + \tan \theta x$$



IV - Balistique 4 - Trajectoire, hauteur maximale, point d'impact



Sommet S :

$$S \left| \begin{array}{l} \frac{v_0^2}{g} \sin \theta \cos \theta \\ 0 \\ \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \theta \end{array} \right.$$

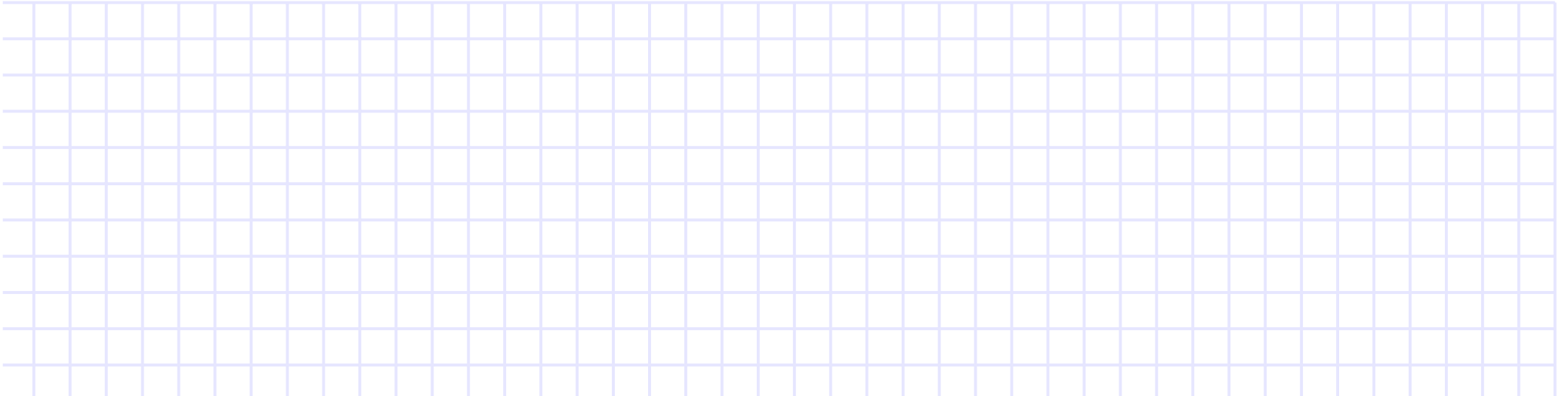
Point d'impact A

$$A \left| \begin{array}{l} 2 \frac{v_0^2}{g} \sin \theta \cos \theta \\ 0 \\ 0 \end{array} \right.$$

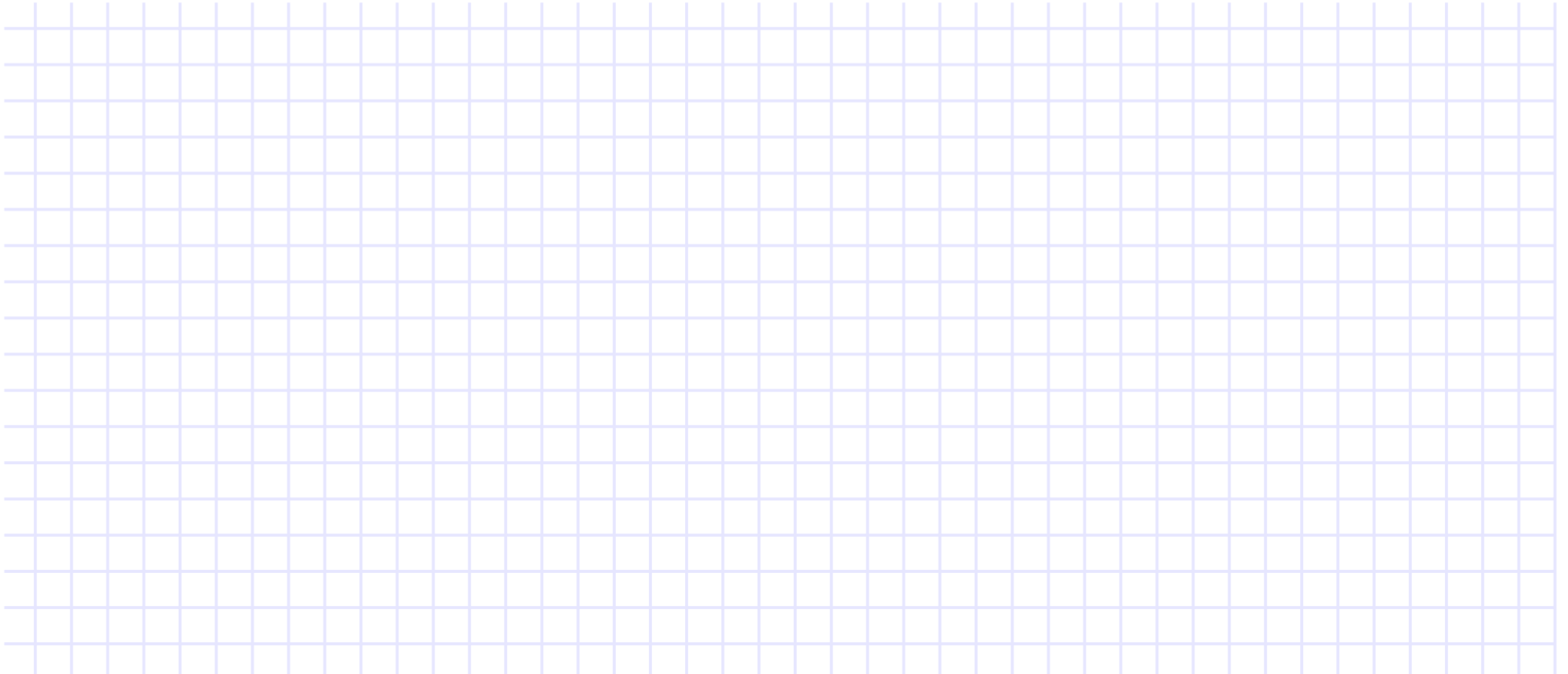
5 - Portée maximale ou atteindre une cible

On veut lancer le plus *loin* possible. A est le point d'impact :

$$A \begin{vmatrix} 2 \frac{v_0^2}{g} \sin \theta \cos \theta \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$



Atteindre une cible en B (x_B)



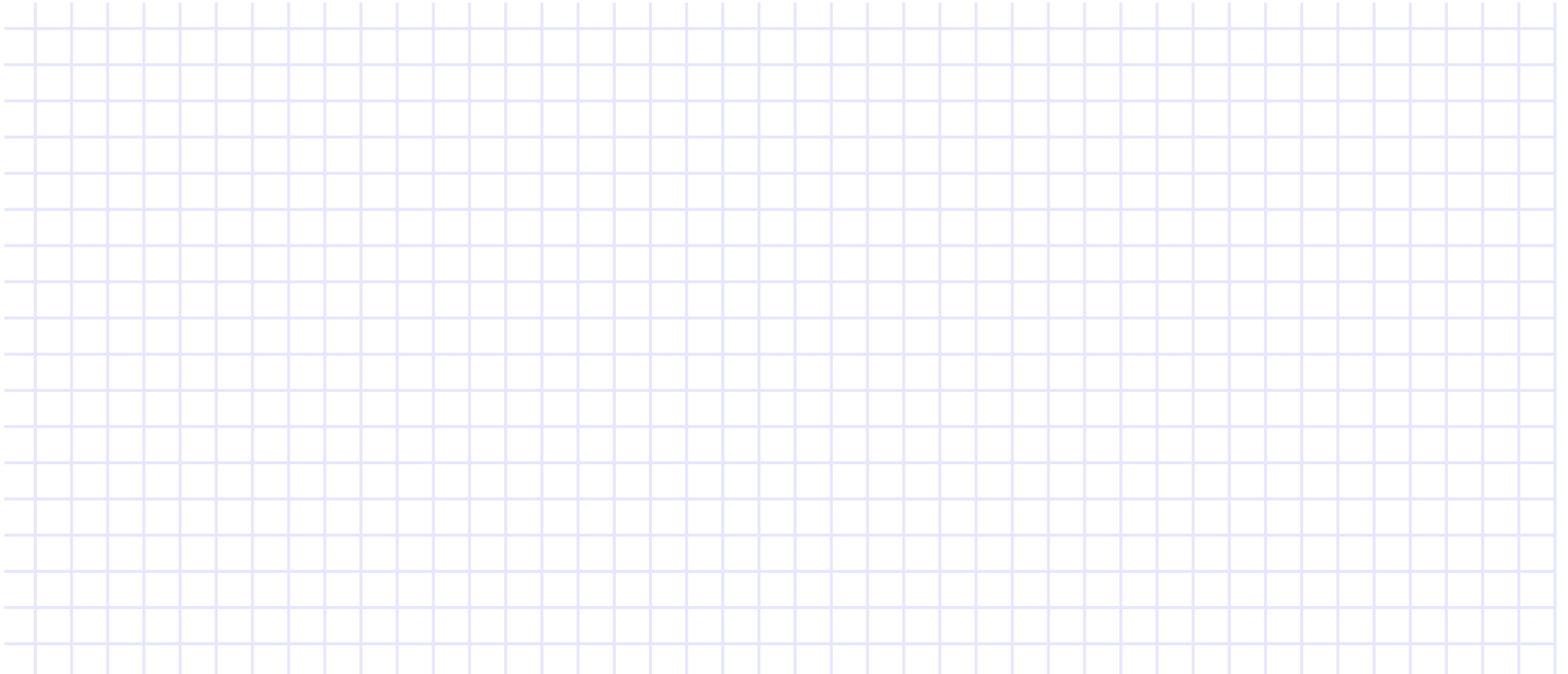
6 - Temps de vol

À quel temps t_A l'objet est-il en A ?

$$\vec{r}_A \left| \begin{array}{l} (v_0 \cos \theta) t_A \\ 0 \\ -\frac{1}{2} g t_A^2 + (v_0 \sin \theta) t_A \end{array} \right. = \left| \begin{array}{l} \frac{2v_0^2}{g} \sin \theta \cos \theta \\ 0 \\ 0 \end{array} \right.$$

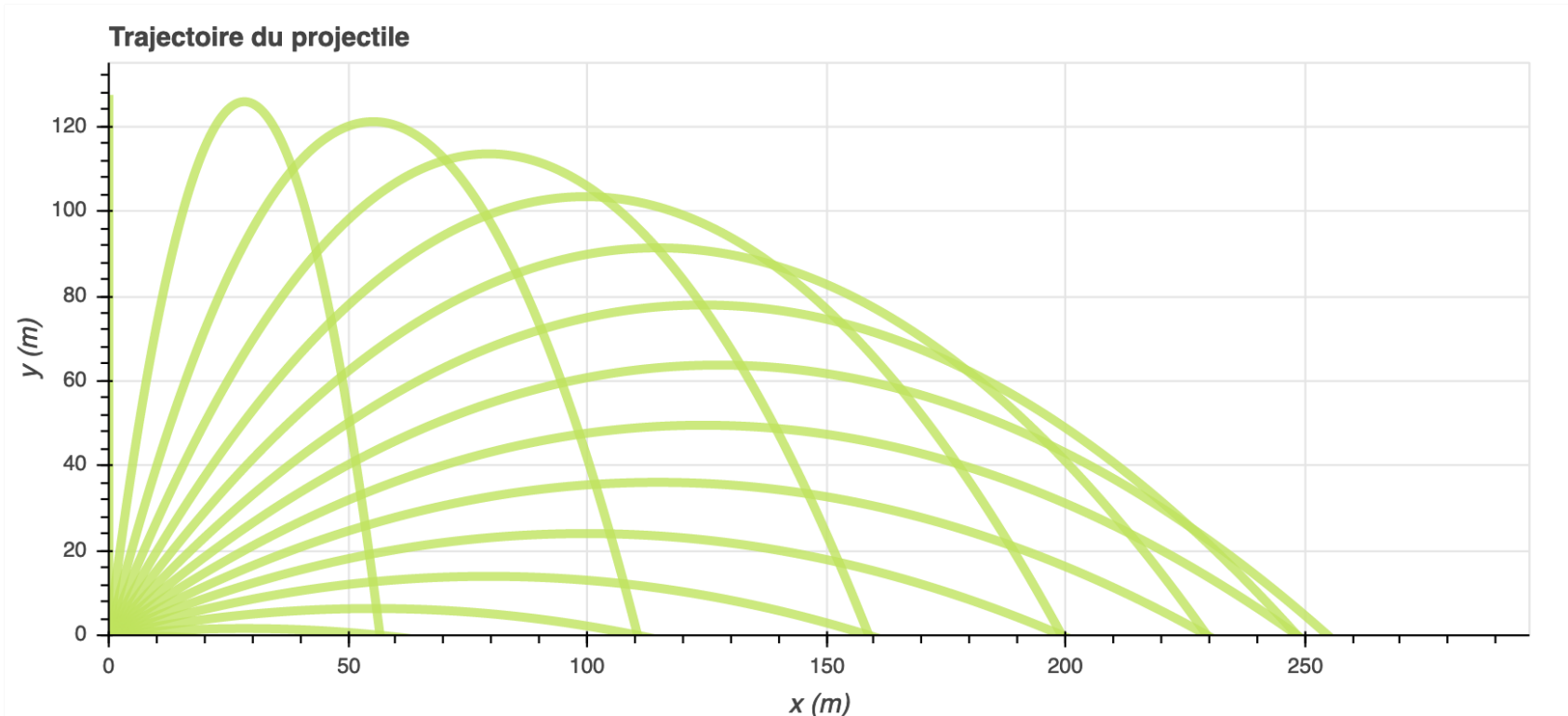
$$t_A = 2 \left(\frac{v_0}{g} \right) \sin \theta.$$

Analyse conceptuelle

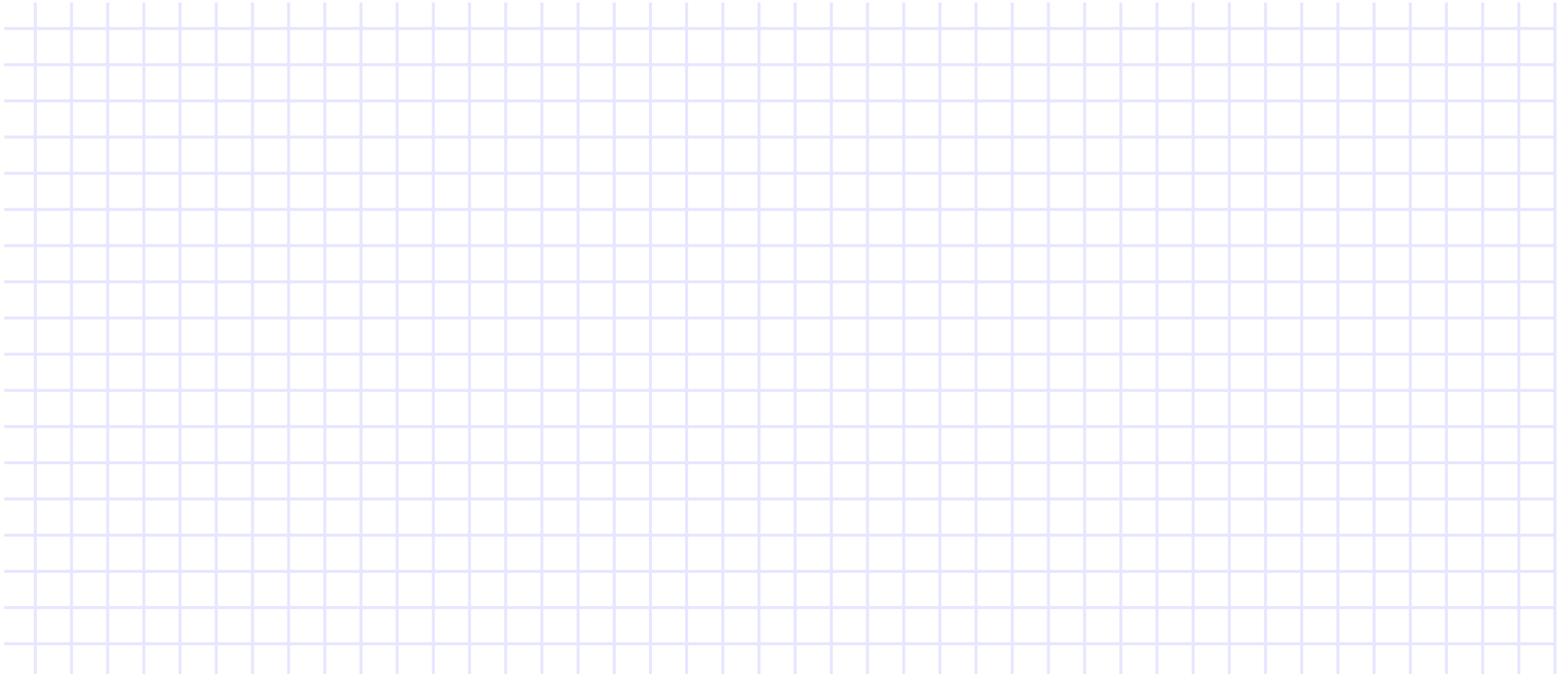


7 - Parabole de sureté

Parabole de sureté. Pour une vitesse initiale v_0 donnée, un projectile ne peut pas atteindre les points en dehors de la parabole de sureté.

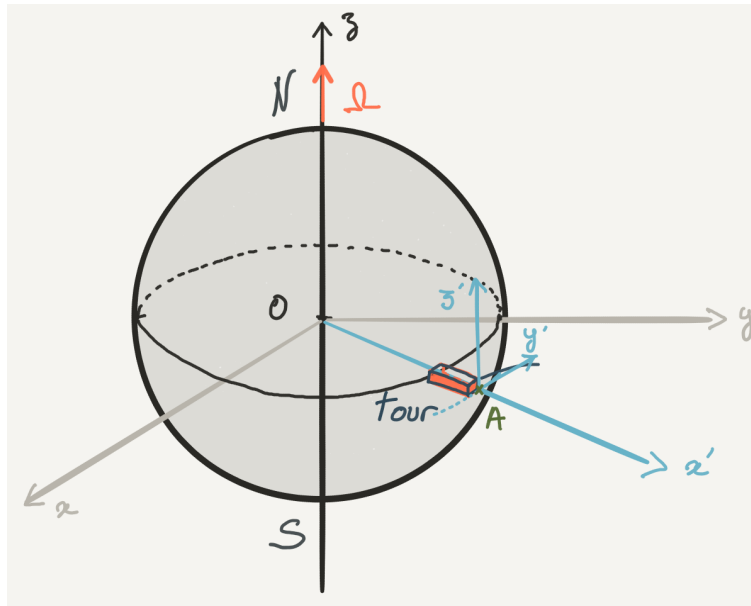


Calcul "intuitif", ne prenant en compte que les vitesses de rotations :



Calcul complet

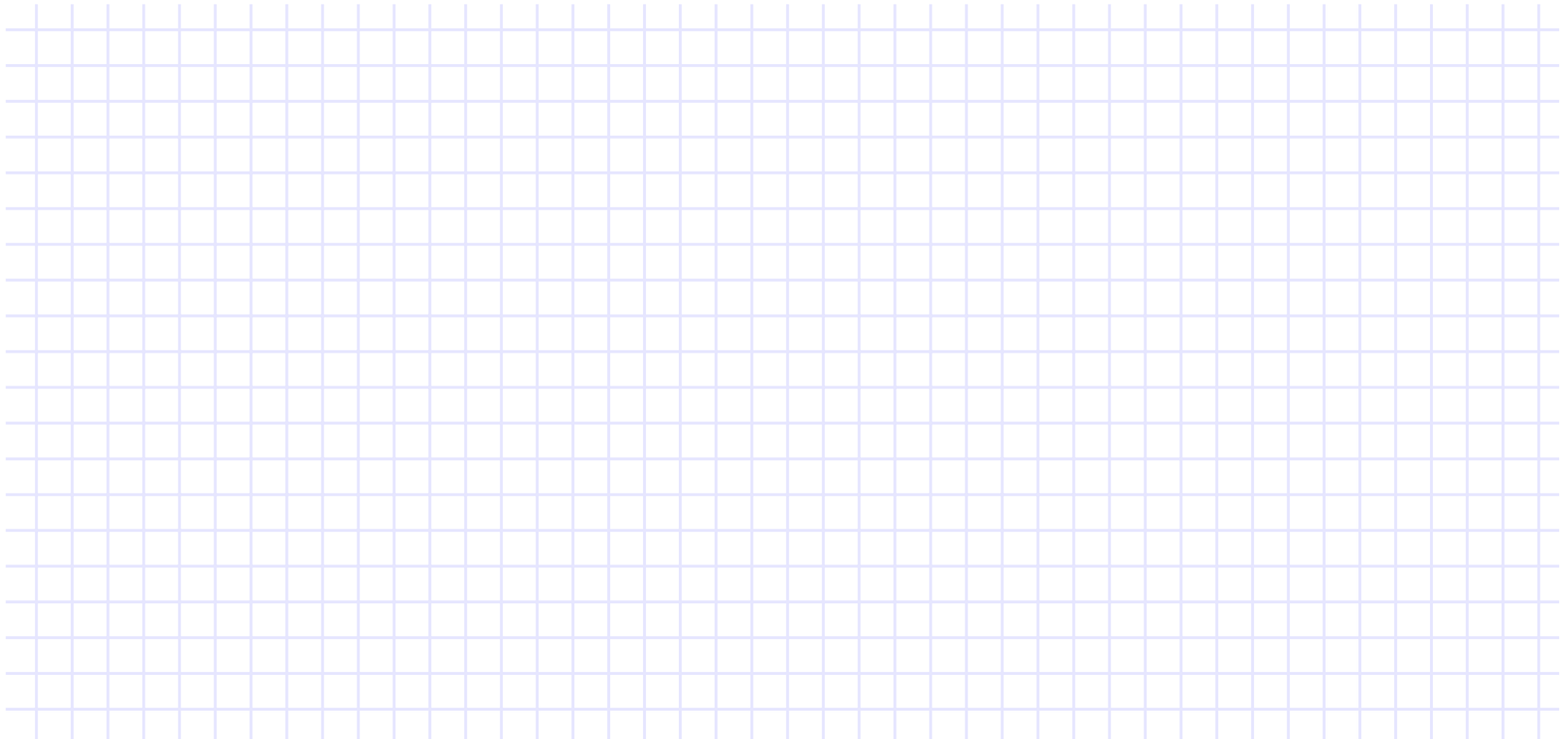
On prend un repère $\mathcal{R}(O, x, y, z)$ fixe avec O centre de la Terre et un repère lié à la tour $\mathcal{R}'(A, x', y', z')$. A est le sommet de la tour (point d'où on lâche la pierre).



IV - Balistique 8 - Effet de la rotation de la Terre



IV - Balistique 8 - Effet de la rotation de la Terre



IV - Balistique 8 - Effet de la rotation de la Terre



Ferdinand Reich 1799–1882

Expérience en 1833; $h = 158\text{m}$ $\lambda = 51^\circ$

