Physique-Chimie et Mathématiques : histoire d'un éloignement

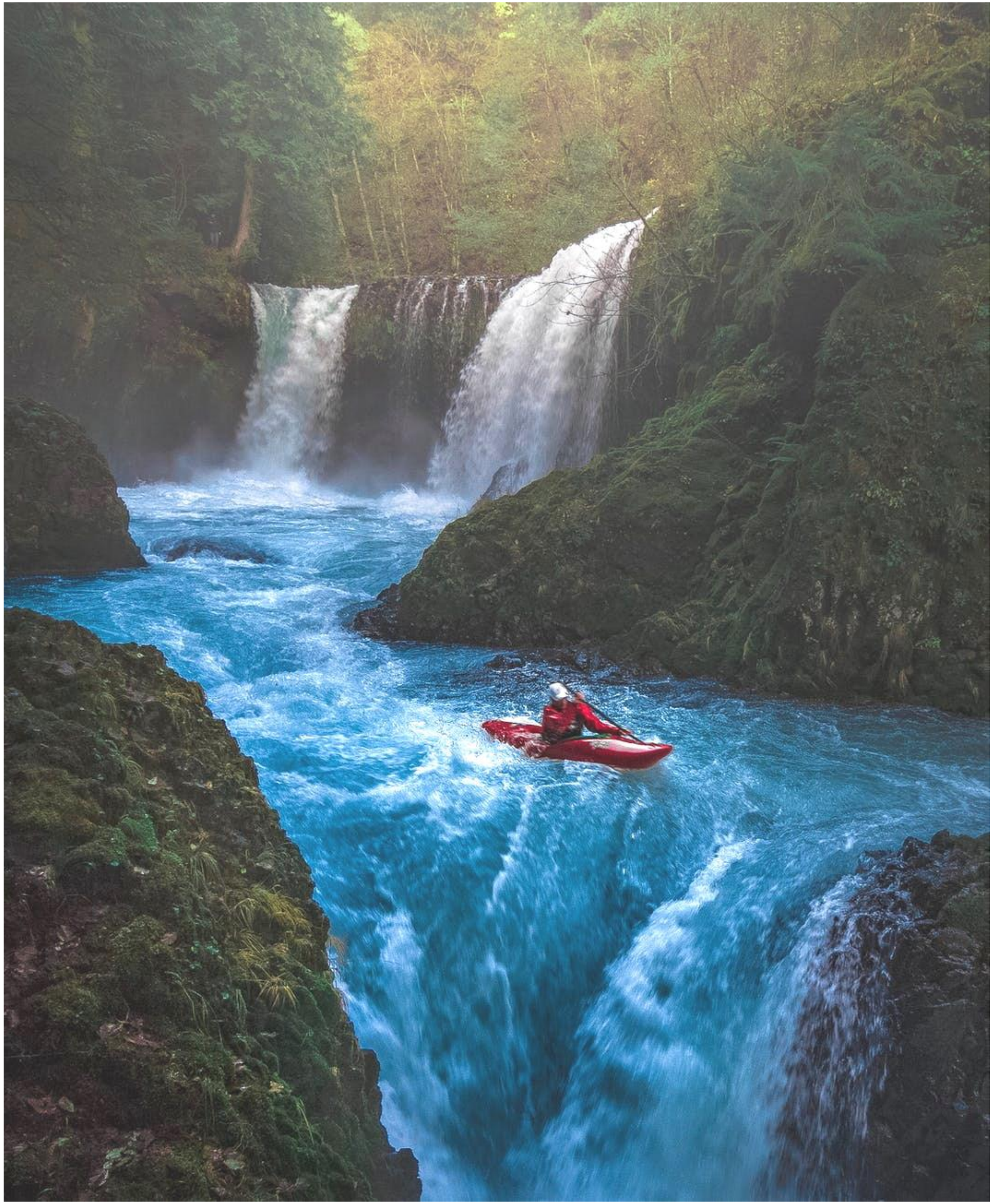
Pierre Labarbe
IA-IPR de Physique-Chimie, Académie de Rennes, depuis 2021
Ancien membre du groupe G2M, IREMS de Paris (2019-2023)
Ancien chargé d'études mathématiques-physique-chimie à la DGESCO (2014-2018)

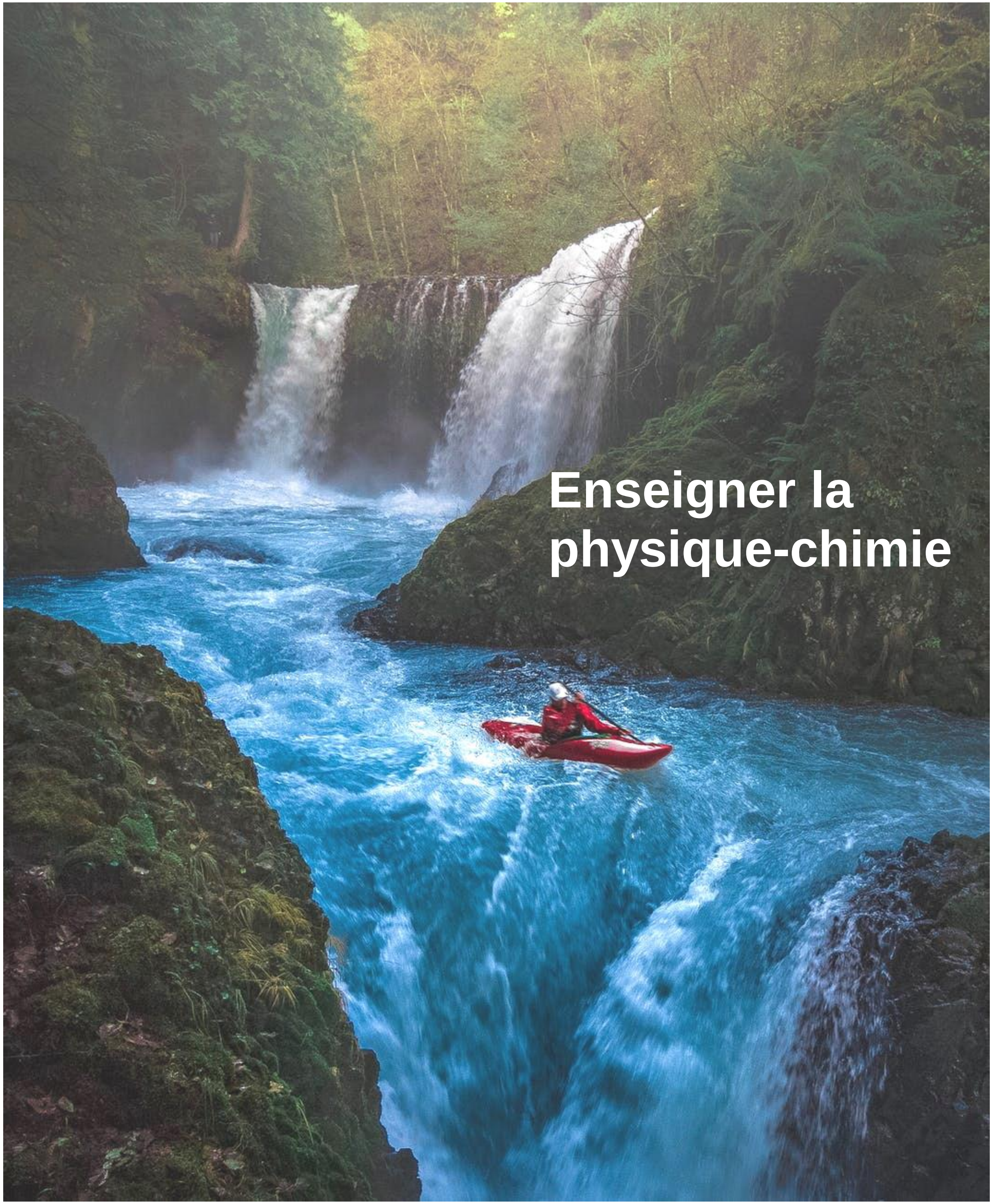
Question 1 - Qui êtes-vous ?

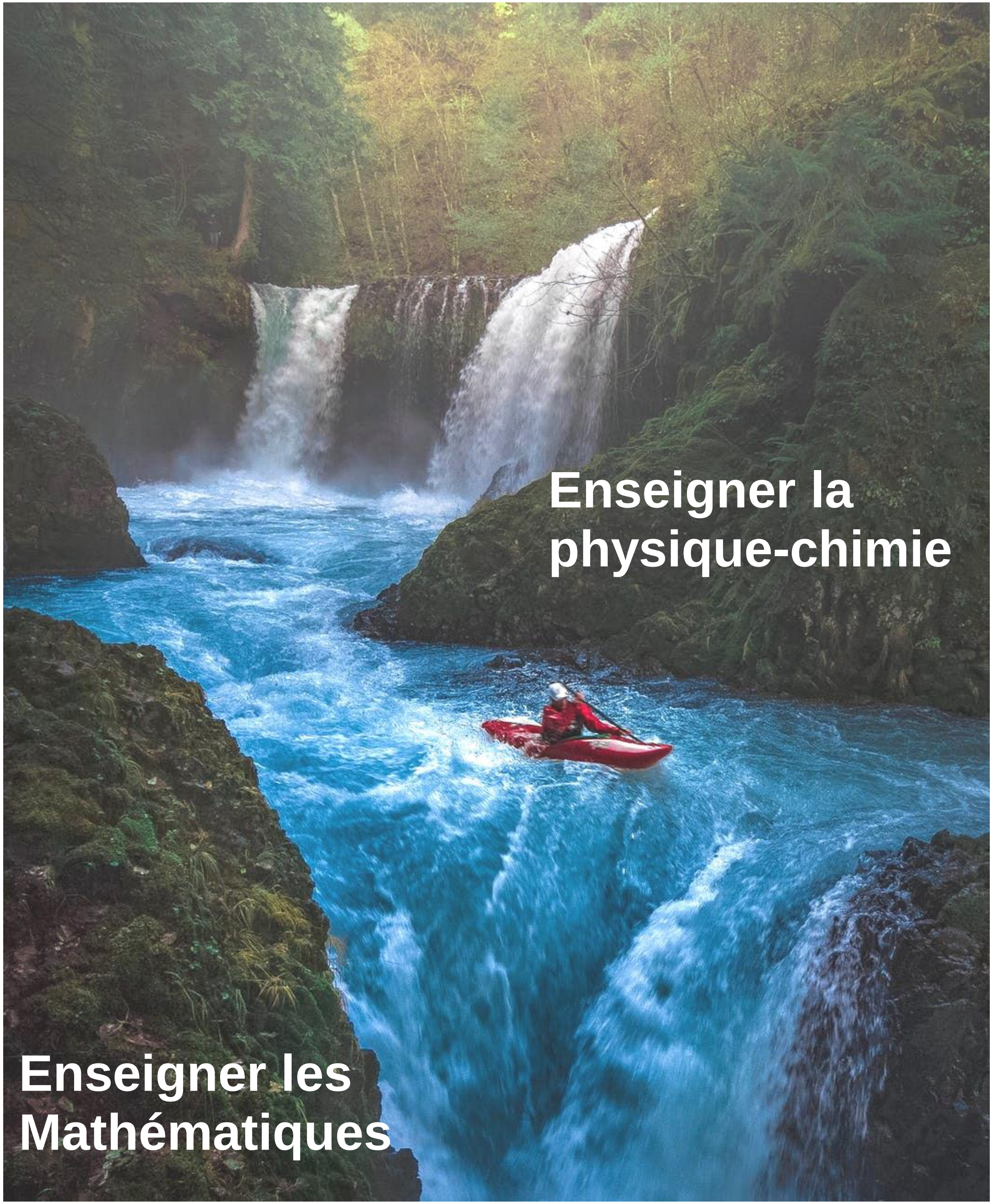
digistorm.app/p/5183795

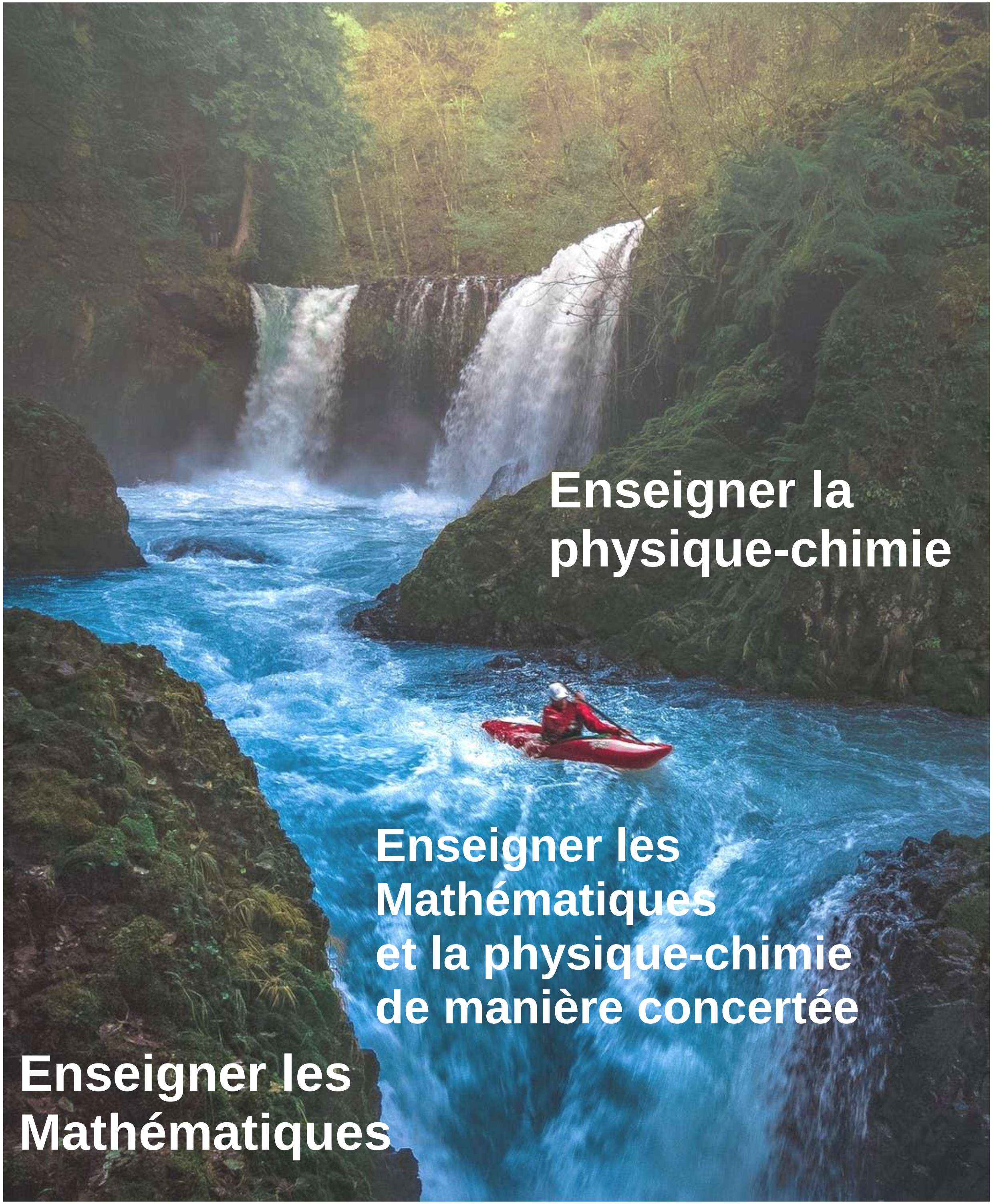
Enseigner la physique-chimie et les mathématiques de manière concertée, en faisant du lien entre collègues ou entre les disciplines, ce n’est pas toujours simple.

Question 2 - Qu’en pensez-vous ?




Enseigner la
physique-chimie


Enseigner la physique-chimie
Enseigner les Mathématiques


Enseigner la physique-chimie
Enseigner les Mathématiques et la physique-chimie de manière concertée
Enseigner les Mathématiques

Partie I – Éléments historiques

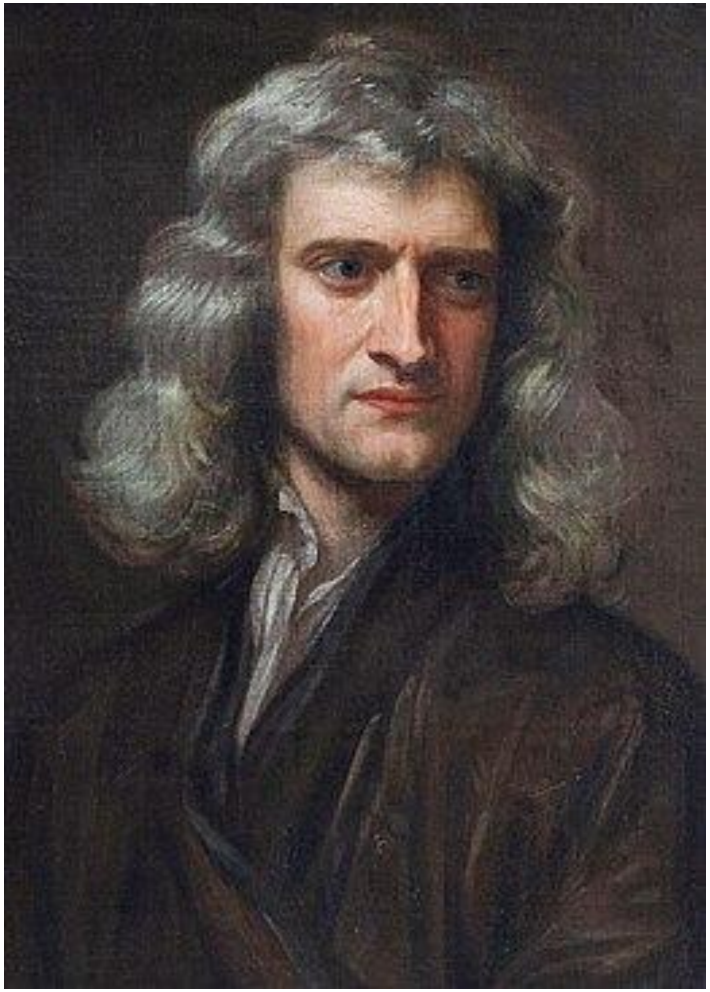
Une longue histoire commune

Descartes

→ Optique
→ Théorie des nombres

(entre autres...)

Une longue histoire commune



Newton

→ Calcul différentiel
→ Lois du mouvement

(entre autres...)

Une longue histoire commune

Emilie du Chatelet

A traduit Newton

(entre autres)

Une longue histoire commune

Einstein
Grossmann
(...et Hilbert et Noeter...)

→ Relativité générale

Une longue histoire commune

Sylvia Serfaty et Nalini Anantharaman

→ approche ondulatoire du chaos, équations aux dérivées partielles, équations de Schrödinger

Prix Henri Poincaré 2012

Hugo Duminil-Copin

→ Transition de phase, physique statistique et probabilités

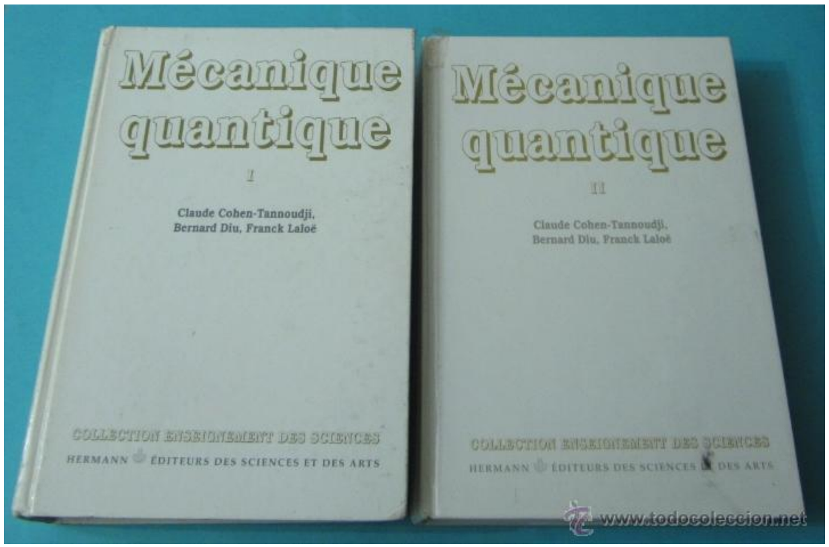
Médaille Fields 2022

Cédric Villani

→ Physique statistique

Médaille Fields, prix Henri Poincaré 2009

Une longue histoire commune



Claude Cohen Tanoudji

→ mécanique quantique

Prix Nobel de Physique

Années 60-70 – la rupture

Années 60-70 – la rupture

Années 60-70 – la rupture

« Les mathématiques sont une sciences déductive, et non expérimentale. Il faut privilégier une présentation logique des différentes notions afin d'évacuer tout ce qui pourrait relever de l'intuition ou d'une prétendue évidence. »

« Les mathématiques forment une théorie : *la* mathématique qui doit rassembler sous une même structure des connaissances présentées jusque là de façon éparse.

« Dans cette perspective, l'ambition de ces nouveaux programmes est d'apprendre à bien différencier le monde physique de son modèle mathématique. »

Principes pour l'élaboration des programmes de 4e-3e., d'après D'Enfert et Gisbert (2011)

Années 60-70 – la rupture

Plus d’abstraction, dès l’école primaire

Moins de lien avec le concret et le quotidien.

Moins de grandeurs physiques et chimiques.

Années 60-70 – la rupture

Ecole primaire :

- Fin de la géométrie de la mesure et du tracé, et des problèmes « pseudo concrets »
- Numération en bases 2, 5, 8…
- Théorie ensembliste

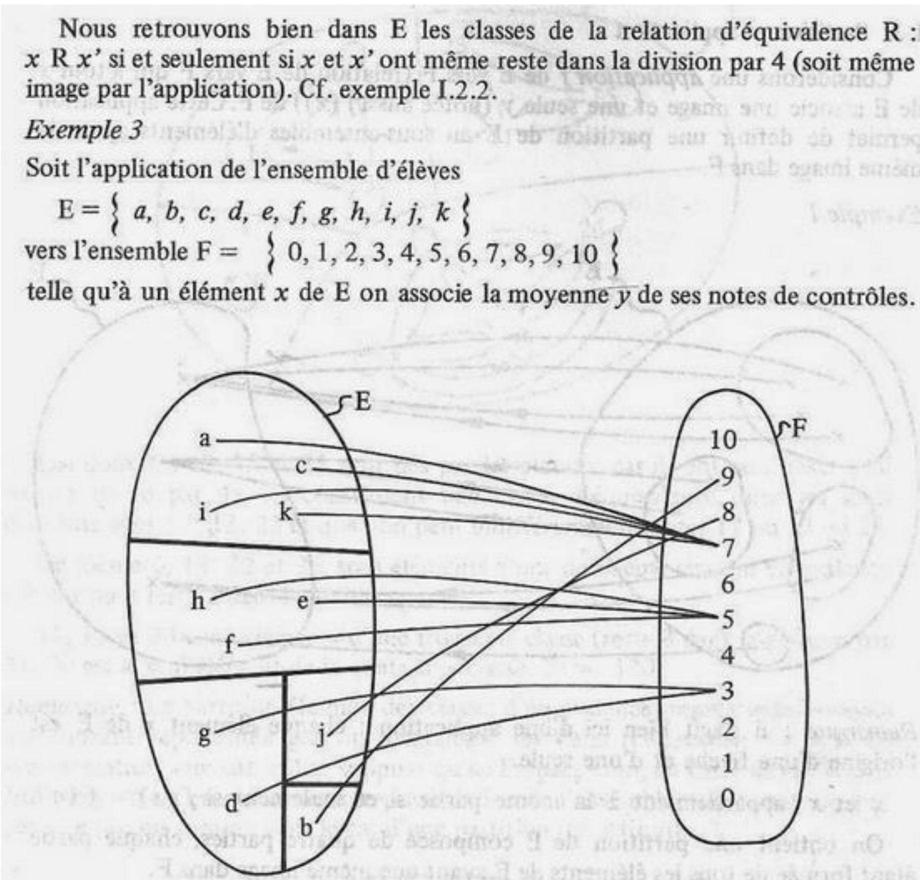

Ecris le nombre de gommettes
qui sont rondes : ......
qui sont rouges : ......
qui sont rondes mais qui ne sont pas rouges : ......
qui sont rouges mais qui ne sont pas rondes : ......
qui sont rondes et qui sont rouges : ......

Ecris le nombre de toutes les gommettes dessinées : ......

[Extrait de Mathématique, cours préparatoire – Denise, Polle - ed Delagrave (1977)]

Années 60-70 – la rupture

[Ermel : Apprentissages mathématiques à l'école élémentaire (INRP)]



Nous retrouvons bien dans E les classes de la relation d'équivalence R : $x \mathrel{R} x'$ si et seulement si x et x' ont même reste dans la division par 4 (soit même image par l'application). Cf. exemple I.2.2.

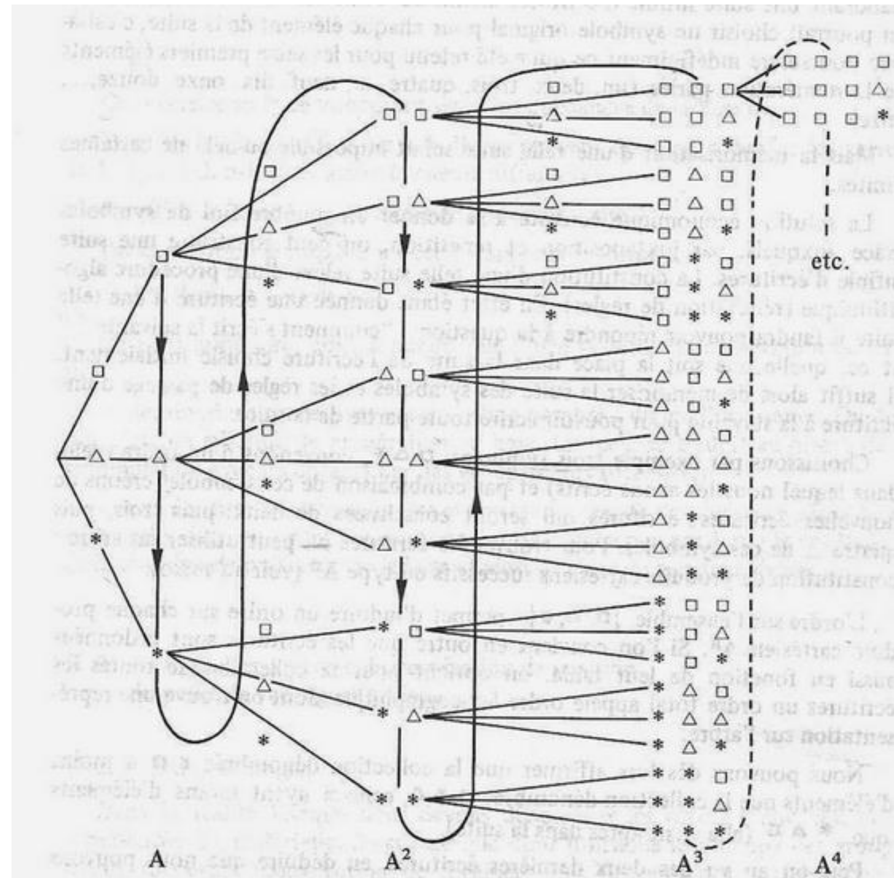
Exemple 3

Soit l'application de l'ensemble d'élèves

$E = \{ a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k \}$

vers l'ensemble $F = \{ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 \}$

telle qu'à un élément x de E on associe la moyenne y de ses notes de contrôles.



Années 60-70 – la rupture

Collège

- Disparition des grandeurs physiques et chimiques du cours de maths
- Structures algébriques, espaces vectoriels, transformations vues comme des applications linéaires

Années 60-70 – la rupture

Galion, Mathématiques Révisions et Exercices 4e-3e (1984)

antécédent

• Étant donné une relation de E vers F, si a est un élément du but F, les antécédents de a (s'il en existe) sont les éléments de la source E qui, par cette relation, ont pour image a.

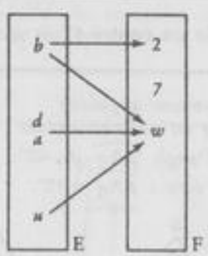
• Si f est une application de E vers F et si a est un élément de F, trouver les antécédents de a par f revient à résoudre **dans** E l'équation d'inconnue x :

$$f(x) = a.$$

Si on connaît la représentation graphique de f, les antécédents de a sont les abscisses des points de cette représentation graphique qui ont a pour ordonnée.

1. *Voici une relation de source E et de but F.*

Pour cette relation :
2 a pour seul antécédent b;
b est l'antécédent de 2;
7 n'a pas d'antécédent.
w a trois antécédents : b, d et u.
b est un antécédent de w.

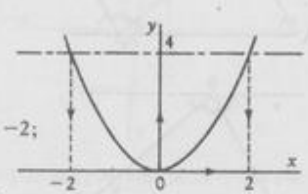


2. *Voici une application :*

$$c \left| \begin{array}{l} \mathbb{R} \longrightarrow \mathbb{R} \\ x \longmapsto x^2 \end{array} \right.$$

par c,
−4 n'a pas d'antécédent;
4 a deux antécédents : 2 et −2;
0 a un seul antécédent : 0.

−2 et 2 sont les antécédents de 4 par c.



Voir : **image, application, bijection.**

bijection

$\mathcal{R}$ est une relation de source E et de but F

« $\mathcal{R}$ est une bijection »

signifie

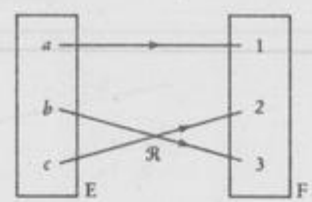
« **Tout** élément de E a une image et une seule dans F et **tout** élément de F a un antécédent et un seul dans E ».

Toute bijection est une application, mais certaines applications ne sont pas des bijections.

$\mathcal{R}$ est une bijection.

$$f \left| \begin{array}{l} \mathbb{Z} \longrightarrow \mathbb{Z} \\ x \longmapsto x+3 \end{array} \right.$$

f est une bijection.



$$g \left| \begin{array}{l} \mathbb{Z} \longrightarrow \mathbb{Z} \\ x \longmapsto 2x+3 \end{array} \right.$$

g n'est pas une bijection.
4 par exemple n'a pas d'antécédent car l'équation dans $\mathbb{Z}$:

$$2x + 3 = 4$$

n'a pas de solution.

On reconnait qu'une application n'est pas une bijection lorsqu'un élément (au moins) du but a plusieurs antécédents ou, n'en a aucun.

Voir : **application, image, antécédent.**

composantes (d'un vecteur)

Dans la **base** $(\vec{i}, \vec{j})$ le vecteur $x\vec{i} + y\vec{j}$ a pour composantes x et y dans cet ordre.

Pour écrire que $\vec{u}$ **a pour composantes x et y,** on écrit aussi :

$$\vec{u}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}.$$

Propriétés :

a. $\vec{u}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ $\vec{u}\,'\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$.

• $\vec{u} = \vec{u}\,'$ **signifie** $\begin{cases} x = x' \\ y = y'. \end{cases}$

• Somme de vecteurs :

$$\vec{u} + \vec{u}\,'\begin{pmatrix} x+x' \\ y+y' \end{pmatrix}$$

somme des premières composantes

somme des deuxièmes composantes

• Produit du vecteur $\vec{u}$ par le réel λ :

$$\lambda\vec{u}\begin{pmatrix} \lambda x \\ \lambda y \end{pmatrix}.$$

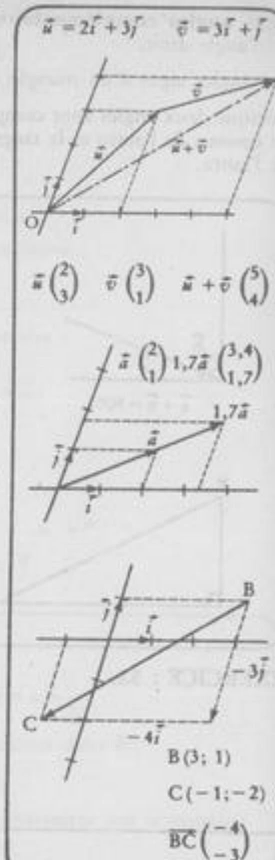
b. B a pour coordonnées (b, b')
C a pour coordonnées (c, c')

dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$

Composantes de $\overrightarrow{OB}\begin{pmatrix} b \\ b' \end{pmatrix}$.

Composantes de $\overrightarrow{BC}\begin{pmatrix} c - b \\ c' - b' \end{pmatrix}$

Point C Point B



EXERCICES : 39, 42, 43.

Voir : **base, coordonnées.**

Années 60-70 – la rupture

Au lycée

- Disparition des mathématiques « utiles » (aux sciences)
- Axiomatique totale : groupes, anneaux, corps, topologie

Années 60-70 – la rupture

Eléments de contexte

- L’influence de Bourbaki
- La massification de l’enseignement, idéal démocratique et collège unique
- La réaction occidentale suite au « choc Spoutnik », une tendance internationale
- Lien avec les sciences humaines, les théories du développement de l’enfant

Quelle méthode ? Quels résultats

- Une énorme force de frappe ministérielle : pilotage au plus haut niveau de l'état, de gros moyens
- Formation initiale, formation continue
- Pilotage par l'examen
- Création du réseau des IREM

…

Mais c'est un échec

- Creusement des inégalités
- Élèves faibles en résolution de problèmes concrets
- Reflux et démodernisation à partir du début des années 80

Un des apports de la réforme des maths modernes : les IREM

- 1968 : Paris, Lyon, Marseille
- Aujourd'hui : ~1 par académie
- Un réseau unique en son genre
- Dès le début : place de l'interdisciplinarité

Une réaction rapide ?

Le thème *grandeurs et mesures* apparaît dans les programmes de mathématiques en …

Une réaction rapide ?

Le thème *grandeurs et mesures* apparaît dans les programmes de mathématiques en …

… 2005

Une réaction rapide ?

Le thème *grandeurs et mesures* apparaît dans les programmes de mathématiques en …

… 2005

… mais peu de grandeurs au lycée

Un écart entre le prescrit et le réel

Exercice 5 ***(20 points)***

Dans une habitation, la consommation d'eau peut être anormalement élevée lorsqu'il y a une fuite d'eau.

On considère la situation suivante :

- Une salle de bain est équipée d'une vasque de forme cylindrique, comme l'illustre l'image ci-dessous.
- Le robinet fuit à raison d'une goutte par seconde.
- En moyenne, 20 gouttes d'eau correspondent à un millilitre (1 ml).

Caractéristiques de la vasque :
Diamètre intérieur : 40 cm
Hauteur intérieure : 15 cm
Masse : 25 kg

Rappels :

$$Volume\ du\ cylindre = \pi \times rayon^2 \times hauteur$$

$$1\ dm^3 = 1\ litre$$

1. En raison de la fuite, montrer qu'il tombe 86 400 gouttes dans la vasque en une journée complète.

2. Calculer, en litres, le volume d'eau qui tombe dans la vasque en une semaine en raison de la fuite.

3. Montrer que la vasque a un volume de 18,85 litres, arrondi au centilitre près.

4. L'évacuation de la vasque est fermée et le logement inoccupé pendant une semaine. L'eau va-t-elle déborder de la vasque ? Justifier la réponse.

5. À la fin du XIXe siècle, la consommation domestique d'eau par habitant en France était d'environ 17 litres par jour. Elle a fortement augmenté avec la généralisation de la distribution d'eau par le robinet dans les domiciles : elle est passée à 165 litres par jour et par habitant en 2004.
En 2018, la consommation des Français baisse légèrement pour atteindre 148 litres d'eau par jour et par habitant.
Calculer le pourcentage de diminution de la consommation quotidienne d'eau par habitant entre 2004 et 2018. On arrondira ce pourcentage à l'unité.

Un écart entre le prescrit et le réel

Un récit et des conséquences bien documentés.

A lire :

Place et rôle des grandeurs dans la construction des domaines mathématiques numérique, fonctionnel et géométrique et de leurs interrelations dans l'enseignement au collège en France

Une thèse de Nathalie Anwandter-Cuellar - Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00736732v1

Autres éléments expliquant cet éloignement

Formation académique

- Moins de 20 % des professeurs des écoles issues de licence de sciences ou de maths
- Des cursus de maths et de physique-chimie très cloisonnés
- Agrégation et CAPES très cloisonnés (exception le CAPLP maths-PC)
- Pas ou peu de chaires maths-Physique

Organisation du système éducatif

- Écriture des programmes cloisonnés (sauf PCM en voie technologique)
- Pas de corps d’inspection maths-PC au collège ou en voie générale et technologique

Epistémologie / didactique / culture

- Sémiotique : poids des notations
- « Calculs » vs Analyse

Et vous, quelle est votre vision du lien maths-PC ?

Avez-vous des compléments à apporter ?

Quelques sources, pour aller plus loin

- Une réforme à l'épreuve des réalités: Le cas des « mathématiques modernes » en France, au tournant des années 1960-1970. Renaud d'ENFERT, Hélène GISPERT - Histoire de l'éducation, No. 131 (JUILLET-SEPTEMBRE 2011)
- Pourquoi, pour qui enseigner les mathématiques ? Une mise en perspective historique de l'évolution des programmes de mathématiques dans la société française au XX e siècle, Hélène GISPERT
- L'enseignement des sciences mathématiques (« rapport Kahane », 2002
- La réforme des mathématiques moderne et l'APMEP. Evelyne Barbin (IREM des pays de la Loire)

Partie I – Eléments historiques

Partie II – Conséquences

A. Des attentes différentes…

Question 3- Calculs : avec ou sans unités ?

digistorm.app/p/5183795

Question 3- Calculs : avec ou sans unités ?

1. Ai-je le droit d’écrire les unités dans les calculs ?
2. Quel intérêt cela aurait pour les élèves ?
3. Et si les élèves ne comprennent pas ?
4. Est-ce que ça augmente la charge mentale ?

Question 4– 4 nuances de proportionnalité

Question 4

digistorm.app/p/5183795

Question 4 – 4 nuances de proportionnalité

Une voiture roule à vitesse constante et parcourt 240 km en 2 h.
On cherche la distance parcourue en 4 h. Pour cela, on utilise la proportionnalité en posant un tableau.

Proposition 1

Distance en km	240	?
durée en h	2	4

$$\text{Donc } d = \frac{240 \times 4}{2} = 480 \text{ km}$$

Proposition 2

Distance	240 km	?
durée	2 h	4 h

$$\text{Donc } d = \frac{240 \text{ km} \times 4 \text{ h}}{2 \text{ h}} = 480 \text{ km}$$

Proposition 3

Distance en km	240	?
durée en h	2	4

4 est le double de 2
donc $d = 2 \times 240 = 480$ km

Proposition 4

Distance	240 km	?
durée	2 h	4 h

La durée est multipliée par 2
donc la distance aussi :
$d = 2 \times 240$ km $= 480$ km

Question 4 – 4 nuances de proportionnalité

Une voiture roule à vitesse constante et parcourt 240 km en 2 h.
On cherche la distance parcourue en 4 h. Pour cela, on utilise la proportionnalité en posant un tableau.

Proposition 1

Distance en km	240	?
durée en h	2	4

Donc $d = \dfrac{240 \times 4}{2} = 480$ km

Proposition 2

Distance	240 km	?
durée	2 h	4 h

Donc $d = \dfrac{240 \text{ km} \times 4 \text{ h}}{2 \text{ h}} = 480$ km

Proposition 3

Distance en km	240	?
durée en h	2	4

4 est le double de 2
donc $d = 2 \times 240 = 480$ km

Proposition 4

Distance	240 km	?
durée	2 h	4 h

La durée est multipliée par 2
donc la distance aussi :
$d = 2 \times 240$ km $= 480$ km

Question 4– 4 nuances de proportionnalité

Une voiture roule à vitesse constante et parcourt 240 km en 2 h. On cherche la distance parcourue en 4 h. Pour cela, on utilise la proportionnalité en posant un tableau.

1. Comment expliquer aux élèves qu'il y a proportionnalité ?
2. Peut-on utiliser le produit en croix ?
3. Quelles alternatives au produit en croix ? Sont-elles nécessaires ?

Question 4 – 4 nuances de proportionnalité

Passage par l'unité

Distance	240 km	**120 km**	480 km
Durée	2h	**1 h**	4 h

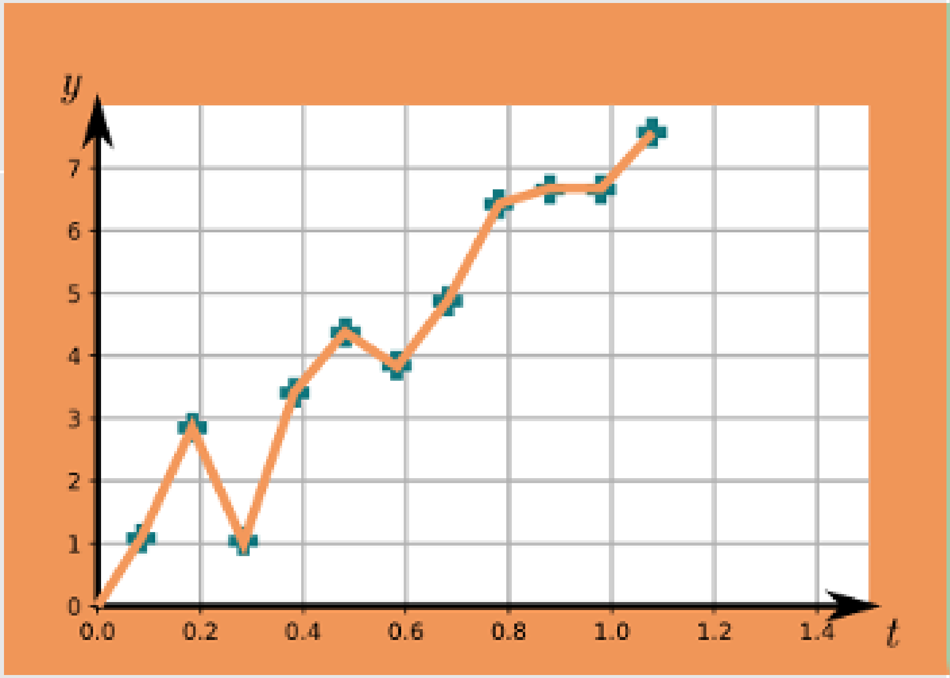
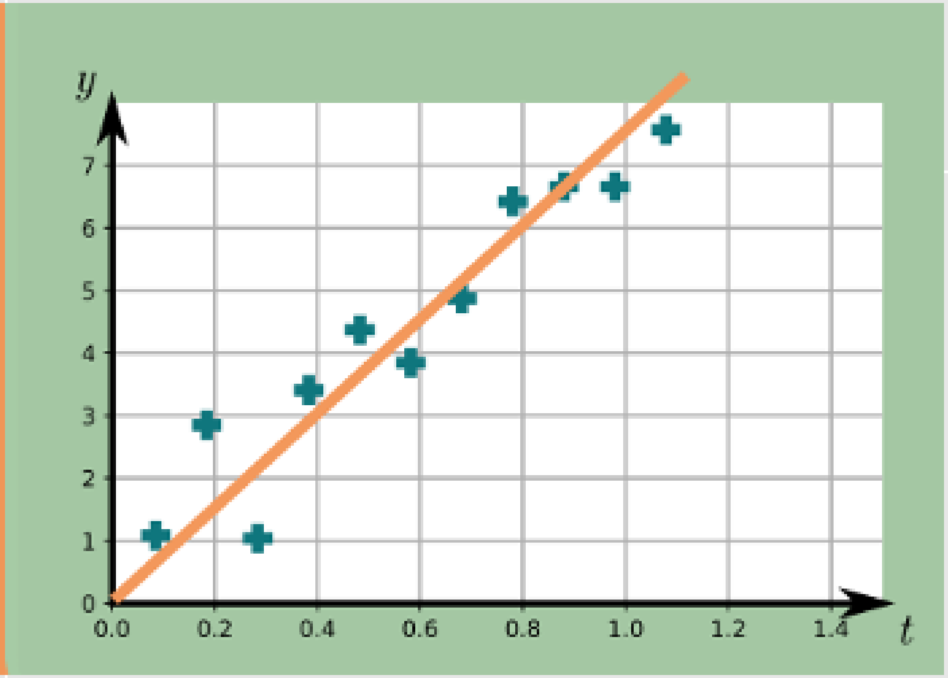
B. Des temporalités différentes, des focales différentes… 2 salles, 2 ambiances !

Ce que l’inspection observe en classe
Ce qu’on trouve le plus souvent dans les manuels

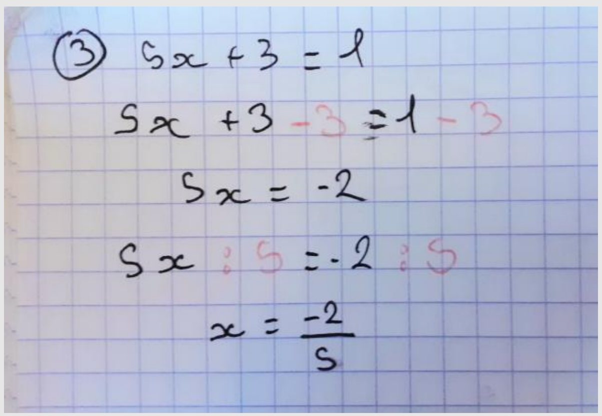
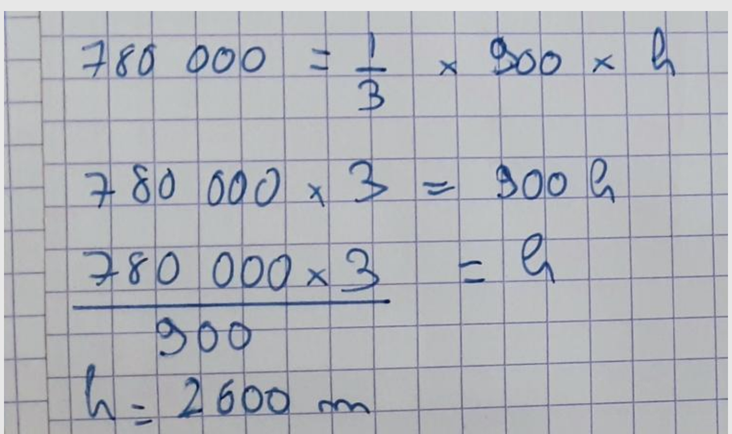
Proportionnalité

Maths	Physique-chimie
Langage naturel, linéarité, coefficient de proportionnalité, tableaux, Thalès	Produit en croix, tableaux
Modèle de la fonction linéaire f(x)=ax, point alignés, équation de droite y=ax Statistiques à 2 variables	Graphique, régression linéaire d'un nuage de points non alignés, formules P=mxg, U=RI, sin(i)=n sin(r), n=CxV, theta=lambda x 1/a, etc.

Proportionnalité

Maths	Physique-chimie
	

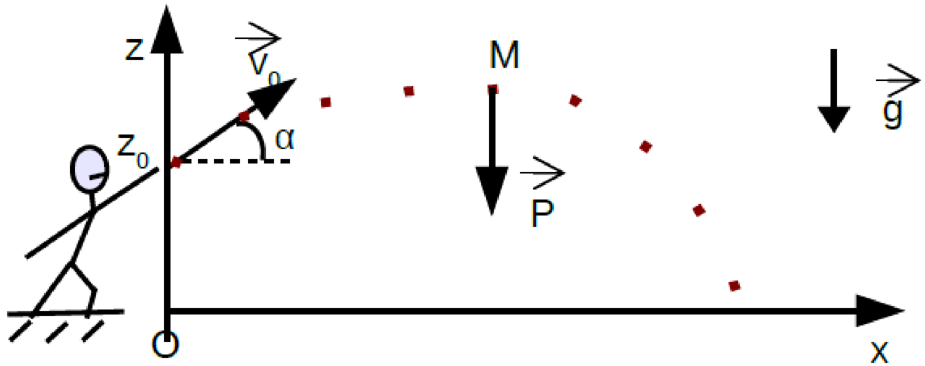
Calcul algébrique

Maths	Physique-chimie
Très progressif à partir de la 5e Registre numérique Peu de nombres décimaux  	S'impose souvent dès la 4e Version Produit : P=mg, U=RI Version quotient : V=D/t, ρ=m/V, P=E/t Calcul littéral, puis application numérique : ρ=mV donc V=m/ρ

Produit scalaire

Maths	Physique-chimie
Focale sur la version cartésienne $\vec{u}.\vec{v} = xx' + yy'$ En passant vite aux nombres Pour trouver zéro (recherche d’un vecteur normal)	Focale sur la version vectorielle W=$\vec{F}.\overrightarrow{AB} = F \times AB \times cos\alpha$ En gardant des lettres, Pour raisonner qualitativement sur des valeurs positives ou négatives

Fonctions

Maths	Physique-chimie
$p(x) = 2x^3 - 30x^2 + 150x + 6$	
$f : x \rightarrow f(x) = -\frac{1}{2} g x^2 + v_0 \sin\alpha\, x + z_0$	$z(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin\alpha\, t + z_0$
$h : x \rightarrow h(x) = \frac{-g}{2 v_0{}^2 \cos^2\alpha} x^2 + \tan\alpha\, x + z_0$	$z(x) = \frac{-g}{2 v_0{}^2 \cos^2\alpha} x^2 + \tan\alpha\, x + z_0$

Equations différentielles

Maths	Physique-chimie
y'=ay+b	$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{h \times S}{m \times c} \times \theta + \frac{h \times S}{m \times c} \times \theta_e$

Partie I – Eléments historiques
Partie II – Conséquences
Partie III – Quelles solutions ?

Quelles solutions ?

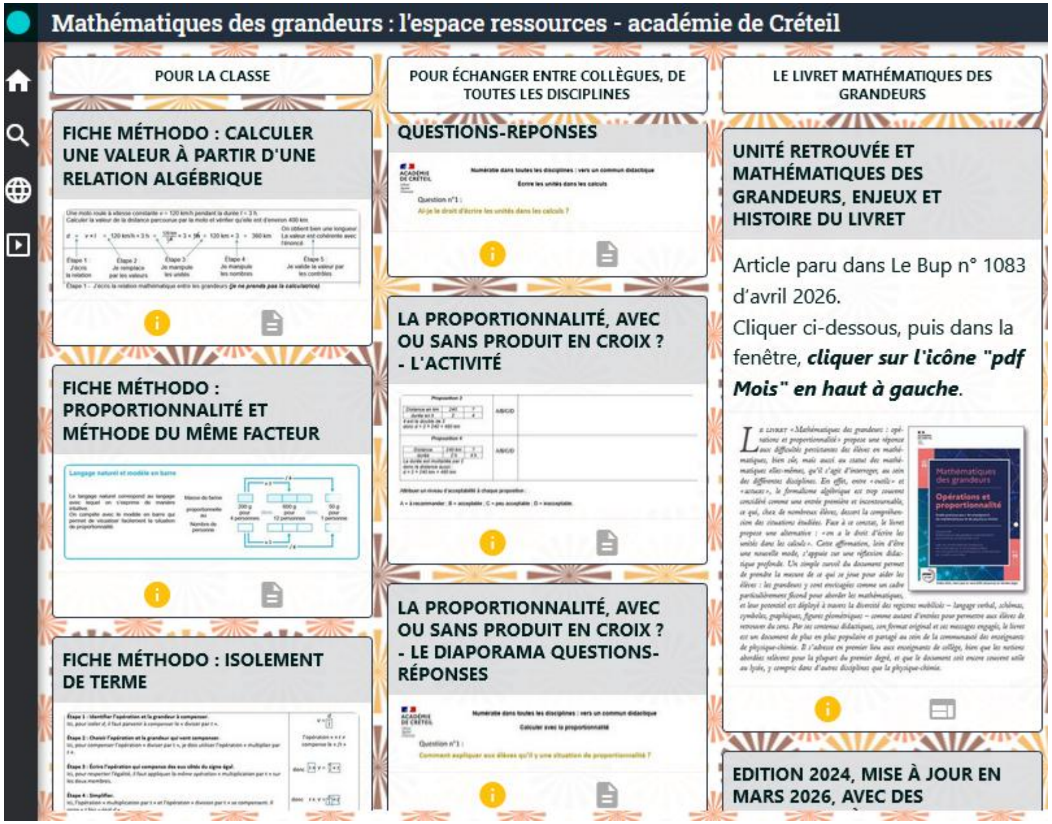
- Côté maths : (re)donner toute leur place au grandeurs physiques et chimiques dans le cours de mathématiques ?
- Coté physique-chimie : assumer de contribuer à l’apprentissage des mathématiques par les élèves ?

Quelles solutions ?

- Faire équipe !
- Progressions concertées
- Activités ou séquences à 4 mains
- Co-animation
- Méthodologie commune
- Automatismes en commun
- Exercices à double correction

Quelles ressources ?

Mathématiques des grandeurs



- Le livret Maths des grandeurs
- Le digipad de l'académie de Créteil

Quelles ressources ?
Mathématiques « à 4 mains »

- [Les ressources du groupe PCM en voie technologique de l'académie de Rennes]

Mathématiques en Physique-Chimie

Des ressources pour travailler en cohérence avec les mathématiques

PCM en voie technologique - Procédures de calcul et automatisation

Les procédures de calcul algébrique, littéral ou non, ne sont pas toujours bien installées à l'entrée en voie technologique STI2D ou STL. Les élèves ne transfèrent pas toujours des procédures maitrisées en mathématiques dans un contexte de physique-chimie (ou réciproquement). Ils ont par ailleurs parfois recours à des astuces (triangle magique, « passer de l'autre côté », etc.) dont l'efficacité est limitée. Dans cet article, il est proposé :

- de rappeler aux élèves les propriétés mathématiques - et donc rigoureuses - sous-jacentes ;
- d'exhiber en parallèle des exemples empruntés aux mathématiques et à la physique-chimie pour montrer que les mêmes procédures s'appliquent dans les deux disciplines ;
- d'automatiser ces procédures en proposant régulièrement des tâches de calcul dans les cours de physique-chimie et de mathématiques impliquant des exemples empruntés aux deux disciplines.

PCM en voie technologique - Approche bidisciplinaire de situations d'étude

Les compétences mathématiques sont souvent mobilisées dans le cadre des apprentissages en physique-chimie. Les élèves ont cependant parfois des difficultés à établir du lien entre les deux disciplines. Ces ressources explorent trois pistes pour aborder ces compétences de manière concertée entre les deux professeur-es intervenant sur l'enseignement de Physique-Chimie et Mathématiques en voie STI2D ou STL.

- La première consiste à proposer deux énoncés d'un même exercice : l'un dans le cours de mathématique, l'autre dans le cours de physique-chimie.
- La seconde consiste à proposer des énoncés croisés, une partie des questions étant traitées en cours de mathématiques, l'autre en cours de physique-chimie.
- La troisième consiste à effectuer la correction d'un même exercice dans les deux cours. L'exercice peut-être traité dans l'un ou l'autre des cours (ou à la maison), la correction est ensuite faite dans les deux cours, celui de mathématiques et celui de physique-chimie.

Quelles ressources ?

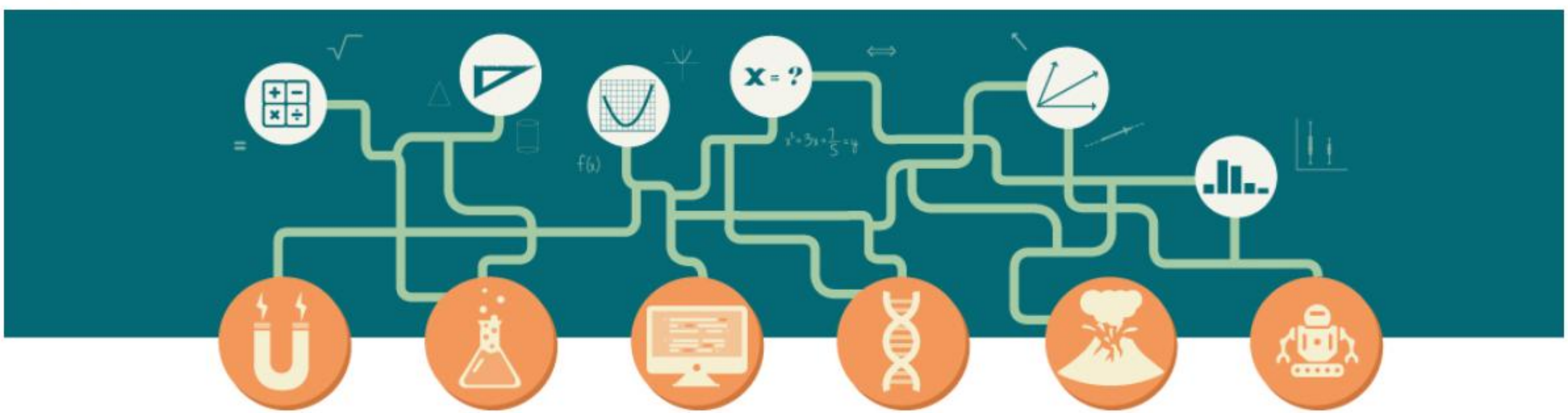
Mathématiques « à 4 mains »

- Les fiches et les quizz du projet Maths4sciences

-> [Terminale – début de sup]

maths 4 Sciences

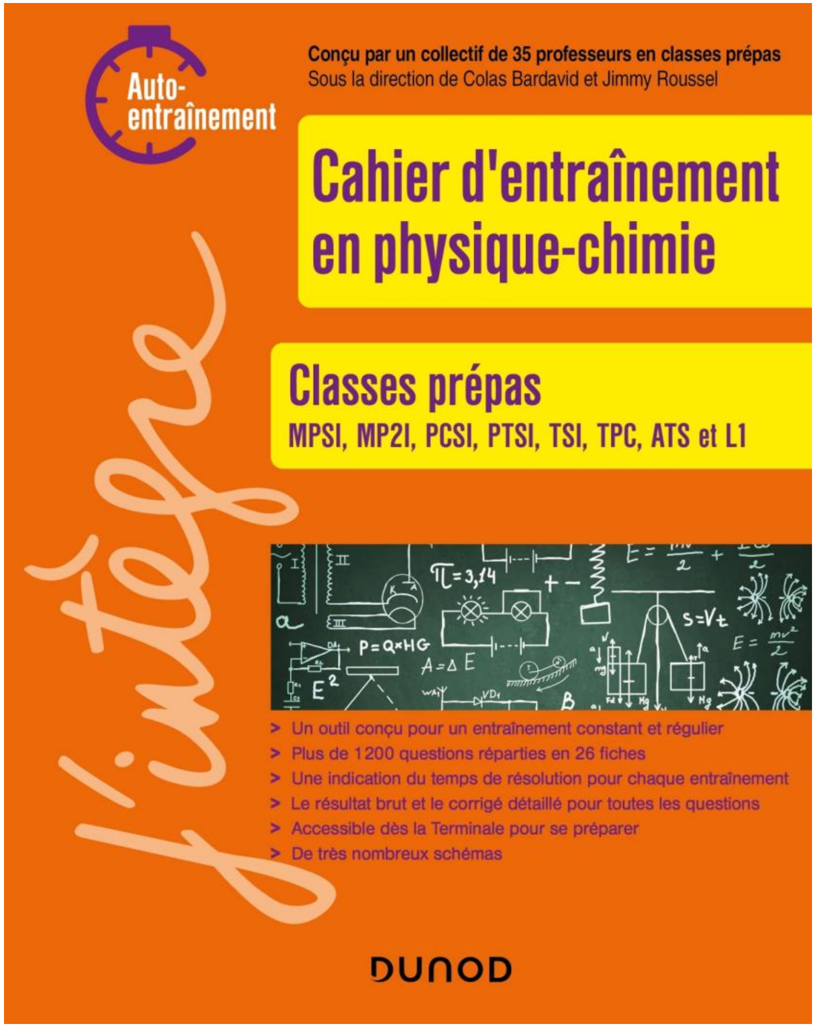
MATHÉMATIQUES POUR LES SCIENCES



Quelles ressources ?

(pour les collègues de physique-chimie du sup)

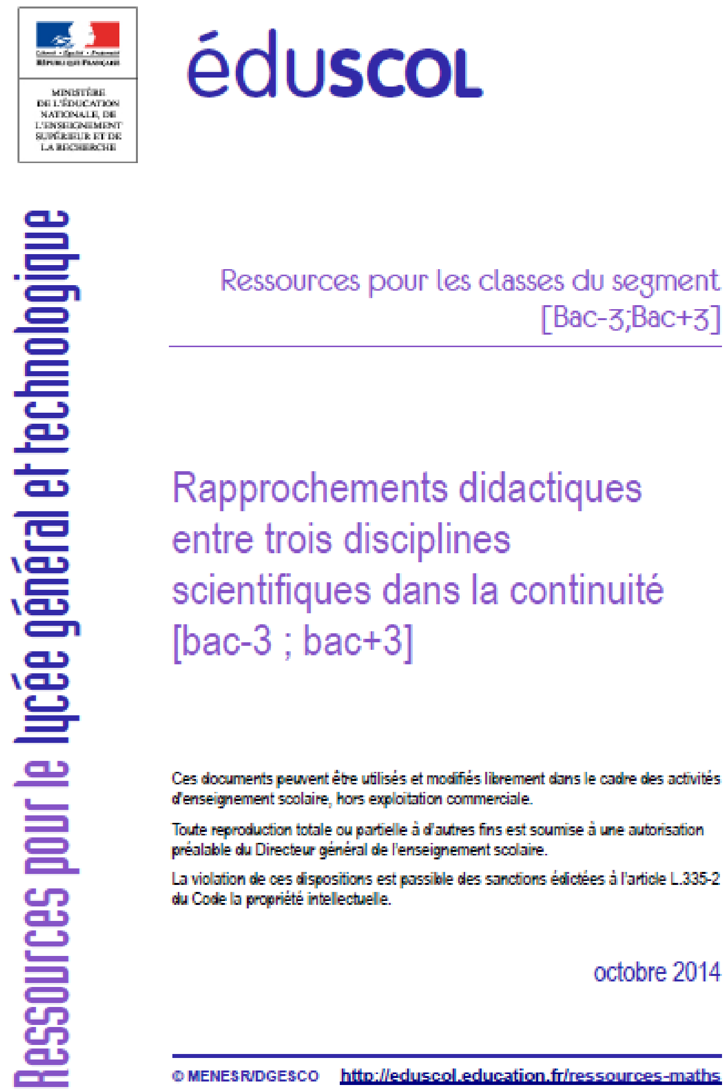
- Cahier d'entraînement en physique-chimie



Quelles ressources ?

(pour réfléchir)

- [Le blog de la didacticienne Aude Caussarieu]
- Une ressource éduscol plus toute jeune



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

éduscol

Ressources pour le lycée général et technologique

Ressources pour les classes du segment [Bac-3;Bac+3]

Rapprochements didactiques entre trois disciplines scientifiques dans la continuité [bac-3 ; bac+3]

octobre 2014

 http://eduscol.education.fr/ressources-maths

Question 5 - Des idées pour nourrir le lien entre maths et PC ? Des réactions ? Des réflexions ? Exprimez-vous !