

VISION SCIENCE

22-24 janvier 2026, ETHZ

Eduquer pour un avenir durable dans la
formation des enseignants de sciences

Enjeux et pratiques au degré gymnasial

Plan

Analyse des objectifs
de la maturité au
regard des retours
élèves et enseignants

Proposition d'une
approche innovante et
transformative de
l'enseignement de la
physique

Mises en œuvre

Echanges

Analyse des objectifs de la maturité

Retours des élèves

à quoi ça sert ? / pas assez concret

trop compliqué/ trop difficile

J'aime les expériences, mais les calculs sont compliqués

Trop mathématique, trop abstrait

Pas de lien entre les expériences et la théorie

Trop d'efforts

Pas actuel

Objectifs généraux de formation

viequotidienne observation
expérience
scientifique
physique méthodes
science modèle
connaissances
phénomènes
enseignement
représentation

 Créé avec Wooclap

Analyse des objectifs de la maturité

Retour des enseignants en formation

Hétérogénéité des niveaux mathématiques complique l'enseignement

Manque de temps / rythme trop soutenu (peu de place pour l'approfondissement)

Contraintes matérielles et organisationnelles limitent la place de l'expérimentation

La pression de l'évaluation diminue le temps consacré à l'exploration et/ou aux discussions

Difficile de maintenir la motivation, l'intérêt des élèves

Les élèves se focalisent sur les formules au détriment de la compréhension

Objectifs généraux de formation

vie quotidienne observation
expérience
scientifique
physique méthodes
science modèle
connaissances
phénomènes
enseignement
représentation

 Créé avec Wooclap

Analyse des objectifs de la maturité

Objectifs généraux de formation

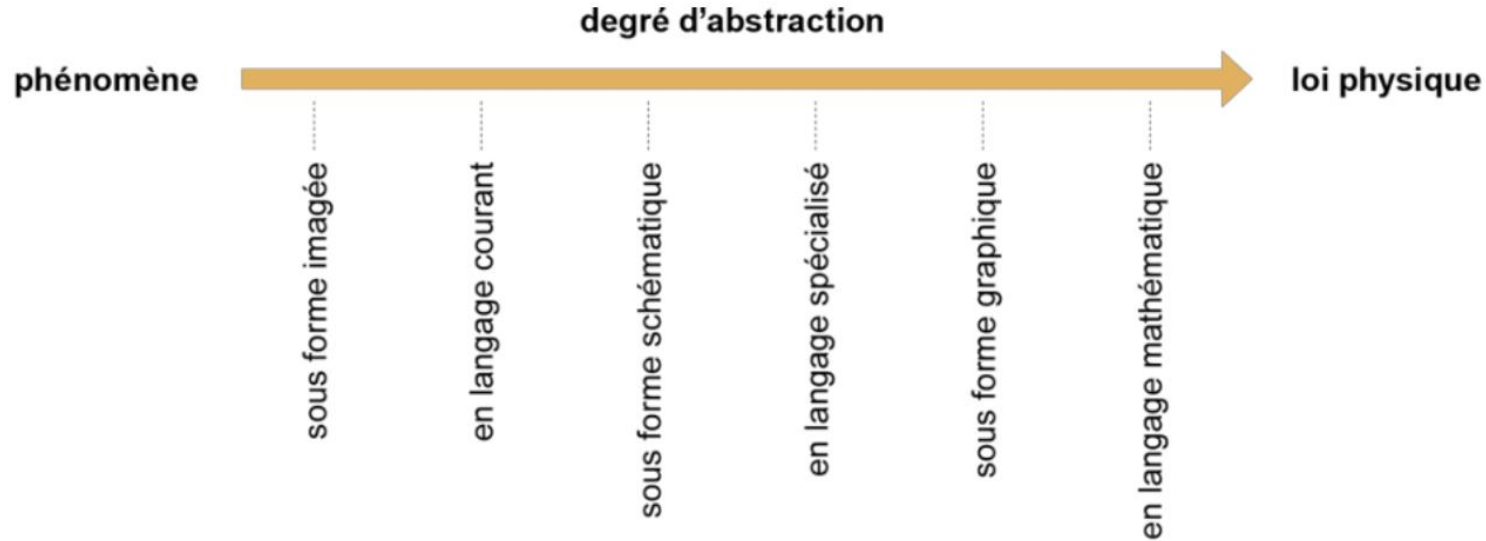


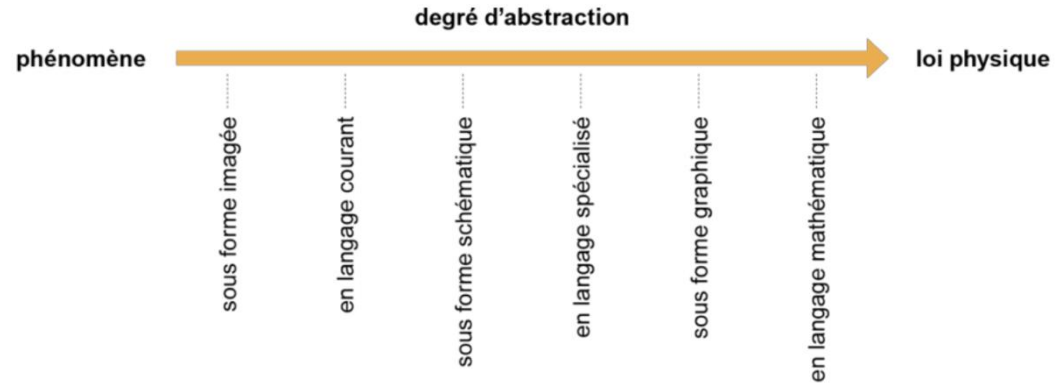
Figure 6 : Formes de représentation verbales et visuelles sur le chemin de la connaissance en physique

Pertinent comme outil de lecture partielle

- Progression du degré d'abstraction
- Connaissance scientifique s'appuie sur des formes de représentation variées
- Rend visible une dimension épistémologique de la physique : construction de modèles abstraits à partir du réel

Analyse des objectifs de la maturité

Objectifs généraux de formation



Limites du schéma

- **Vision linéaire et téléologique**

Aller-retours constants, phénomènes parfois prédits/pensés avant l'observation, compréhension ne progresse pas de façon cumulative

- **Réduction de la physique à ses formes formelles**

Compréhension conceptuelle, raisonnement qualitatif, argumentation causale, l'intuition physique, discussion sur les limites de validité des modèles

- **Invisibilisation de l'activité scientifique réelle**

Expérimentation comme activité itérative, rôle de l'incertitude, de l'erreur, de la controverse, dimension historique et sociale, pluralité des modèles

Pris isolément :

Vision formaliste de la physique, confusion entre maîtrise mathématique et compréhension physique, hiérarchisation implicite selon l'aisance mathématique

⇒ **perte de sens pour les élèves, difficulté à relier les lois aux phénomènes vécus, conception élitiste et désincarnée de la discipline**

Analyse des objectifs de la maturité

Contribution à l'encouragement des compétences transversales

Compétences méthodologiques transversales

- Appliquer différents types de raisonnement cognitif ...
- Etablir des description/comparaison ...
- Enoncer
- Représenter des faits par des formes non-verbales...
- Effectuer des mesures ...

Chiffrer les incertitudes de mesure et interpréter les données

Elèves : On calcule l'incertitude parce qu'il faut le faire, mais je ne sais pas trop ce que ça change.

Enseignant.e.s : L'interprétation des incertitudes est difficile à faire comprendre, surtout dans le temps imparti.

Raisonnement

Elèves : En physique, on nous demande surtout d'appliquer la formule. Le raisonnement, c'est surtout pour arriver au calcul.

Enseignant.e.s : Les élèves ont de la peine à raisonner sans équations, alors on finit souvent par formaliser rapidement.

Forme non-verbale

Elèves : Les schémas, c'est surtout pour comprendre l'exercice, mais ce n'est pas vraiment noté.

Enseignant.e.s : Les schémas sont utiles, mais à l'examen, ce sont surtout les résultats qui comptent.

Analyse des objectifs de la maturité

Contribution à l'encouragement des compétences transversales

Compétences personnelles

- s'intéresser à des problématiques scientifiques en faisant preuve de curiosité, de concentration et de créativité...
- intégrer des conclusions scientifiques dans la vie quotidienne...

Curiosité, intérêt, créativité

Elèves : La physique est intéressante, mais on n'a pas vraiment le temps d'explorer, il faut avancer.

Enseignant.e.s : J'aimerais laisser plus de place à l'exploration, mais le programme est très dense.

Vie quotidienne

Elèves : Je ne vois pas trop en quoi ce qu'on fait en physique me sert dans la vie de tous les jours.

Enseignant.e.s : Faire des liens avec le quotidien est intéressant, mais cela demande du temps et des exemples bien choisis.

Analyse des objectifs de la maturité

Contribution à l'encouragement des compétences transversales

Compétences socio-communicatives

- Représenter de manière appropriée ce qui a été appris ...
- Se positionner dans la tension entre scientificité objective et formation d'opinion politique...

Représenter

Elèves : En physique, on parle peu ; on écrit surtout des calculs.

Enseignant.e.s : Faire parler les élèves en physique demande un cadre très structuré, sinon on perd du temps.

Se positionner

Elèves : En physique, il n'y a pas d'opinion, c'est juste vrai ou faux.

Enseignant.e.s : Ces discussions sont importantes, mais difficiles à cadrer sans sortir du programme.

Analyse des objectifs de la maturité

Contribution à l'encouragement des compétences transversales

Conclusions :

- ❖ Ce qui n'est ni explicitement enseigné, ni explicitement évalué tend à disparaître dans la perception des élèves
- ❖ Décalage entre l'ambition épistémologique des compétences visées et leur traduction dans les pratiques de classe
- ❖ Objectifs reconnus légitimes, leur visibilité et leur appropriation reste limitée (dimensions sociales, interprétatives, communicationnelles)

Analyse des objectifs de la maturité

Déplacement important : physique n'est plus seulement pensée comme une discipline autonome

Contribution aux compétences disciplinaires de base constitutives de l'aptitude générale aux études

- Contribution aux compétences de base dans la langue d'enseignement constitutives de l'aptitude générale aux études

Niveau de langage

Elèves : Le plus difficile, ce n'est pas le calcul, c'est de comprendre ce que l'exercice demande vraiment.

Les textes en physique sont compliqués, il y a beaucoup de mots qu'on n'utiliserait jamais autrement.

Enseignant.e.s : La compréhension du langage scientifique est essentielle, mais on n'a pas toujours le temps de la travailler explicitement.

Arguments

Elèves : En physique, on n'analyse pas vraiment des textes, ça c'est plutôt en français ou en histoire.

Analyse des objectifs de la maturité

Contribution aux compétences disciplinaires de base constitutives de l'aptitude générale aux études

- Contribution aux compétences de base en mathématiques constitutives de l'aptitude générale aux études

Liens

Elèves : Je sais utiliser la formule, mais je ne sais pas toujours ce qu'elle veut dire physiquement.

Passer d'un graphique à une équation, ou l'inverse, ce n'est pas évident.

Représentations

Elèves : Ce qui compte vraiment, c'est l'équation finale.

Enseignant.e.s : Les représentations multiples sont importantes, mais les élèves sont évalués surtout sur les équations.

Analyse des objectifs de la maturité

Convergences

- Rôle central des mathématiques
- Difficulté de passer d'un registre de représentation à un autre

Tensions

- Élèves : réussite en physique = performance formelle
- Enseignants : reconnaissent l'importance des compétences langagières et représentationnelles mais peinent à institutionnaliser dans leurs pratiques

Analyse des objectifs de la maturité

Domaines de formations et compétences disciplinaires

❖ Méthodes de la physique

Reconnaître – Expérimenter - Communiquer

❖ Forces et mouvements

Forces et mouvements - Gravitation

❖ Matière et énergie

Matière - Energie

❖ Électricité et magnétisme

Charges électriques et courant - Aimants et charges mobiles

❖ Oscillations et ondes

Oscillations et ondes mécaniques – Son et lumière

❖ Espace, temps, quanta

La lumière comme corpuscule – Aspects choisis de la physique moderne

Très majoritairement structuré autour de la physique classique

Physique moderne : ouverture épistémologique, pas de réelle intégration disciplinaire

Analyse des objectifs de la maturité

Domaines de formations et compétences disciplinaires

Elèves :

On a l'impression de refaire toujours un peu la même physique, avec des formules différentes.
Quand on parle de physique moderne, c'est toujours très rapide, alors que c'est ça qui donne envie.
La quantique, c'est compliqué, mais au moins on se pose des vraies questions.

La physique, c'est surtout pour ceux qui vont continuer en sciences.

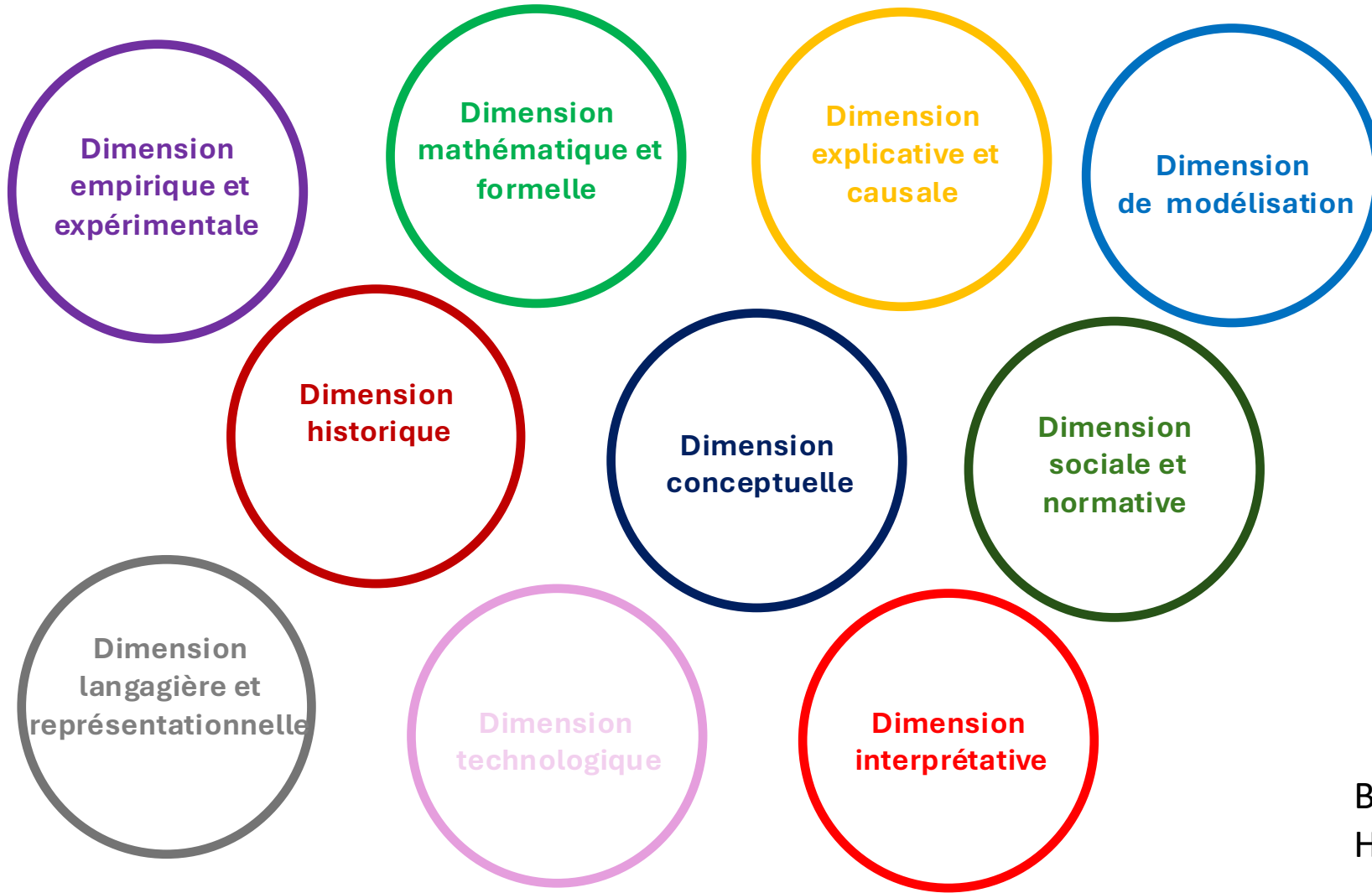
- **Orientation perçue par les élèves comme déconnectée des enjeux de la société contemporaine**
- **Physique scolaire = discipline essentiellement formelle et héritée**

Conclusions

- contenu disciplinaire participe à la vision formaliste de la physique
- nécessité d'une nouvelle approche, non pas en remplaçant les contenus, mais en changeant le regard épistémologique porté sur eux.

| Compétences épistémologiques visées | Potentiel de la physique classique |
|-------------------------------------|---|
| Modélisation | Point matériel, système isolé, forces |
| Rôle des hypothèses | Absence de frottements, régimes limites |
| Statut des lois | Validité des lois selon des domaines |
| Mesures et incertitude | Expériences reproductibles, ordre de grandeur |
| Représentations multiples | Schémas, graphiques, équations, langage |
| Interprétation | Sens physique des grandeurs |
| Histoire des sciences | Construction progressive des concepts |

Dimensions épistémologiques de la physique



Bachelard, Kuhn, Duhem,
Heisenberg, Redish

Nouvelle approche

Enseigner la physique des modèles

Travailler explicitement les hypothèses et les limites

Redonner un rôle central aux représentations

Réhabiliter le raisonnement qualitatif en articulation avec le quantitatif

Utiliser l'histoire des sciences comme outil

Faire de l'interprétation un objectif explicite

➤ La nature de la Science

➤ **Enseignement conceptuel** : recherche du sens pas seulement de l'abstraction. Un concept physique peut être vu comme ce qui reste invariant quand on change de forme de représentation. Circulation entre les formes

➤ **Repenser l'enseignement de la physique en faisant des thématiques disciplinaires des terrains d'exercice des compétences scientifiques, plutôt que des objets d'enseignement autonomes.**

➤ **L'éducation à la durabilité s'inscrit naturellement dans cette approche** : vise des situations complexes, systémiques, souvent non idéales. Les enjeux de durabilité sont multi-échelles (local ↔ global, instantané ↔ long terme), et combinent phénomènes physiques, choix humains, incertitudes.

Nouvelle approche

Idées-clé de la Nature de la Science (NOS)

- Les connaissances scientifiques sont construites, pas simplement découvertes toutes faites
- Les observations dépendent des modèles, des instruments et du contexte
- Les modèles, lois et théories ont des rôles différents (un modèle n'est pas "la réalité")
- La science est provisoire : les connaissances peuvent évoluer avec de nouvelles données
- La science est une activité humaine et sociale (collaboration, débats, controverses)
- Il n'existe pas une seule "méthode scientifique" universelle, mais une diversité de démarches
- Les sciences sont influencées par des contextes historiques, culturels et institutionnels

Exemple : $F = m \cdot a$

- ce n'est pas seulement savoir que $F = m \cdot a$

mais c'est aussi comprendre que :

- cette loi est un modèle valable dans certains cadres,
- elle a été construite historiquement,
- elle repose sur des choix de concepts (force, masse, accélération),
- elle peut être dépassée dans d'autres cadres (relativité, mécanique quantique).

Nouvelle approche

Enseignement conceptuel

- Conceptions initiales des élèves (pas d'ignorance, on les rend explicite, situations dans lesquelles elles sont mises en tension)
- Concept physique se construit par approximations successives, s'affine au fil des situations (incomplétude provisoire)
- Situations-problèmes
- Construction du concept par le langage oral, l'argumentation, la confrontation des points de vue
- La modélisation
- L'articulation expérience/théorie (aller-retours constants)
- Rupture avec le raisonnement téléologique (met en avant causalité, interactions, lois)
- Evaluation centrée sur la compréhension

Exemple : Pourquoi un palet continue-t-il à glisser alors qu'on ne pousse plus ?

Nouvelle approche

Enseignement par compétences

- Analyser une situation physique
- Choisir un modèle pertinent
- Raisonner et justifier
- Mettre en œuvre des outils mathématiques
- Communiquer des résultats

Exemple : Un chariot descend un plan incliné. On observe qu'il accélère. Expliquer et prévoir son mouvement

- Vidéo du mouvement -> extraction de $x(t)$ et $v(t)$
- Constat expérimental : accélération constante
- Identification des forces
- Application du principe fondamentale de la dynamique
- Validation par confrontation modèles /mesures

*Exemples : Peut-on prévoir la distance de freinage d'une voiture en fonction de sa vitesse ?
Pourquoi deux objets ne tombent-ils pas de la même manière ?*

Nouvelle approche

Eduquer à la durabilité

- Dimensions scientifiques et conceptuelles
- Dimensions technologiques et sociétales
- Dimension critique et éthique
- Dimension interdisciplinaire
- Dimension méthodologique et expérientielle
- Dimension attitudinale et comportementale

Mobiliser les concepts de physique pour analyser des situations réelles durables

Développer l'esprit critique sur les technologies et leurs conséquences

Former des citoyens capables de prendre des décisions éclairées

Situer la physique dans un système global et complexe

Apprendre par l'expérience et la démarche scientifique tout en intégrant la durabilité

Faire de l'élève un acteur engagé

Nouvelle approche

Ce qui ne semble pas être efficace :

- Enseigner ce qu'il faut penser, vouloir convaincre
- Enseigner le climat : ajout d'une thématique supplémentaire dans un programme déjà chargé, lassitude/effet de mode, éco-anxiété
- Favoriser des types de raisonnements, des méthodes, des représentations au détriment des autres

Ce qui semble être efficace :

- Enseigner les modèles et leurs limites
- Enseigner avec les questions socialement vives
- Enseignement contextualisé par problématique
- Enseignement par projet (en partant des élèves)

Nouvelle approche

Levier face aux complotistes, platistes, climatosceptiques,...

Sortir de l'alternative « croire / ne pas croire »

L'EDD, bien articulée à la NOS, permet de poser la question autrement :
« Que permet de dire la science, et que fait-on de cette connaissance ? »

On ne demande pas aux élèves :

- d'adhérer à une position,
- mais de comprendre les conditions de décision sous incertitude.

La Nature de la Science permet de déplacer le climato scepticisme du registre de la croyance vers celui de l'analyse des pratiques scientifiques, en outillant les élèves pour comprendre comment des connaissances robustes se construisent malgré l'incertitude.

Nouvelle approche

Levier face à l'éco-anxiété

Intégrer l'EDD sans éco-anxiété : être dans le présent

- L'EDD ne se limite pas au futur : elle s'ancre dans le présent
- S'inspirer des manières dont les sociétés passées se projetaient de façon prospective
- Prendre en compte la pluralité des temporalités (passé, présent, futur)
- Reconnecter le passé pour éclairer l'action présente

Hervé, N. (2021). *Penser le futur : Un enjeu d'éducation pour faire face à l'Anthropocène*. ENS Éditions.

Mises en œuvre

Limitation de la surcharge cognitive

- Utilisations d'outils numériques (mesures, traitement, ...)
- Thématiques ne sont pas toutes approfondies au même niveau (choix opérés)

Susciter l'intérêt et la curiosité

- Privilégier les outils « accessibles » aux élèves et limiter les outils/appareils qui ne sont plus/peu utilisés en sciences et/ou dans la vie quotidienne
- Partir de situations authentiques pour les élèves
- Faire le lien avec la société et/ou les recherches scientifiques

Mises en œuvre

Au lieu de partir de « *quels contenus enseigner ?* », on part de « *que doivent savoir faire les élèves en physique ?* »

- Séquence A : Décrire et modéliser un système
- Séquence B : Mesurer – incertitudes et fiabilité
- Séquence C : Relier modèles et données
- Séquence D : Changer de cadre ou de point de vue
- Séquence E : Expliquer et argumenter scientifiquement

Mises en œuvre

Au lieu de partir de « *quels contenus enseigner ?* », on part de « *que doivent savoir faire les élèves en physique ?* »

• Séquence A : Décrire et modéliser un système

Modéliser le réel : Construire, utiliser et critiquer des modèles physiques

Objectifs visés

- Identifier les variables pertinentes
- Formuler des relations (qualitatives ou quantitatives)
- Comprendre les limites d'un modèle

Mises en œuvre

- Comparer différents modèles pour un même phénomène
- Passer d'une description qualitative à une relation mathématique
- Tester la validité d'un modèle sur des données expérimentales

Les contenus (forces, champs, énergie, etc.) apparaissent comme outils, pas comme finalité.

Mises en œuvre

Au lieu de partir de « *quels contenus enseigner ?* », on part de « *que doivent savoir faire les élèves en physique ?* »

• Séquence B : Mesurer – incertitudes et fiabilité

Mesurer et expérimenter : Interagir avec le réel de manière contrôlée

Objectifs visés

- Concevoir un protocole
- Identifier sources d'erreurs et incertitudes
- Exploiter des données

Mises en œuvre

- Concevoir une expérience pour répondre à une question donnée
- Choisir un capteur ou un dispositif pertinent
- Comparer mesures réelles et valeurs attendues

Les notions physiques émergent au fil des besoins expérimentaux.

Mises en œuvre

Au lieu de partir de « *quels contenus enseigner ?* », on part de « *que doivent savoir faire les élèves en physique ?* »

• Séquence C : Relier modèles et données

Raisonner avec des grandeurs et des lois : Utiliser la physique comme langage formel

Objectifs visés

- Passer d'une situation concrète à une formalisation
- Travailler avec des ordres de grandeur
- Articuler mathématiques et physique

Mises en œuvre

- Estimations rapides (« est-ce plausible ? »)
- Analyse dimensionnelle
- Raisonnements par cas limites

La priorité est la structure du raisonnement, pas la thématique

Mises en œuvre

Au lieu de partir de « *quels contenus enseigner ?* », on part de « *que doivent savoir faire les élèves en physique ?* »

• Séquence D : Changer de cadre ou de point de vue

Expliquer, argumenter, communiquer : Donner du sens aux résultats physiques

Objectifs visés

- Construire une explication causale
- Argumenter à partir de données ou de modèles
- Communiquer clairement (oral / écrit / schéma)

Mises en œuvre

- Comparer deux explications concurrentes
- Justifier un choix de modèle
- Produire une synthèse scientifique courte

La physique devient un discours raisonné, pas un catalogue de formules.

Mises en œuvre

Au lieu de partir de « *quels contenus enseigner ?* », on part de « *que doivent savoir faire les élèves en physique ?* »

• Séquence E : Expliquer et argumenter scientifiquement

Évaluer la portée et les limites de la physique : Développer l'esprit critique scientifique

Objectifs visés

- Identifier hypothèses implicites
- Reconnaître les limites des modèles
- Mettre en perspective savoir scientifique et réalité

Mises en œuvre

- Étude de situations où la physique « échoue » ou simplifie trop
- Analyse critique de résultats numériques ou de simulations
- Discussion sur ce que la physique peut / ne peut pas dire

L'objectif est clairement lié à la maturité scientifique et sociale.

Mises en œuvre

Evaluations (60%)

Epreuves (30%) : Conceptuelle, Application, Problème

Travail expérimental (20%) : Laboratoires classiques

Projet de groupe (10%) : Construire un dispositif énergétique

Compétences : Analyser, Modéliser, Reasonner, Communiquer

Evaluations certificatives (40%)

- Questions conceptuelles,
- Questions de modélisation (cadre théoriques, limites, ...)
- Questions d'application
- Problèmes à choix « Worked Examples »

Avec des critères : unités, chiffres significatifs, ordre de grandeur, cohérence, esprit critique

Conclusions / Echanges

- Les contenus disciplinaires restent indispensables ; la proposition, c'est de changer leur fonction : de finalités à supports de développement des compétences scientifiques.
- la progressivité est possible
- cette approche devrait réduire certaines difficultés, notamment chez les élèves moyens.
- Les mathématiques ne sont en aucun cas ignorées dans cette approche ; elles constituent un point d'entrée parmi d'autres. En cessant d'être le passage obligé systématique, elles changent de statut et deviennent un véritable objet conceptuel de la physique, porteur de sens et de structure.

Merci pour votre attention et vos retours

muriele.jacquier@unige.ch