

# Mécanique générale, classe inversée.

Semestre automne 2025

Introduction

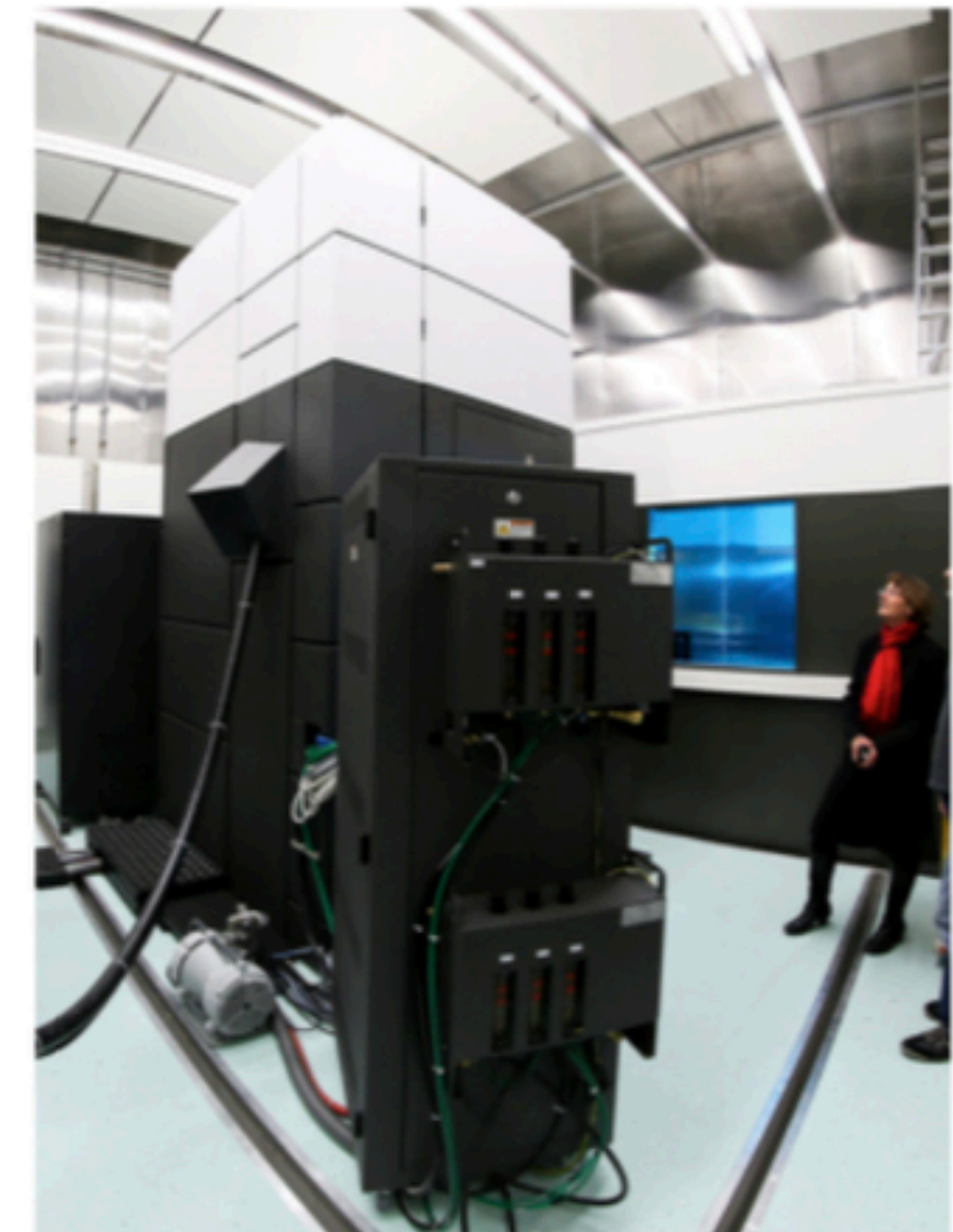
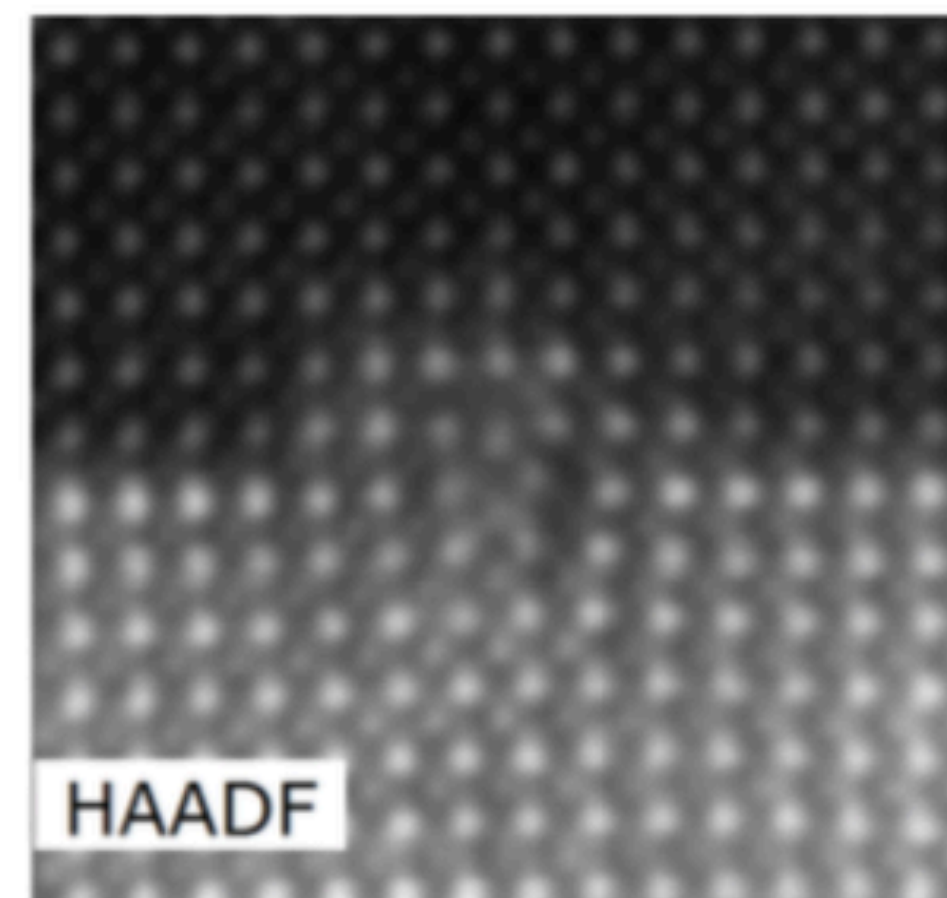
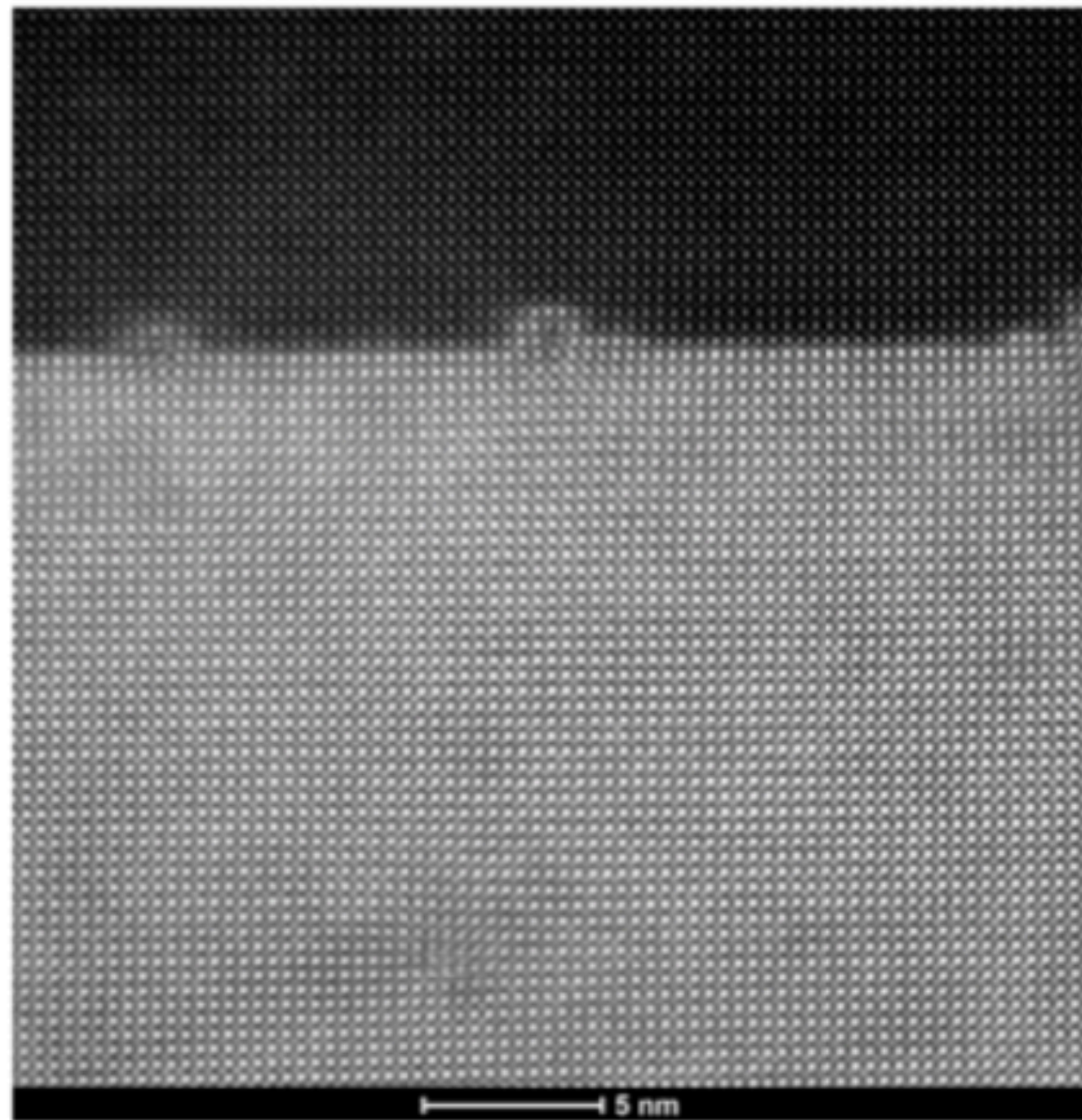
# Mon parcours

1998 Thèse de l'université Pierre et Marie Curie (Paris)

1998-2007 Université Technique de Vienne (Autriche)

2007- Professeure en physique EPFL.

Spécialité : microscopie électronique à transmission: microscopie analytique quantitative



# Pourquoi faire de la physique pour ma section ?

## Education « polytechnique »

### AOC:

- Strong mathematics
- Strong physics
- Computational thinking
- Bio/neuro knowledge
- Engineering know how

# Pourquoi faire de la physique pour ma section ?

---

Qu'est-ce que la physique ?

A quoi cela va-t-il me servir ?

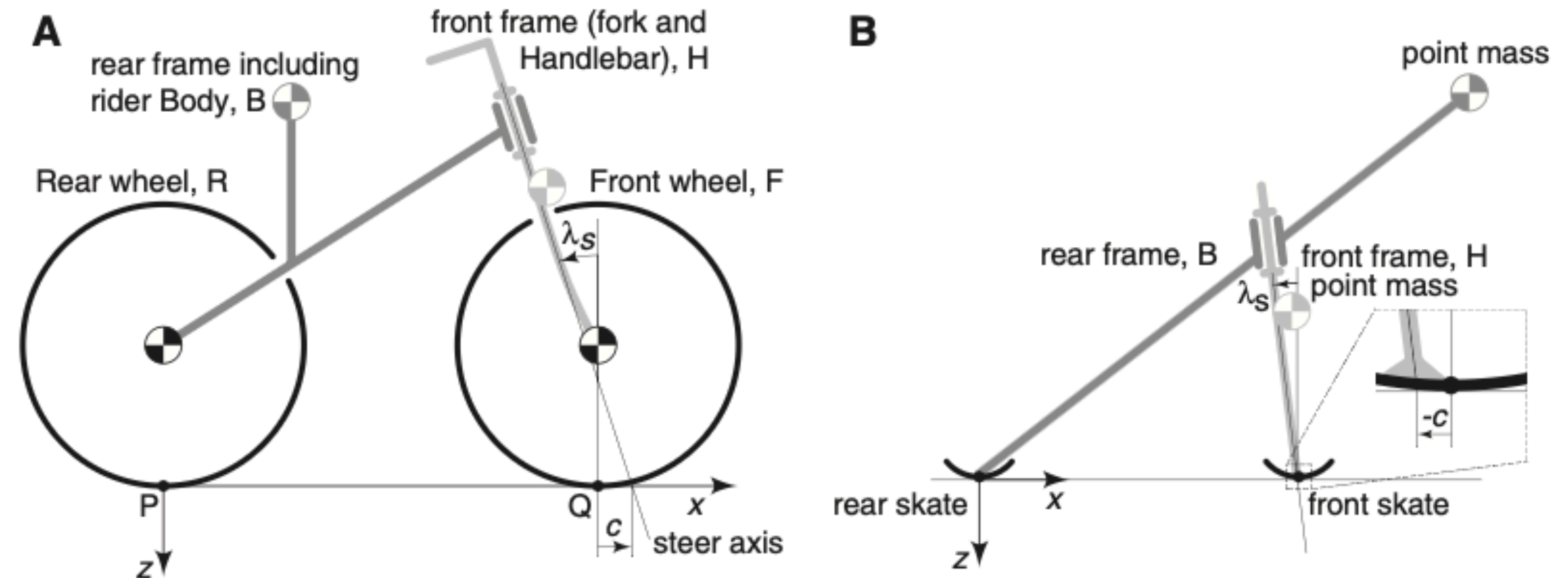
Pourquoi la mécanique ?

Pourquoi tant de maths ?

# Pourquoi faire de la physique pour ma section ?

## A Bicycle Can Be Self-Stable Without Gyroscopic or Caster Effects

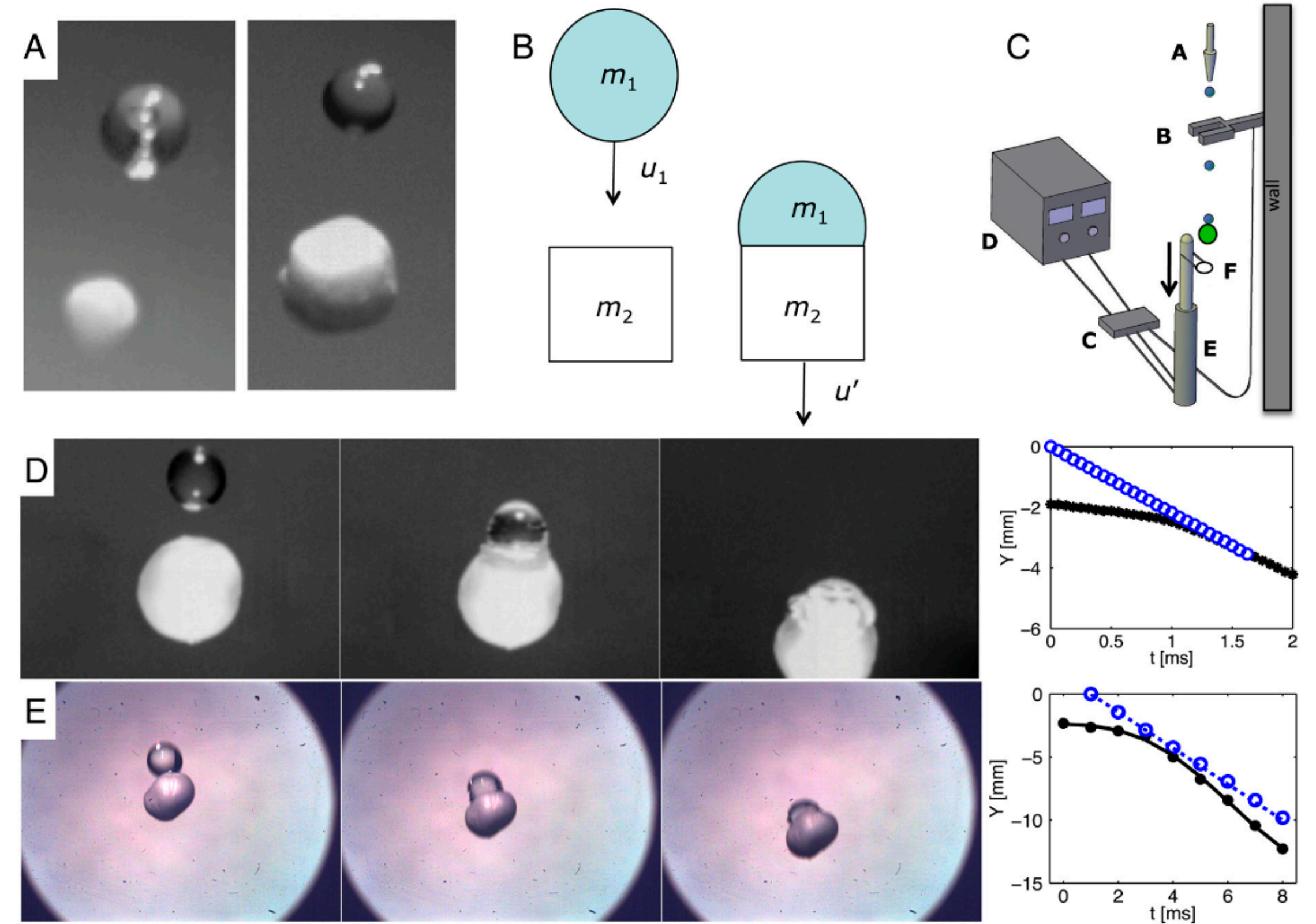
J. D. G. Kooijman,<sup>1</sup> J. P. Meijaard,<sup>2</sup> Jim M. Papadopoulos,<sup>3</sup> Andy Ruina,<sup>4\*</sup> A. L. Schwab<sup>1</sup>



# Pourquoi faire de la physique pour ma section ?

## Mosquitoes survive raindrop collisions by virtue of their low mass

Andrew K. Dickerson<sup>a</sup>, Peter G. Shankles<sup>a</sup>, Nihar M. Madhavan<sup>a</sup>, and David L. Hu<sup>a,b,1</sup>

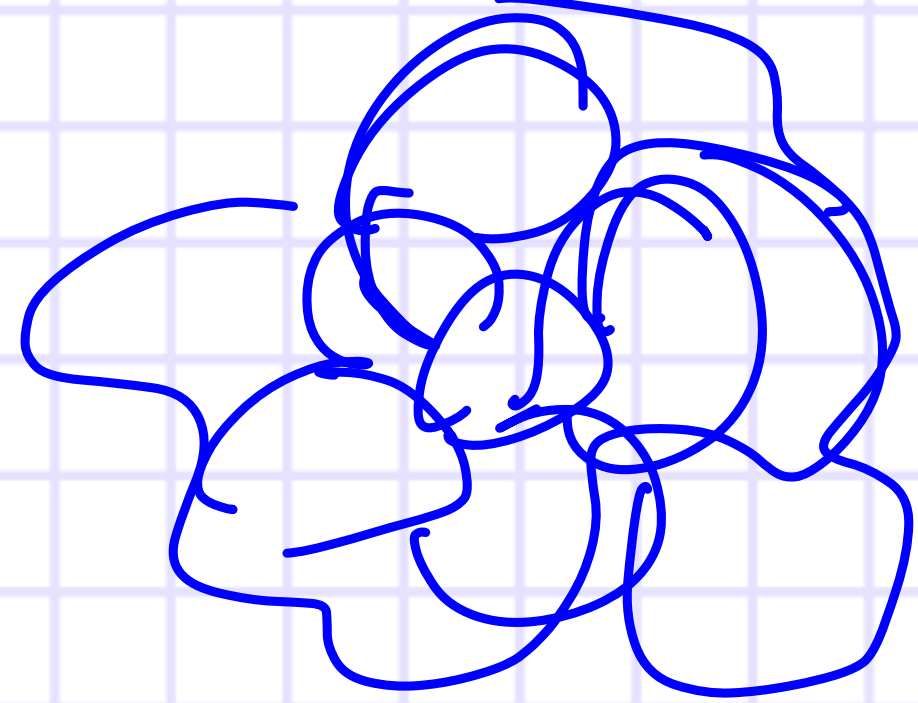


**Fig. 3.** (A) Insect mimics composed of variably sized Styrofoam spheres. Both small and large size are shown with respect to a drop. (B) Schematic of inelastic impact between drop and insect. (C) Schematic of apparatus used to strike insect mimics with drops, where (A) nozzle, (B) infrared laser sensor, (C) controller, (D) power supply, (E) pull-type solenoid, (F) material holder. (D and E) Video sequences of drop impact onto small (D) and large (E) insect mimics with respect to the drop. Graphs indicate the time course of the vertical positions of the drops and mimics, shown in blue and black, respectively. Note, in both cases, the velocity of the drop is only slightly influenced.

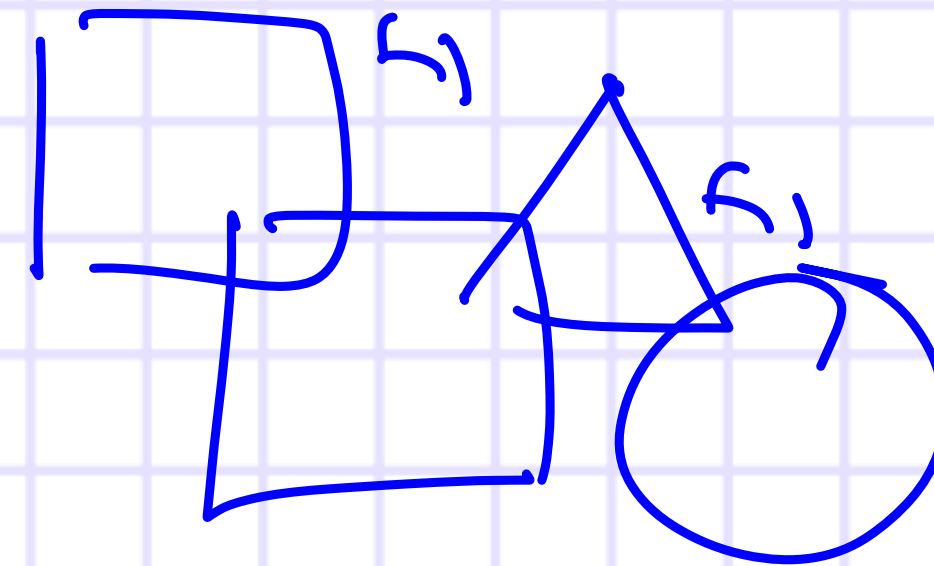
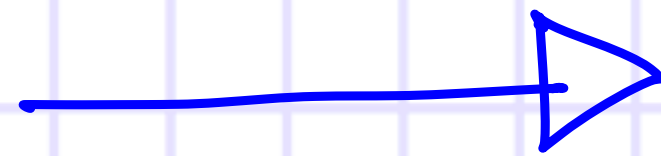
PNAS, 2012

# Pourquoi faire de la physique pour ma section ?

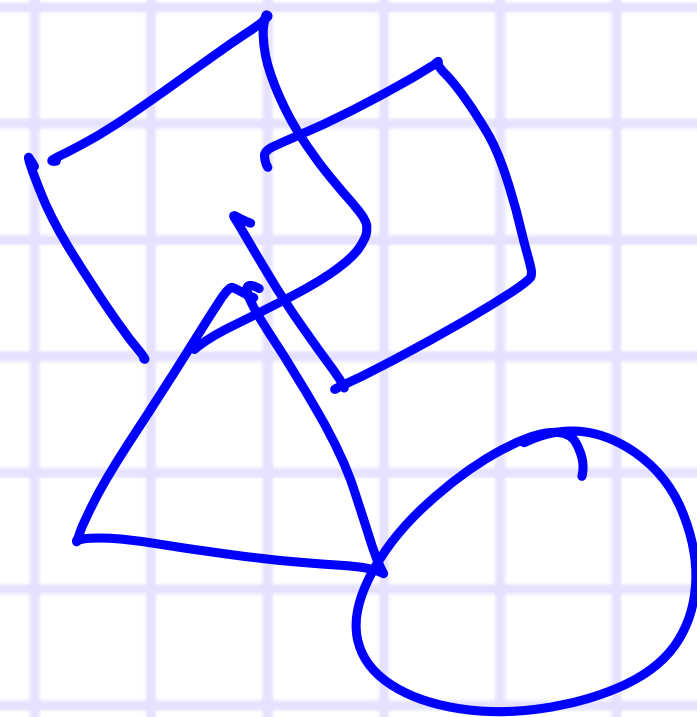
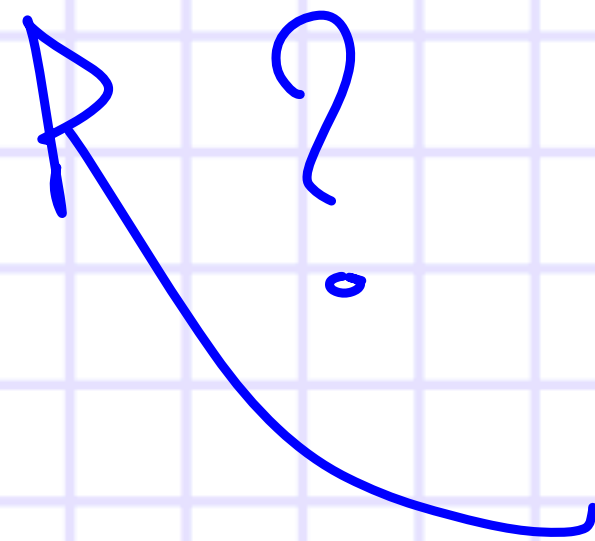
Pourquoi est-ce si difficile ?



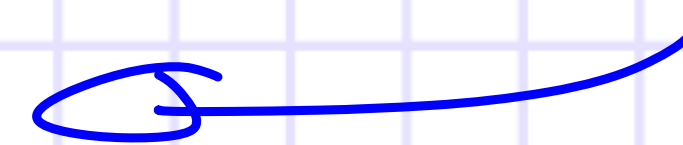
$pb$



Lois



prédiction



# Infos pratiques

## **Ce cours est donné en format de "classe inversée"**

La matière "cours magistral" se trouve sous forme de vidéos (liens depuis le moodle).  
Vous les travaillez de manière indépendante. Environ 60' de video / semaine.

<https://moodle.epfl.ch/course/view.php?id=18235>

En amphi :

- Mardi 10 :15 – 11 :00 et Mercredi 17 :15 – 19 :00 : Expériences, quizzes, correction d'un exercice d'application. Avoir vu les vidéos !
- Vendredi 16 :15 – 19 :00 : Exercices
- Forum Ed discussion... avec un nouveau participant!

# Infos pratiques

A Course Specific Tutor Bot | [The Project](#) | How it works

## There is a new bot in EPFL town!

A course-specific Tutor Bot is designed with the goal of supporting your learning by **replying to your questions** in the **Ed Discussion Forum**.

- The Tutor Bot will answer your questions, and the Teaching Team is actively monitoring the forum
- Tutor Bot employs open-weight Large Language Models hosted on campus on local infrastructure
- The Center for Digital Education collects log data and invites you to a user survey at the end of the semester. All your data will be kept strictly confidential.



# Infos pratiques

Course | The Project | **How it works**

## How it works

When a question is posted, Tutor Bot "wakes up" and performs the following steps:

- It parses your question and attached image
- It applies predefined filters to ensure it answers only questions identified as related to the course material
- The Tutor Bot provides an answer with links (when available) to the appropriate course resources
- The Teaching Team can endorse, edit, delete or comment on the answer.

**To receive responses without Tutor Bot involvement, please post your question in the "NoBotsLand" category.**

## Do's and don'ts

### Do

- ✓ Use "Question" only
- ✓ Use specific categories
- ✓ Provide a meaningful title for your questions
- ✓ Formulate specific and detailed questions
- ✓ Upload clear images, good handwriting (maximum of one image per question)
- ✓ Ask course-related questions

### Don't

- ✗ Use "Post"
- ✗ Combine multiple questions about different course materials
- ✗ Add multiple images to one question
- ✗ Copy-paste or drag images
- ✗ **Rely on Tutor Bot responses unless endorsed or by the Teaching Team.**

Tuto Bot

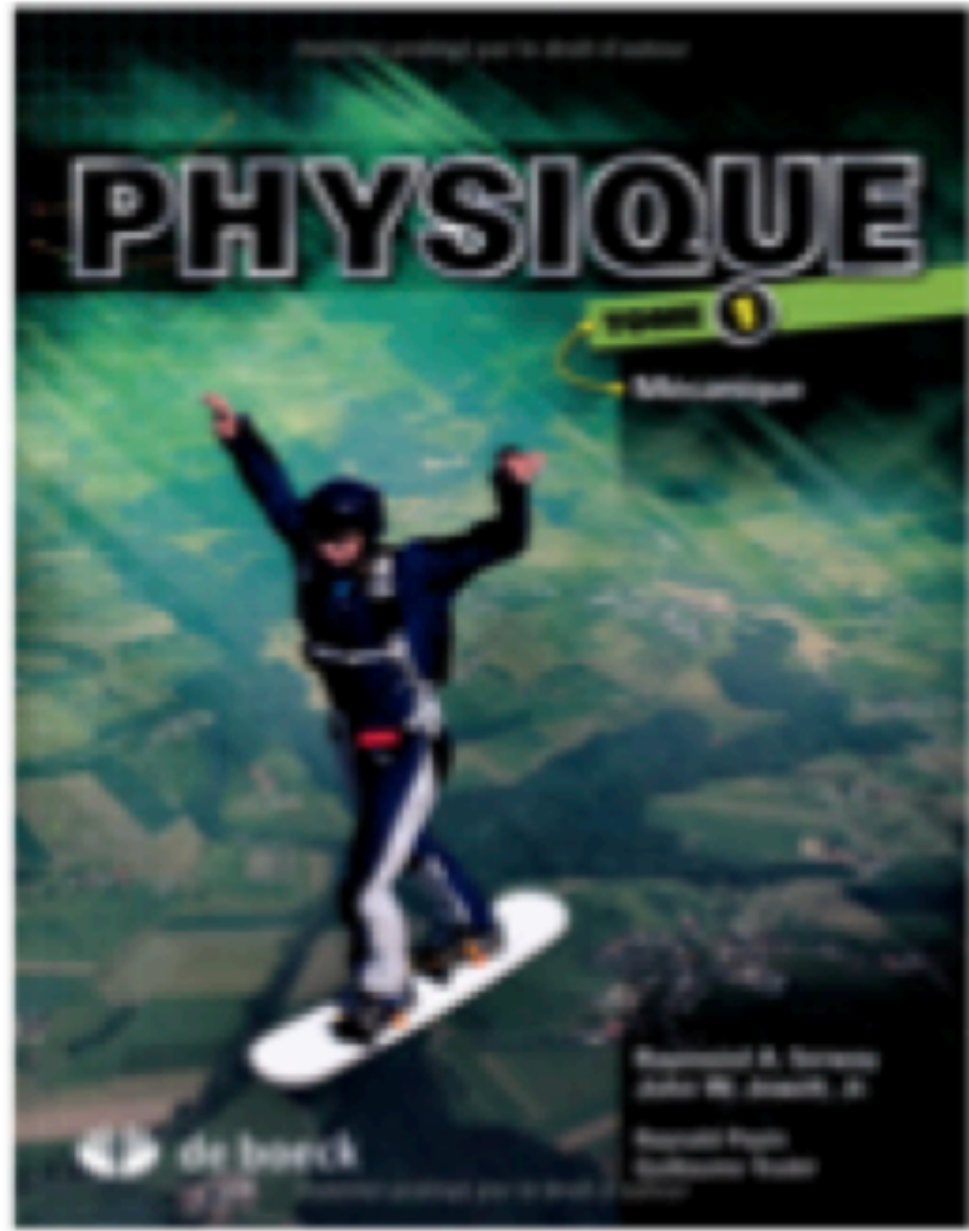
# Infos pratiques

---

## Ressources :

- Les vidéos
- Les transparents (vierges et annotés)
- les notes de cours synthétiques
- les séries d'entraînement
- les séries d'exercices
- le forum ed-discussion pour les quizzes et les questions
- Le cours en amphitheatre est streamé et enregistré, mais non travaillé

# Infos pratiques



A.SERWAY et J.W. JEWETT\*  
*de boek*



M. Alonso et E.J. Finn\*\*  
*Dunod*



J.Ph. Pérez\*\*\*  
*Dunod*



J.Ph. Ansermet\*\*(\*)  
*PPUR*

# Infos pratiques

Plein de livres à la bibliothèque!



# Infos pratiques

Les exercices ... un défi !



# Infos pratiques

---

## **methodes de travail : exercices**

- les exercices sont cruciaux. Il faut savoir les faire, pas les "apprendre !"
- passez \*longtemps\* sur un exercice avant de regarder la solution. Laissez le (une ou plusieurs nuits!), revenez-y, parlez en avec le groupe.
- cherchez des informations complémentaires dans les livres
- passez du temps sur un support plutôt que de papillonner (éviter la "collection de timbre")

# Infos pratiques

**Exercices en groupes avec rendu par groupe.**

Petits groupes de **5** (min 4, max 6) étudiant.e.s. Fixes sur les 6 premières semaines du semestre.

Reconstitution des groupes après la pause (possible de refaire le même groupe)

Un.e assistant.e attitré.e. Chaque assistant.e aura **2-3** groupes. Possible “remplacement” dans la salle

Un exercice à rendre **par le groupe** par semaine, feedback de l’assistant.e. Important pour l’examen !

Redoublant.e.s ? Mélangez-vous avec les nouvelles et nouveaux !

C’est le fonctionnement “par défaut”, très fortement encouragé. Possibilité de ne pas participer.

**Mercredi** : formation des groupes. **Vendredi**: inscription sur modèle premier “rendu” = charte du groupe

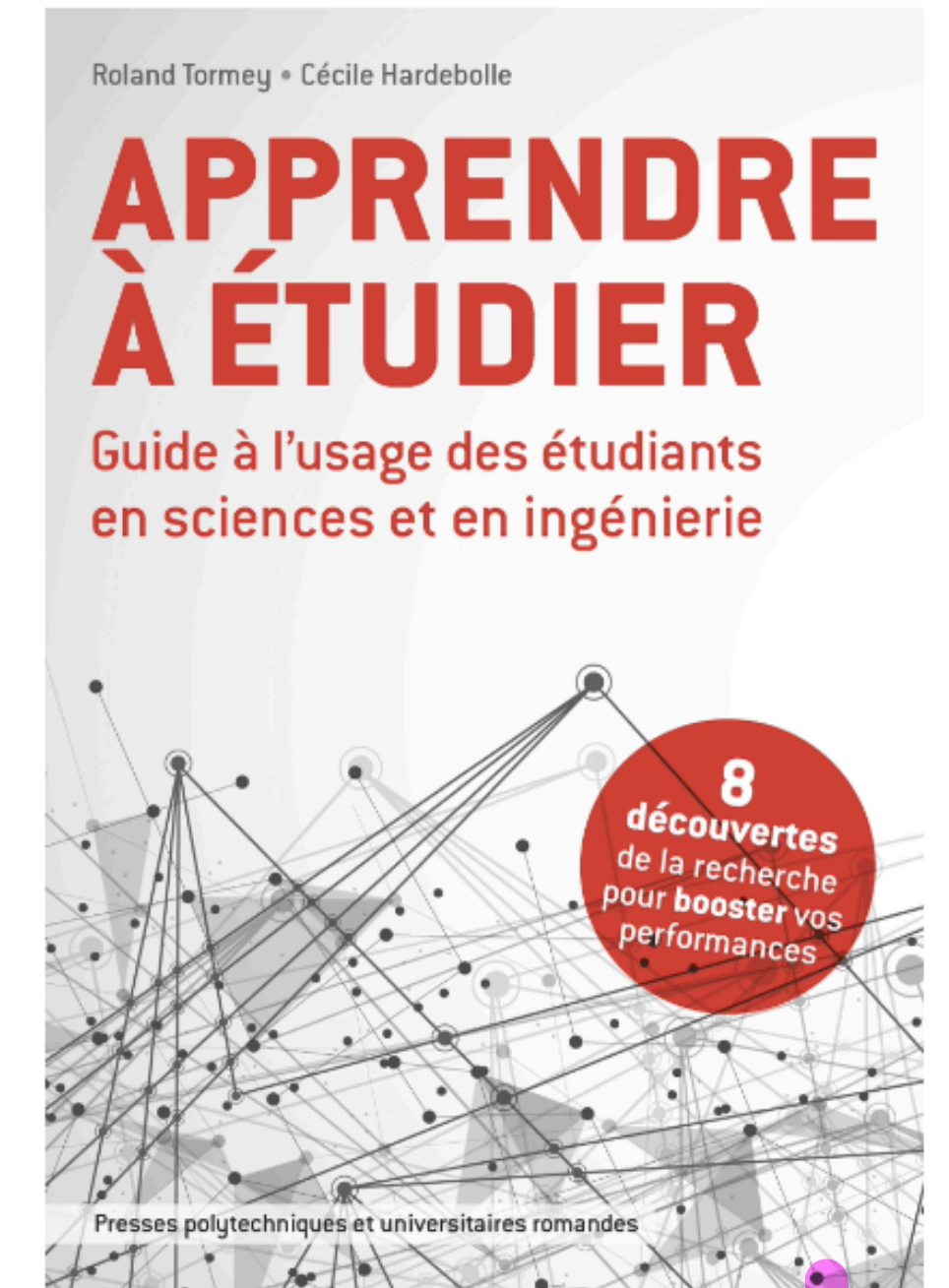
# Infos pratiques

Important de réviser Régulièrement *et efficacement*

Un bon investissement :

<https://courseware.epfl.ch/courses/course-v1:EPFL+Etudier+2024/about>

Ce cours dure 5 semaines. Comptez environ 2 heures de travail par semaine.



# Informations pratiques

A l'examen : 50 points

— 12 points en format QCM

— 38 points pour les exercices rédigés (3 “petits” ou 2 “gros” exercices — en comparaison avec les années précédentes)

Un formulaire contenant les “formules” pour lesquelles on n’attend pas de démonstration sera fourni  
Une catégorie spécifique sur Ed pour mettre vos commentaires sur le formulaire. Lien vers overleaf.

Calculatrice, téléphone etc. INTERDIT. Les éventuelles applications numériques sont faisable à la main, et seul l’ordre de grandeur est demandé.

Seul document à apporter : une feuille manuscrite A4 **recto simple** contenant CE QUE VOUS VOULEZ.  
—> rédigez là au cours du semestre, re-rédigez la, etc.

Attention ! l'examen n'est pas une copie des exercices, inutile de recopier les séries.

# Informations pratiques

Learning outcomes : quelles sont les compétences que ce cours doit vous transmettre ?

Comprendre les bases de la mécanique newtonienne du point et du solide

Apprendre à modéliser **MATHEMATIQUEMENT**

Apprendre à résoudre

Apprendre à analyser son résultat critique

Vous serez jugés sur la compréhension conceptuelle **ET** sur la capacité à modéliser résoudre et apprécier le résultat

# Mécanique générale, classe inversée.

Semaine du 08 au 12 septembre

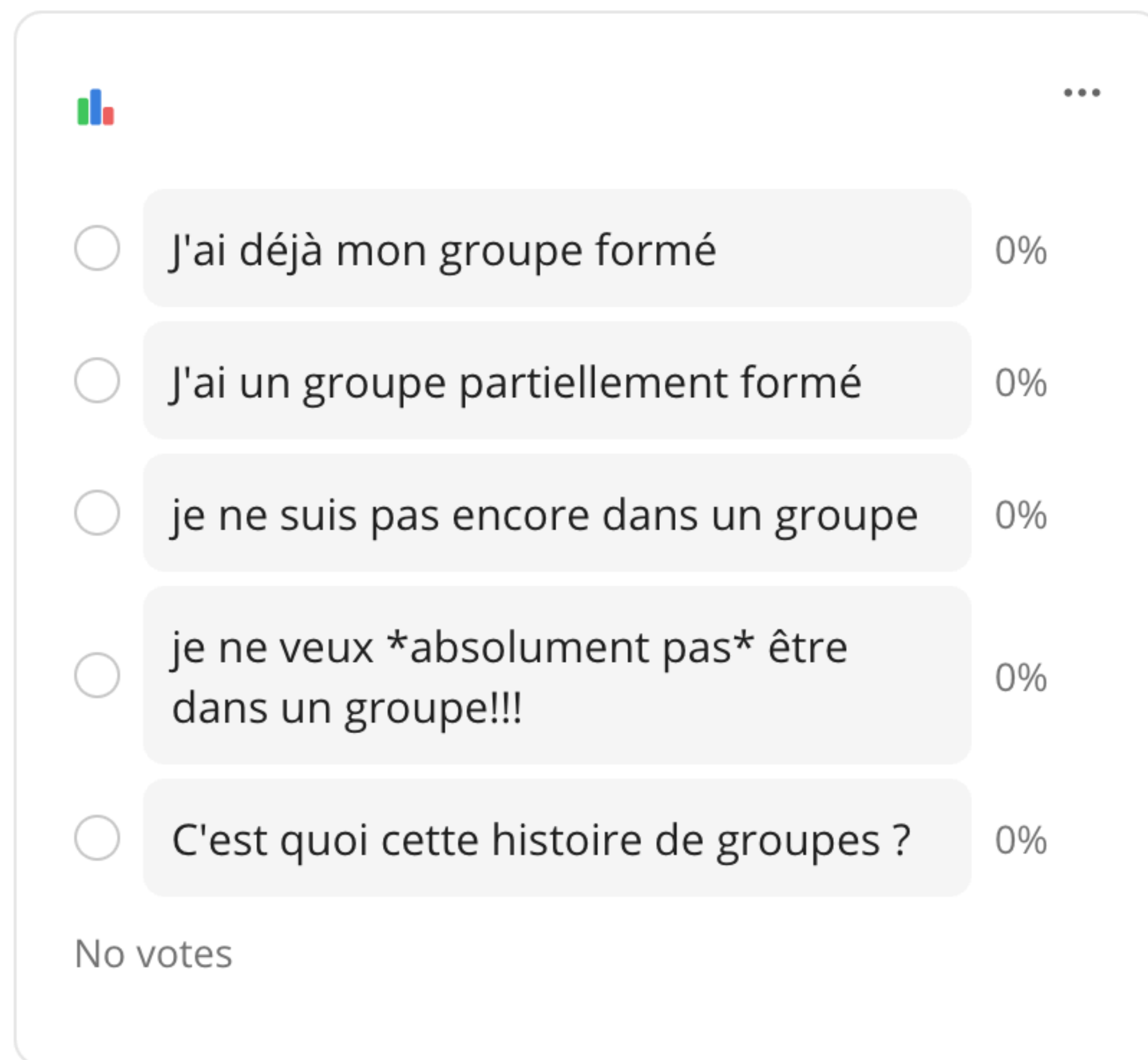
Que faisiez-vous l'an dernier ?

- 1ère année EPFL, avec la physique en classe inversée 0%
- 1ère année EPFL, avec un autre cours de physique 0%
- Gymnase ou équivalent en Suisse 0%
- Lycée en France ou équivalent hors Suisse 0%
- CMS 0%
- année de césure; armée; autres études supérieures 0%



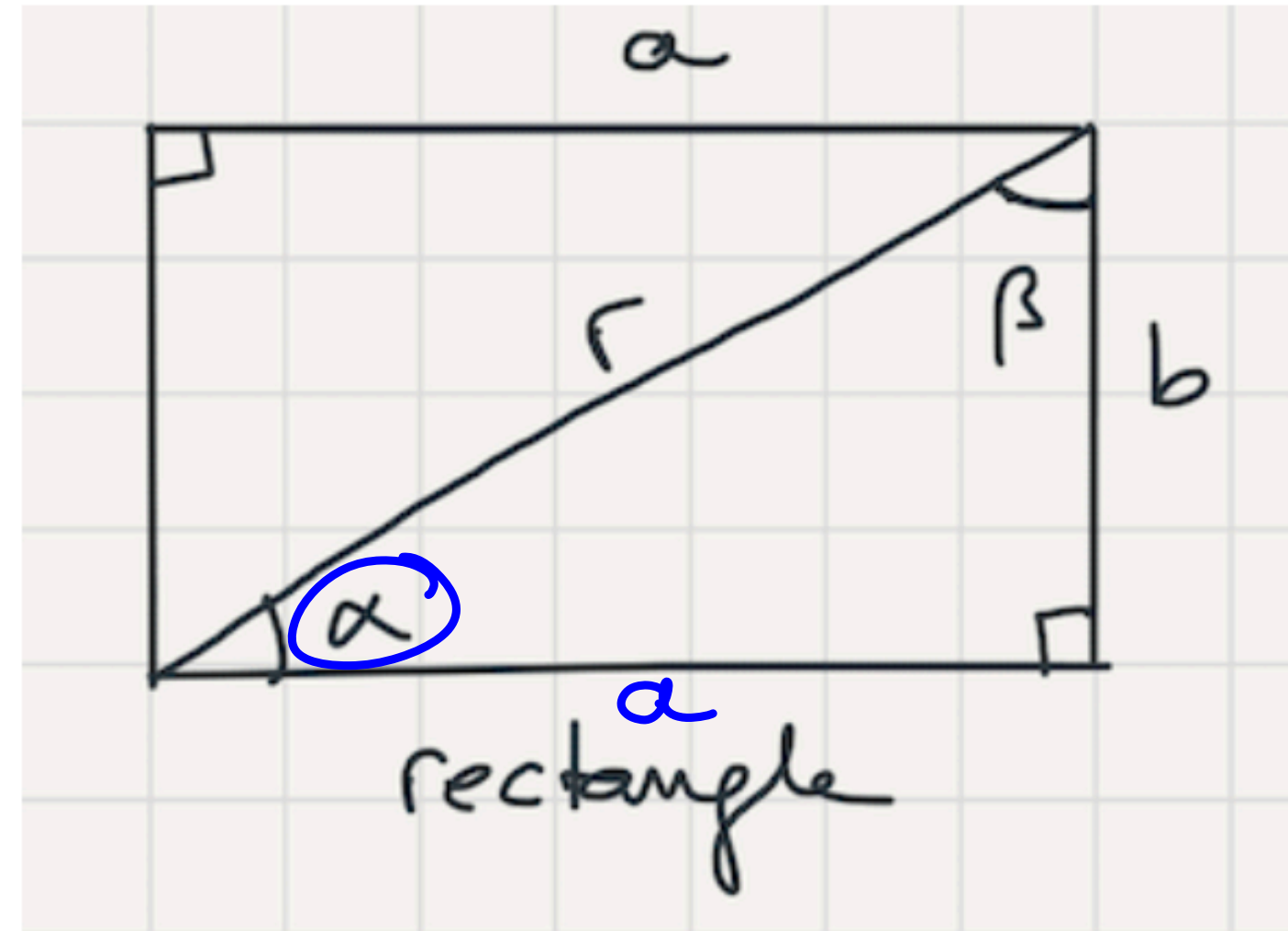
→ possibilité de revoter

Pour l'organisation des exercices en groupes de 5 (4 minimum à 6 maximum):



# Trigonométrie

On considère la figure suivante:



$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{b}{r} & \cos \alpha &= \frac{a}{r} & b &= r \sin \alpha \\ \cos \beta &= \frac{a}{r} & \sin \beta &= \frac{b}{r} \end{aligned}$$

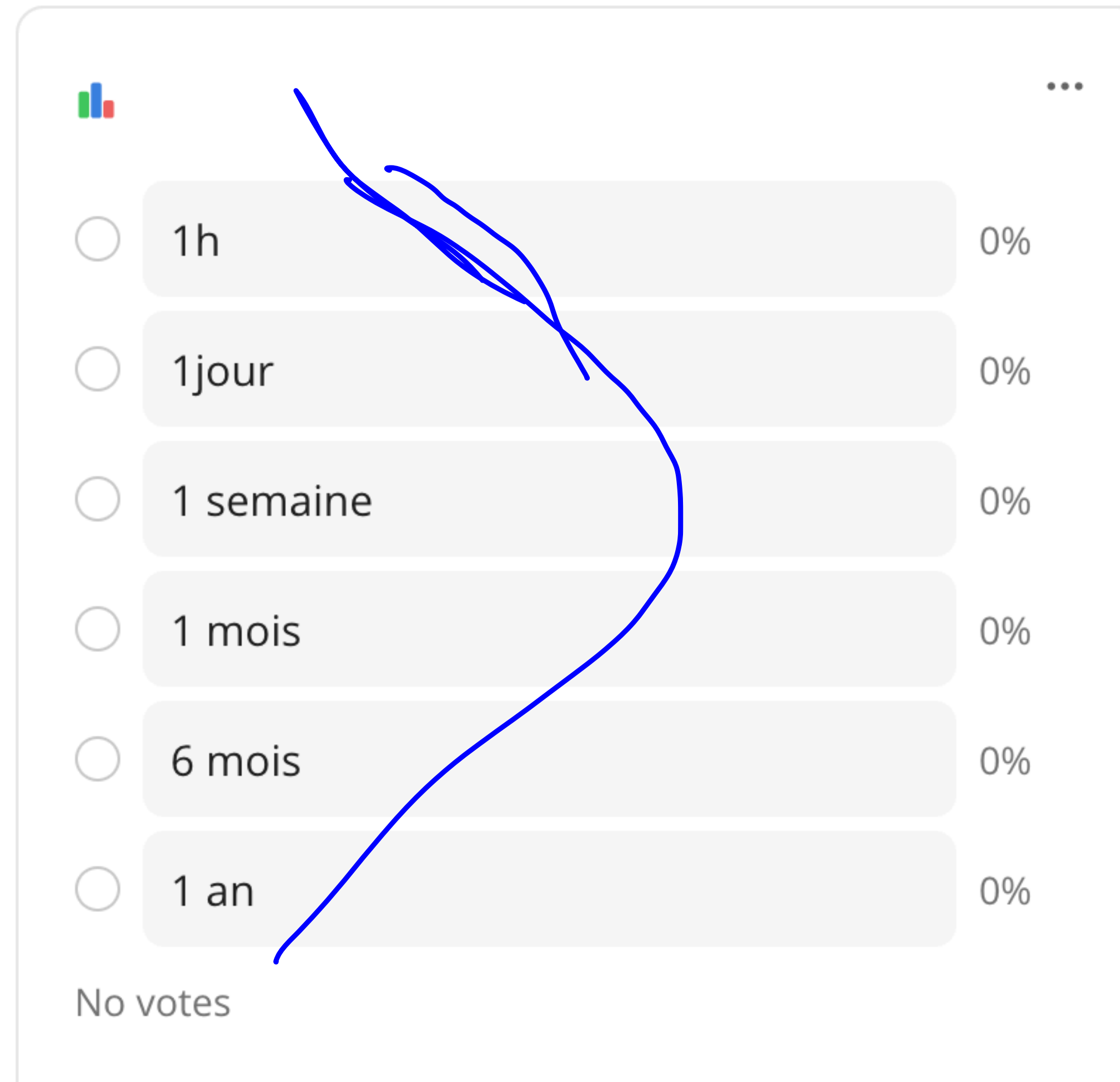
$$\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$$

Quelles sont les relations justes

- ~~$a = r \sin \alpha$~~  0%
- ~~$b = r \cos \alpha$~~  0%
- ~~$a = b \tan \alpha$~~  0%
- $\sin \alpha = \cos \beta$  0%
- $\sin(\alpha + \beta) = 1$  0%
- $a = b \tan \beta$  0%
- ~~$\sin(\alpha + \beta) = 0$~~  0%
- $b = r \cos \beta$  0%

# Ordres de grandeurs

Combien de temps faut-il pour remplir une piscine olympique avec un tuyau d'arrosage?



# Ordres de grandeurs

piscine olympique

$$50 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times \textcircled{2} \text{ ?} \text{ ?}$$

$$50 \times 50 = 2500 \text{ m}^3 = 2500 \cdot 10^3 \text{ l}$$

tuyau d'arrosage.

$$2500 \cdot 10^3 \text{ l.}$$

10 en 1 minute

$$\text{en } \frac{2500 \cdot 10^2}{60 \times 24} \text{ ~~minutes~~ jours.$$

$$= \frac{10^3}{6} = \frac{1000}{6} = \frac{500}{3} = 170$$

6 mois !

# Analyse dimensionnelle

Un objet est en chute libre et on néglige les frottements de l'air. Lâché sans vitesse initiale d'une hauteur  $h$  en mètres il est soumis à l'accélération de la pesanteur  $g = 9.81m.s^{-2}$ .

On sait qu'une des expressions pour le temps de chute ci-dessous est la bonne, mais laquelle ?

Quelle est la bonne expression pour son temps de chute  $t$  en secondes?

Impossible de répondre, on n'a pas encore vu le chapitre correspondant 0%

$t = \sqrt{2gh}$  0%

$t = \sqrt{2h/g}$  0%

$t = \sqrt{g/2h}$  0%

$$g \propto m.s^{-2}$$
$$\frac{1}{g} \propto m^{-1}.s^2$$

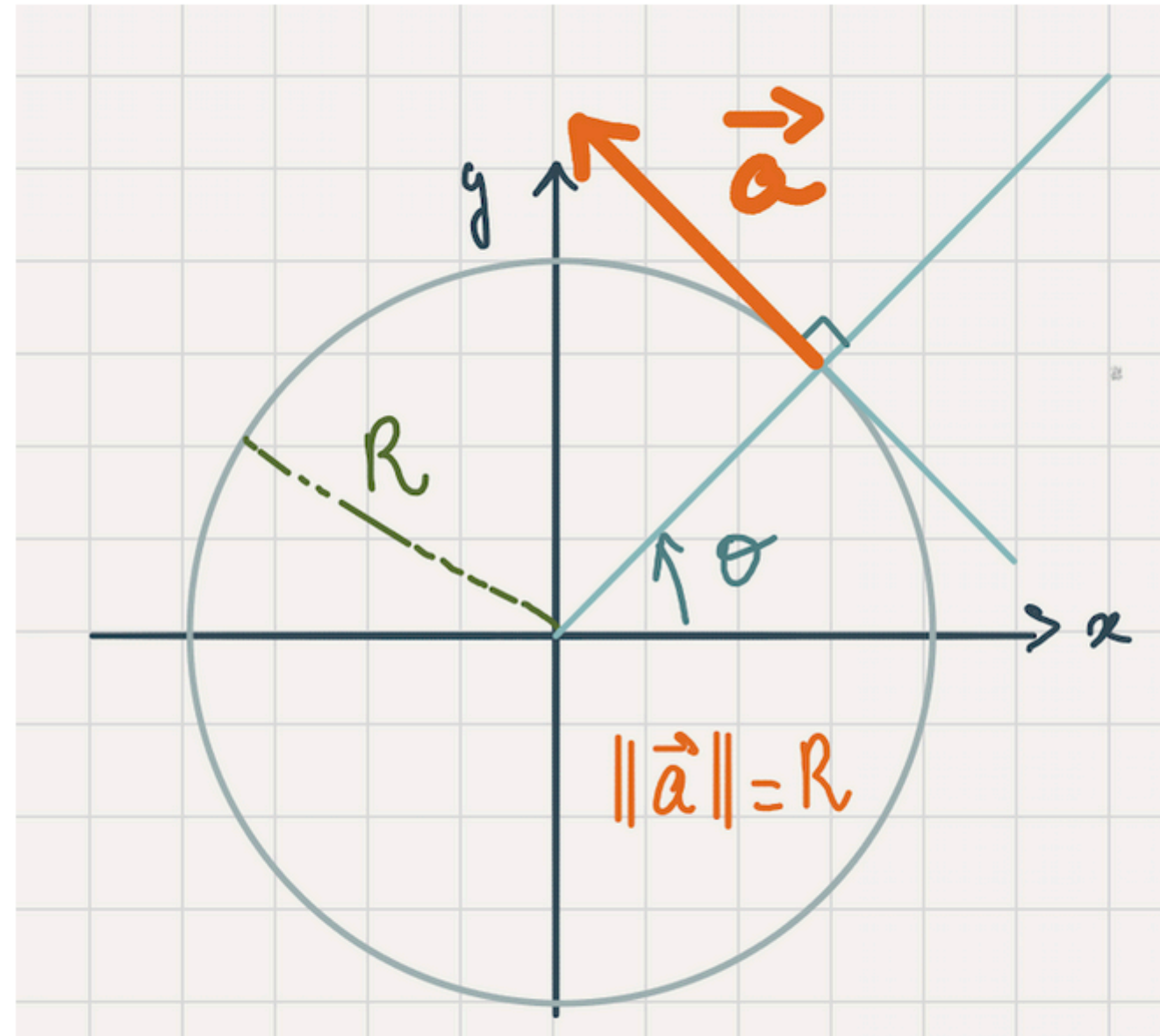
$$\frac{h}{g} \propto \cancel{m} \cancel{m} s^2 = s^2$$

$$\sqrt{\frac{h}{g}} \propto s$$

~~$v = \sqrt{h + t}$~~   
faux car pas homogène

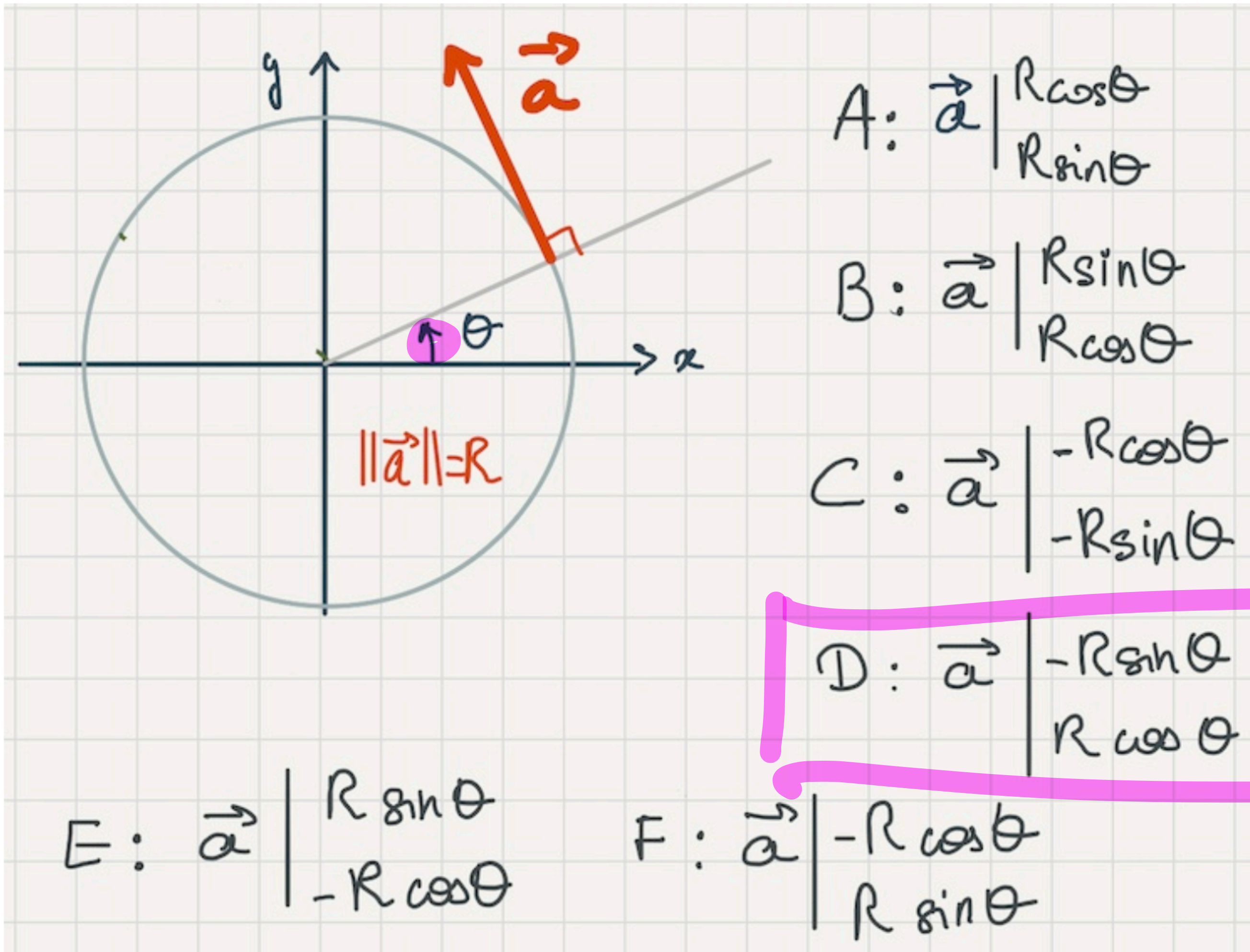
# Composantes de vecteurs

Quelle est la bonne expression des composantes de  $\vec{a}$  ?



A:	$\vec{a} \begin{vmatrix} R \cos \theta \\ R \sin \theta \end{vmatrix}$	B:	$\vec{a} \begin{vmatrix} R \sin \theta \\ R \cos \theta \end{vmatrix}$
C:	$\vec{a} \begin{vmatrix} -R \cos \theta \\ -R \sin \theta \end{vmatrix}$	D:	$\vec{a} \begin{vmatrix} -R \sin \theta \\ R \cos \theta \end{vmatrix}$
E:	$\vec{a} \begin{vmatrix} R \sin \theta \\ -R \cos \theta \end{vmatrix}$	F:	$\vec{a} \begin{vmatrix} -R \cos \theta \\ R \sin \theta \end{vmatrix}$

# Composantes de vecteurs



# Dérivation

Un objet se déplace à la vitesse  $v(t)$  qui dépend du temps

On considère la fonction  $f(v)$  définie par

$$f(v) = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2(t)$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{E_c} \quad \hookrightarrow$

Avec  $m$  un grandeur constante.

On veut calculer la dérivée de  $f$  par rapport au temps  $g = df/dt$

Quelle(s) expressions sont justes ?

<input type="checkbox"/>	$g = mv$	0%
<input checked="" type="checkbox"/>	$g = mv\dot{v}$	0%
<input checked="" type="checkbox"/>	$g = mv \frac{dv}{dt}$	0%
<input type="checkbox"/>	$g = 0$	0%

$v(t)$

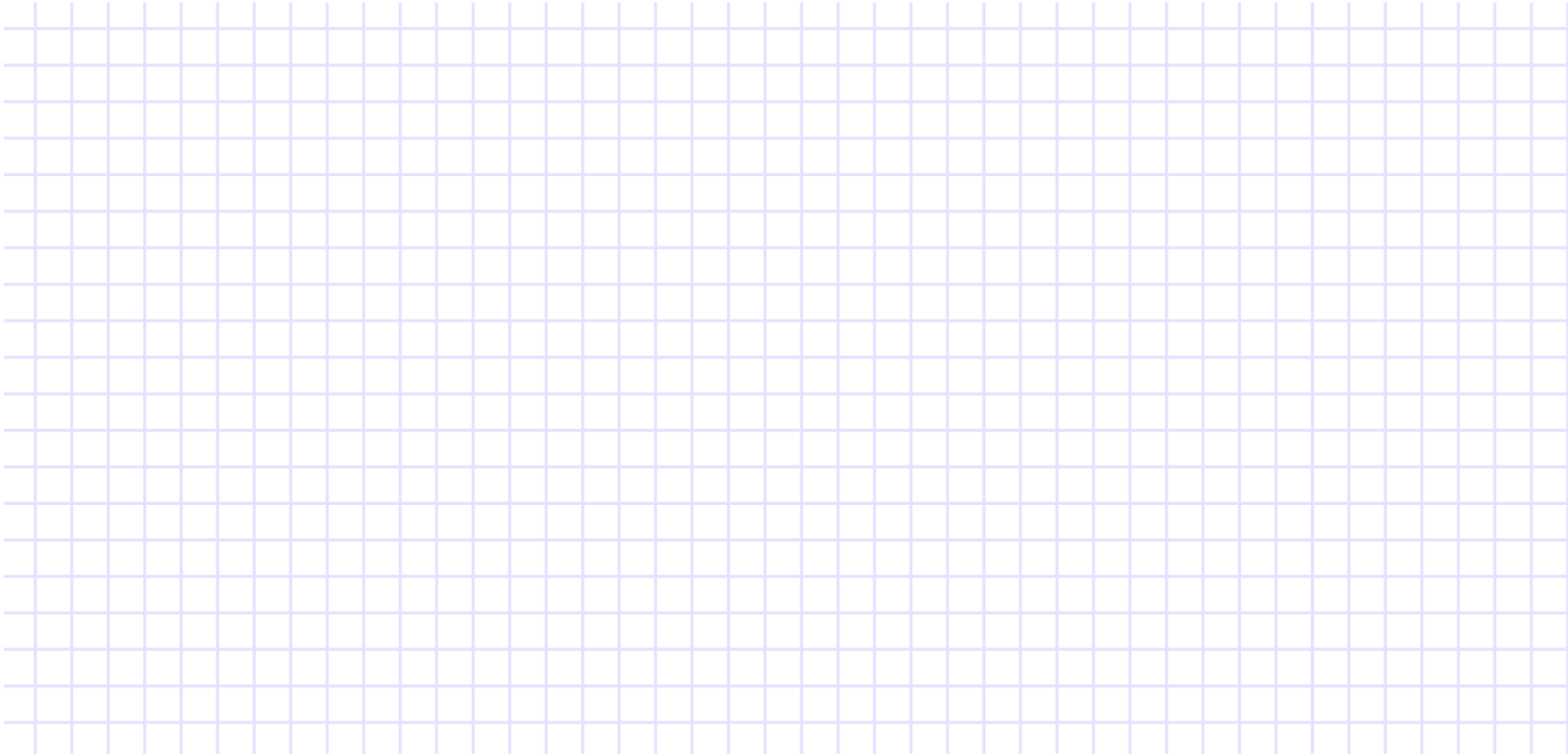
$$\frac{df}{dt} = \frac{df(v(t))}{dt} = \left[ f(g(x)) \right]' = f'(g(x)) \cdot g'(x)$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2}mv(t)^2 \right) = \frac{1}{2}m \cancel{v(t)} \frac{dv}{dt}$$

$$= \cancel{mv} \frac{dv}{dt}$$

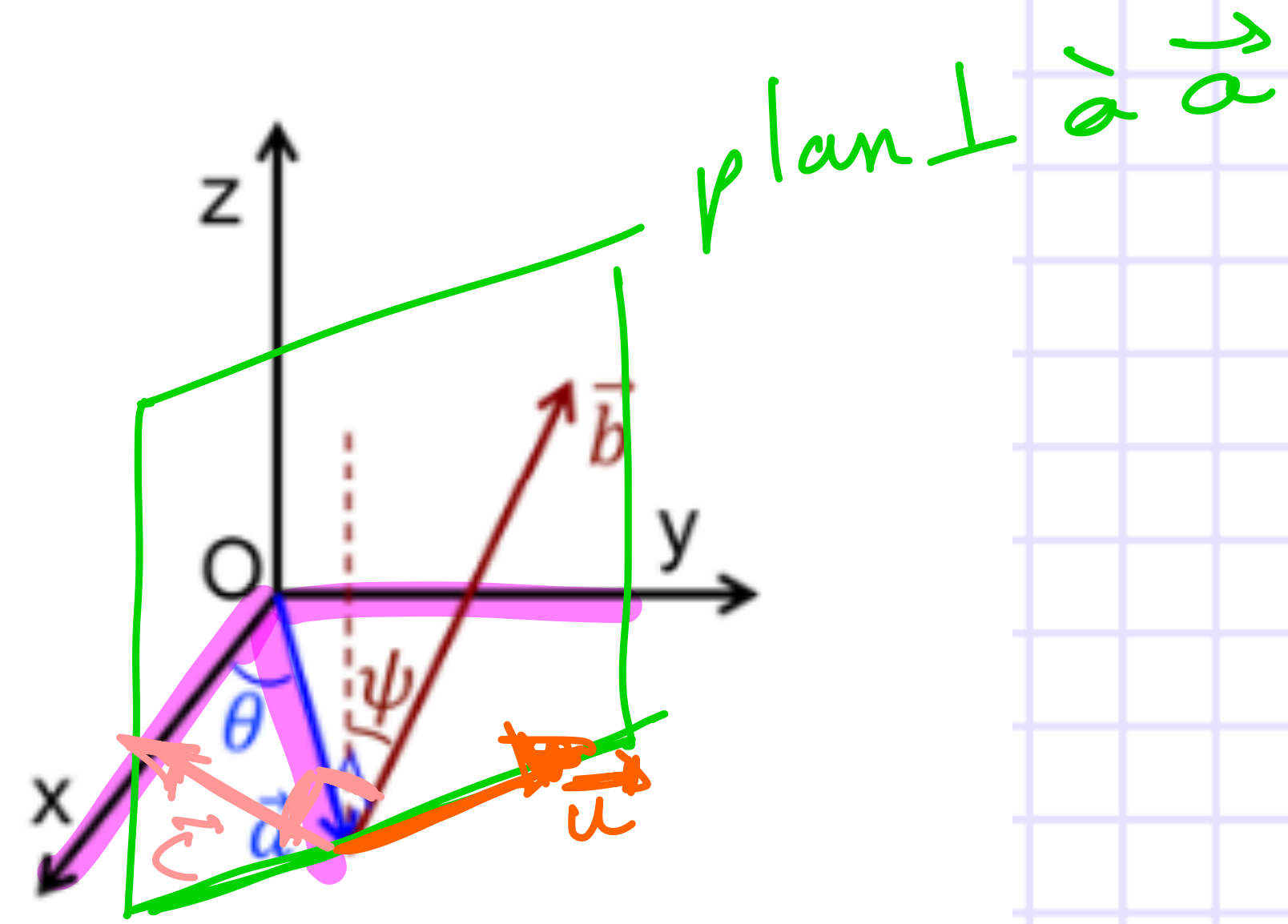
# Dérivation

---



# Exercice

On se place dans un repère orthonormé (Oxyz), l'axe (Oz) étant l'axe vertical. Le vecteur  $\vec{a}$ , de norme  $a$ , est dans le plan (Oxy) et fait un angle  $\theta$  avec (Ox). Le vecteur  $\vec{b}$ , de norme  $b$ , est perpendiculaire à  $\vec{a}$  et forme un angle  $\psi$  à la verticale. Voir le schéma ci-contre.

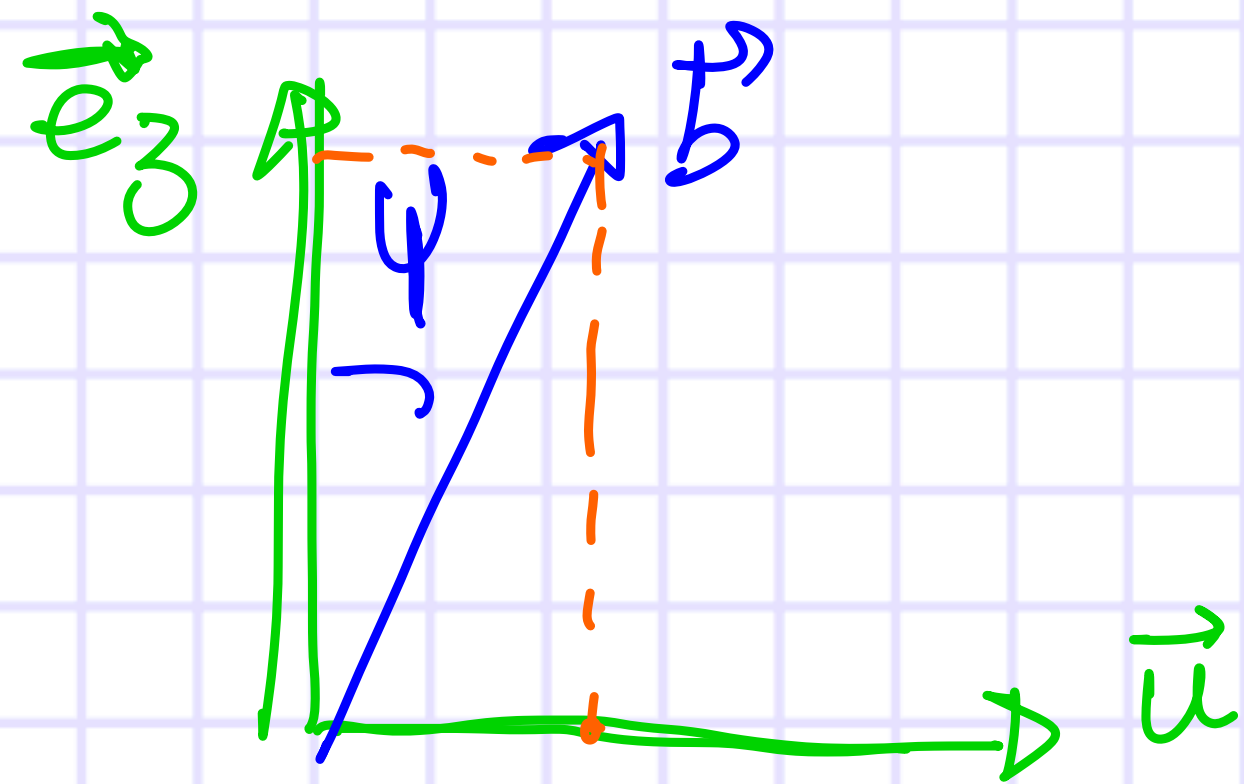


- Visualisez les vecteurs  $\vec{a}$  et  $\vec{b}$  dans l'espace et trouvez leurs coordonnées cartésiennes dans (Oxyz). Aidez-vous de schémas pour représenter les projections de ces vecteurs sur les axes.
- On pose  $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$ . Calculez les coordonnées de  $\vec{c}$ , en formulant le produit vectoriel dans (Oxyz). Visualisez dans l'espace le vecteur  $\vec{c}$ .
- Calculez les valeurs de  $\vec{c} \cdot \vec{a}$ ,  $\vec{c} \cdot \vec{b}$  et  $\|\vec{c}\|$  :
  - sans calcul, en vous appuyant sur de simples considérations géométriques
  - en faisant le calcul avec les coordonnées de  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  et  $\vec{c}$  trouvées précédemment.

# Exercice

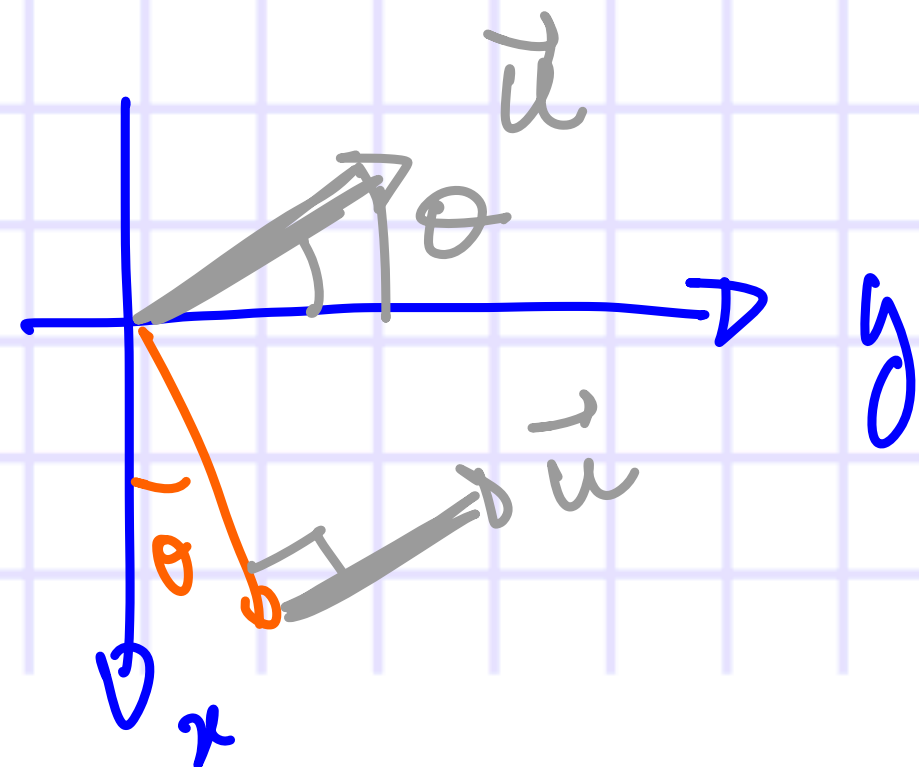


$\vec{a}$	$a \cos \theta$
	$a \sin \theta$
	0



$$\vec{b} = b \sin \psi \vec{u} + b \cos \psi \vec{e}_3$$

$\vec{u}$  a des composantes sur  $\vec{e}_x$  et  $\vec{e}_y$



$$\vec{u} = \cos \theta \vec{e}_y - \sin \theta \vec{e}_x$$

$$\vec{b} = b \sin \psi \cos \theta \vec{e}_y - b \sin \psi \sin \theta \vec{e}_x + b \cos \psi \vec{e}_3$$

# Exercice

Finalement, on trouve :

$$\vec{b} \begin{vmatrix} -b \sin \psi \sin \theta \\ b \sin \psi \cos \theta \\ b \cos \psi \end{vmatrix}$$

b)  $\vec{c} = \vec{a} \wedge \vec{b}$  (aussi noté  $\vec{a} \times \vec{b}$ )

$$\vec{a} \begin{vmatrix} a \cos \theta \\ a \sin \theta \\ 0 \end{vmatrix} \quad \vec{b} \begin{vmatrix} -b \sin \psi \sin \theta \\ b \sin \psi \cos \theta \\ b \cos \psi \end{vmatrix}$$

$$\vec{c} \begin{vmatrix} ab \sin \theta \cos \psi \\ -ab \cos \theta \cos \psi \\ ab \cos^2 \theta \sin \psi + ab \sin^2 \theta \sin \psi \end{vmatrix}$$

$$\vec{c} \begin{vmatrix} ab \sin \theta \cos \psi \\ -ab \cos \theta \cos \psi \\ ab \sin \psi (\underbrace{\cos^2 \theta + \sin^2 \theta}_1) \end{vmatrix} = ab \sin \psi$$

$$\vec{c} \begin{vmatrix} ab \sin \theta \cos \psi \\ -ab \cos \theta \cos \psi \\ ab \sin \psi \end{vmatrix}$$

# Exercice

Le vecteur  $\vec{c}$  est perpendiculaire à  $\vec{a}$  et à  $\vec{b}$

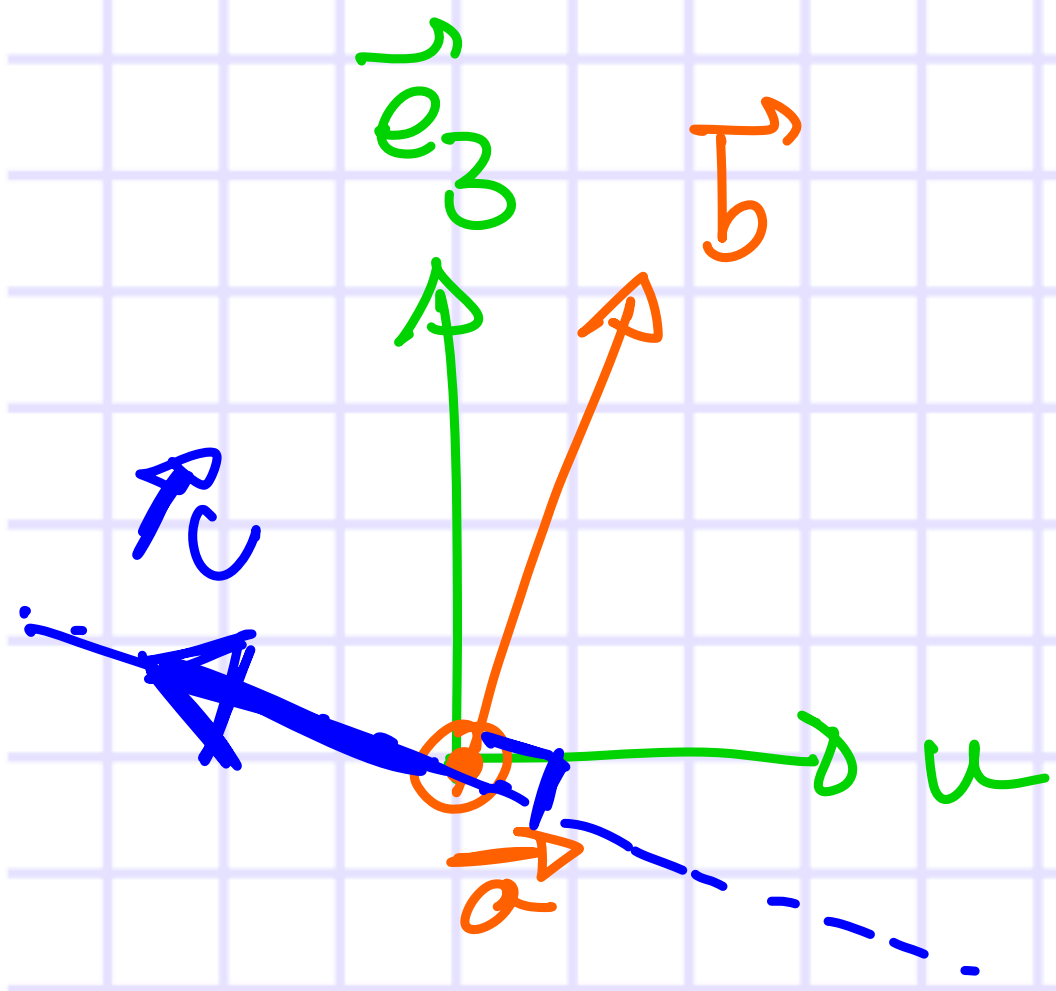
$\perp \vec{a} \Rightarrow$  et est dans le plan vert

$\Rightarrow$  dessin dans le plan "vert"  $(\vec{u}, \vec{e}_3)$   $\vec{a}$  pointe en sortant

$\vec{c}$  est sur la  $\perp$  à  $\vec{b}$  dans le plan  $(\vec{u}, \vec{e}_3)$

Reste le sens?  $(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c})$  direct

$\Rightarrow$  permet de placer  $\vec{c}$



$\uparrow$  droite  $\perp \vec{b}$ , ligne directrice de  $\vec{c}$

# Exercice

$$\begin{aligned} c) \quad \vec{c} \perp \vec{a} &\Rightarrow \vec{c} \cdot \vec{a} = 0 & ; \quad \vec{c} \perp \vec{b} &\Rightarrow \vec{c} \cdot \vec{b} = 0 \\ \|\vec{c}\| &= \|\vec{a}\| \cdot \|\vec{b}\| \underbrace{\sin(\vec{a}, \vec{b})}_1 & \text{car } \vec{a} \perp \vec{b} & \|\vec{c}\| = c = ab \end{aligned}$$

Je vous laisse "vérifier"