



La modélisation

Une démarche essentielle pour
l'apprentissage de la physique-chimie

Jacques Vince

Lycée Mérieux

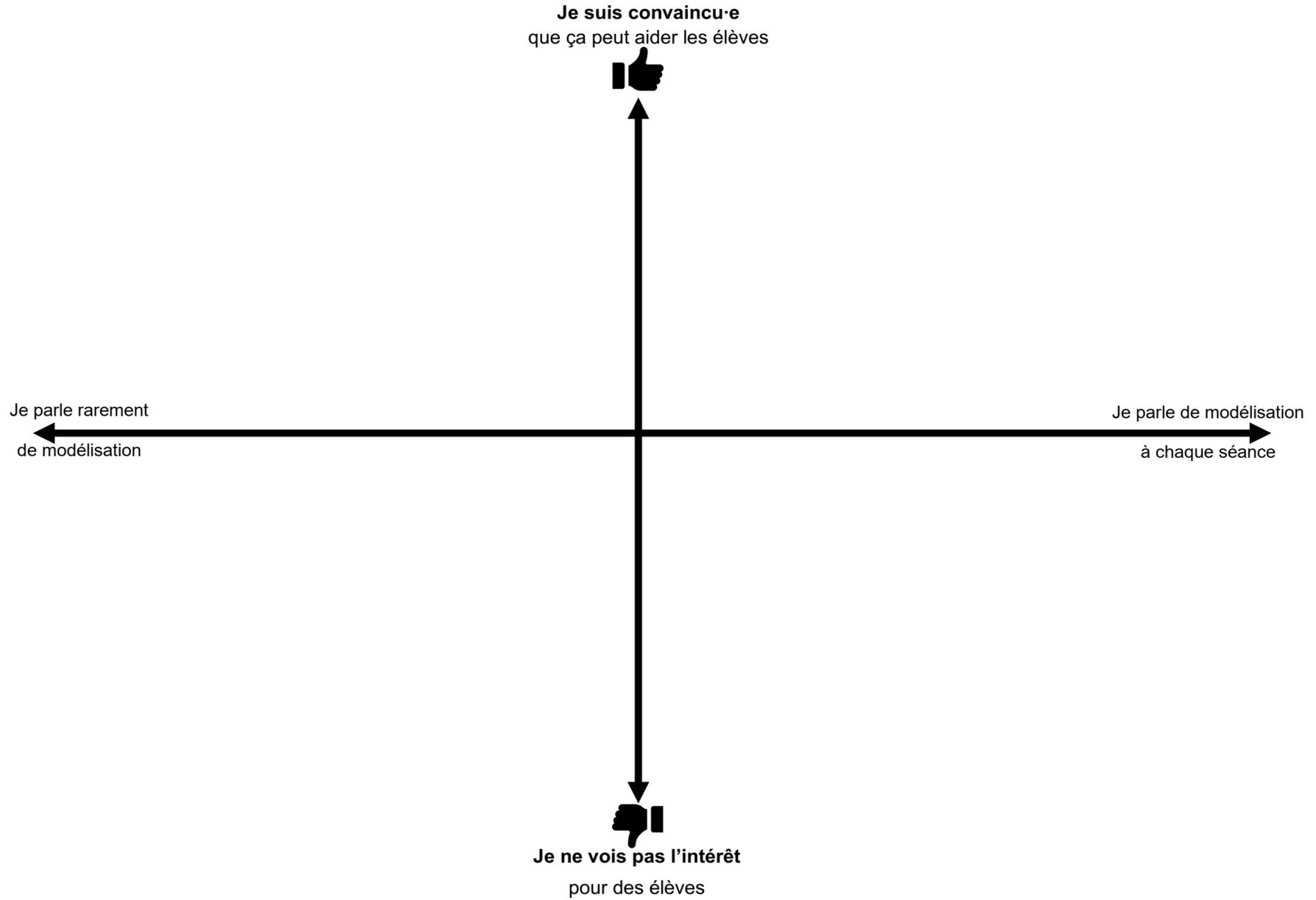
Enseignant associé à l'Ifé

jvince@ac-lyon.fr
pegase.ens-lyon.fr



[@ProfesseurVince](https://twitter.com/ProfesseurVince)
www.prof-vince.fr

Parler modélisation avec les élèves



Un ou deux
exemple(s) de
modèle que
j'enseigne en
tant que tel

Un souhait pour
cette journée

Une difficulté
que je perçois au
sujet de l'activité
de modélisation

Peut-être le plus difficile...

Pour moi, faire
de la physique et
de la chimie,
c'est...

Qu'est-ce que la physique ? (Term sept 2023)

l'analyse/l'explication de l'ensemble des **choses qui nous entoure**

étude des **phénomènes** de l'Univers, leurs causes, leurs conséquences et leurs différents liens.

science des **phénomènes** et mécanismes de la nature.

permet de mieux **comprendre** le monde

permettre de **comprendre** le fonctionnement des choses

Comprendre les choses qui nous entourent

matière qui demande beaucoup de **calculs**

Cool / fun

Science **expliquant** des phénomènes naturels de l'Univers

science **expliquant** des phénomènes naturels de l'Univers

Les principes de **comment le monde marche**

Science qui pense **comment fonctionne** notre univers dans les détails

les forces, la lumière...
ce qui est observable à l'œil nu

science qui vise à étudier plusieurs sujets de la vie comme la **mécanique, l'énergie, l'électricité** ou bien la **force** d'un système.

Science qui s'intéresse au **mouvement**

science de l'étude de l'Homme et de ces **mouvements** que ce soit sur terre ou hors

Qu'est-ce que la chimie ? (Term sept 2023)

L'étude/analyse de la **matière** ou des **constituants de la matière**.

L'étude des **transformations chimiques**

L'étude des **atomes** et des **molécules**

science des mélanges de la matière

Étude de la matière et des molécules

observer et **comprendre** la transformation des choses et des **matières**

comprendre ce qui nous entoure mais au **niveau microscopique**

Science des mécanismes et phénomènes moléculaires ou de la bio.

science plutôt dans l'expérimentation et dans l'application

Un peu moins cool

Qu'est-ce que la physique ? (Term sept 2022)

L'étude de ce qui nous entoure.

Une matière intéressante qui permet d'en apprendre sur le monde

Une science qui **étudie** les phénomènes observables sur Terre et dans l'univers

La science de la gravité, des forces de l'électricité, les mouvements leurs vitesses.

Autant une source de réponses que de questions

Les **règles** qui régissent l'univers

Une manière de **comprendre** et **analyser** le monde

calculs et étude des **lois** de l'univers.

Des recherches scientifiques, des **théories**, des **Lois**, l'étude de certains événements/faits.

Un moyen **d'expliquer** de façon **rationnelle** le monde qui nous entoure.

a pour but de **comprendre** et modéliser les phénomènes qui nous entourent. Elle permet **d'expliquer** le fonctionnement de la nature.

Modéliser les phénomènes réels pour les "simplifier" et ainsi mieux les **comprendre**.

- Une **injonction** pédagogique
- Un catalogue d'outils ou d'activités **clés-en-main**
- Un **cours d'épistémologie**
- Un nouveau dogme qui **révolutionnerait votre pratique**
dès demain...

- Un **éclairage** pour (mieux) comprendre pourquoi la modélisation a été mise en avant dans les programmes de lycée
- Un moyen de mieux comprendre **de quoi on parle**
- Une façon d'illustrer **ce que la modélisation permet**
- Une illustration par des **exemples**
- Un **échange de pratiques** / d'expériences, un espace de débat
- Une **pause réflexive** au milieu de notre activité quotidienne...

1. Le contexte
2. Savoirs et activité scientifique
3. Caractérisation de la démarche de modélisation
4. Un cadre pour concevoir son enseignement et pour aider les élèves
5. Modélisation et idées initiales
6. Modélisation et compétences

Le contexte

Extraits du préambule du programme de seconde

Préambule

Objectifs de formation

Dans la continuité du collège, le programme de physique-chimie de la classe de seconde vise à faire pratiquer les méthodes et démarches de ces deux sciences en mettant particulièrement en avant la **pratique expérimentale** et **l'activité de modélisation**. L'objectif est de donner aux élèves une **vision intéressante et authentique** de la physique-chimie.

Le programme accorde une **place importante aux concepts** et en propose une approche **concrète et contextualisée**. Il porte l'ambition de permettre aux élèves d'accéder à une bonne compréhension des phénomènes étudiés et de leur faire percevoir la portée unificatrice et universelle des lois et concepts de la physique-chimie. **La démarche de modélisation** occupe une **place centrale** dans l'activité des physiciens et des chimistes pour établir un lien entre le **« monde » des objets, des expériences, des faits** et le **« monde » des modèles et des théories**. ;

Préambule

Annexe – Programme de sciences et technologie du cycle 3

L'enseignement des sciences et de la technologie, dès le plus jeune âge, est indispensable pour préparer les élèves à leur vie de citoyen dans un monde où les sciences et la technologie occupent une place prépondérante.

L'organisation des apprentissages au cours des différents cycles de la scolarité obligatoire est pensée de manière à introduire de façon progressive des notions et des concepts dont l'assimilation nécessite du temps. Aux cycles 1 et 2, les élèves ont exploré, observé et questionné le monde qui les entoure. Au cycle 3, en revisitant les notions et les concepts déjà abordés, ils **progressent dans la conceptualisation** et **s'initient à la modélisation**. Ils enrichissent leur culture scientifique et technologique, ce qui contribue à les éduquer à la citoyenneté au regard de la place des sciences et de la technologie dans la société.

La construction de savoirs et de compétences scientifiques et technologiques s'appuie sur des **démarches variées** qui mettent en œuvre notamment l'observation, la manipulation, l'expérimentation, la **modélisation**, l'argumentation, la documentation, l'enquête, indispensables à la pratique des sciences et de la technologie. L'enseignement des sciences et de la technologie contribue à donner aux élèves une représentation cohérente et raisonnée du monde qui les entoure, de son fonctionnement et de son histoire. À ce titre, **l'étude du réel et la confrontation des idées et des hypothèses aux observations et aux résultats d'expériences jouent un rôle fondamental**. En effet, lorsqu'un discours contredit les faits issus d'expériences et d'observations, les démarches scientifiques donnent la primauté aux faits, en assurant leur fiabilité par le test de leur reproductibilité et de leur robustesse.

La pratique de la démarche scientifique concourt à la mise en cohérence de faits, à l'identification de paramètres pertinents, à l'élaboration de concepts et à la construction de modèles et de théories. La pensée scientifique n'a de cesse d'osciller, d'une part, **entre le monde réel et ses représentations (comme les modèles)**, et, d'autre part, entre des cas particuliers et des formulations générales (comme des lois). Les cas particuliers servent à la fois à éprouver les lois générales et à inspirer les recherches futures. Il s'agit d'amener les élèves à exercer leur capacité à raisonner, à développer leur esprit critique et à distinguer le registre de la connaissance scientifique, qui repose sur des faits éprouvés, de celui de la croyance ou de la simple opinion. Prendre en compte les conceptions initiales des élèves constitue souvent une stratégie pédagogique féconde pour confronter leurs idées, dégager un problème scientifique à résoudre collectivement, dépasser le sens commun et aller au-delà des intuitions premières, souvent trompeuses, en les confrontant aux faits.

Programme pour le cycle 4

1. Physique-Chimie

Compétences travaillées

Pratiquer des démarches scientifiques

- Identifier des questions de nature scientifique.
- Proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question scientifique. Concevoir une expérience pour la ou les tester.
- Mesurer des grandeurs physiques de manière directe ou indirecte.
- Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer des conclusions et les communiquer en argumentant.
- Développer des modèles simples pour expliquer des faits d'observations et mettre en œuvre des démarches propres aux sciences.

Préambule

Objectifs de formation

Dans la continuité du collège, le programme de physique-chimie de la classe de seconde vise à faire pratiquer les méthodes et démarches de ces deux sciences en mettant particulièrement en avant la **pratique expérimentale** et l'activité de **modélisation**. L'objectif est de donner aux élèves une vision intéressante et authentique de la physique-chimie.

Le programme accorde une place importante aux **concepts** et en propose une approche concrète et **contextualisée**. Il porte l'ambition de permettre aux élèves d'accéder à une bonne compréhension des phénomènes étudiés et de leur faire percevoir la portée unificatrice et universelle des lois et concepts de la physique-chimie. La démarche de **modélisation** occupe une place centrale dans l'activité des physiciens et des chimistes pour établir un lien entre le « monde » des objets, des expériences, des faits et le « monde » des modèles et des théories.

Programme de physique-chimie de la voie MPSI

La **démarche de modélisation** occupe également une place centrale dans le programme pour former les étudiants à établir, de manière autonome, **un lien fait d'allers-retours entre le « monde » des objets, des expériences, des faits, et celui des modèles et des théories**. L'enseignant doit rechercher un point d'équilibre entre des approches complémentaires : **conceptuelle et expérimentale, abstraite et concrète, théorique et appliquée, inductive et déductive, qualitative et quantitative**. La construction d'un modèle passe aussi par l'utilisation maîtrisée des mathématiques dont un des fondateurs de la physique expérimentale, Galilée, énonçait déjà qu'elles sont le langage dans lequel est écrit le monde.

Tous épistémologues ?

*Moi je serais déjà content qu'ils apprennent la physique que je leur demande d'apprendre.
Lorsque ce sera fait, on pourra discuter...*



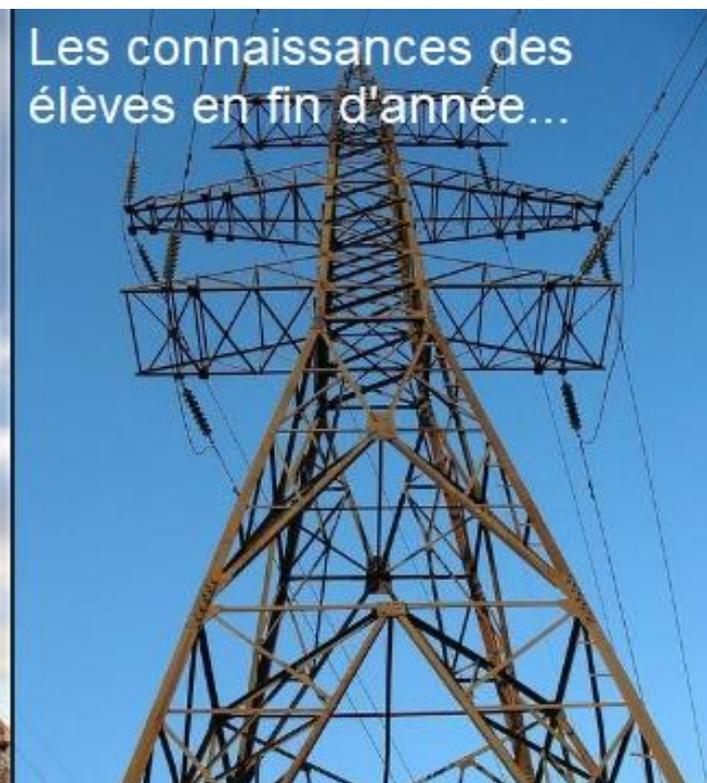
En préambule pour ne pas nous déprimer...

Les programmes sont des points de mire...
Soyons humbles... mais ambitieux !

En espérant que nous n'en arrivions pas là...



Le programme
de physique-
chimie



Les connaissances des
élèves en fin d'année...

Quelques questions qui peuvent se poser...

- Faut-il expliciter l'activité de modélisation dès que possible ?
- Peut-on comprendre un discours *sur* les sciences avant de disposer de connaissances suffisantes *en* sciences ?
 - Peut-on apprendre *sur* les sciences si on n'a pas appris *en* science ?
- Est-ce qu'on ne risque pas de perturber les apprentissages disciplinaires ?
- Est-ce que ce discours sur les sciences aide les apprentissages?
- Est-ce que c'est pertinent pour tous les types de contenus ?
- ...



Deux objectifs

Caractériser la
modélisation
en
physique-chimie

Illustrer l'apport
pour :
- l'apprentissage
- notre pratique

édUSCOL

// Ressources d'accompagnement

Ressources transversales

• [La modélisation, une activité essentielle pour travailler les compétences de la démarche scientifique](#)



1. Le contexte
2. Savoirs et activité scientifique
3. Caractérisation de la démarche de modélisation
4. Un cadre pour concevoir son enseignement et pour aider les élèves
5. Modélisation et idées initiales
6. Modélisation et compétences

2. Savoirs et activité scientifiques

- 2.1. Les savoirs de la discipline
- 2.2. La modélisation au cœur des démarches scientifiques
- 2.3. Le danger de l'inductivisme
- 2.4. Le critère de réfutabilité et la démarche scientifique

Qu'enseignons-nous ?

- ✓ Des savoirs
- ✓ Des pratiques/démarches
 - ✓ Investigation
 - ✓ Résolution de problèmes
 - ✓ Observer/comprendre/agir
 - ✓ Analyser et synthétiser des documents
 - ✓ S'approprier, analyser/raisonner, réaliser, valider, communiquer...
 - ✓ ...



Rapport à monsieur le ministre de l'Éducation nationale
et de la Jeunesse
madame la ministre de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche

**La sensibilisation et la formation à la
démarche scientifique de l'école
élémentaire au doctorat**

N° 21-22 099A – avril 2023

Qu'enseignons-nous ?

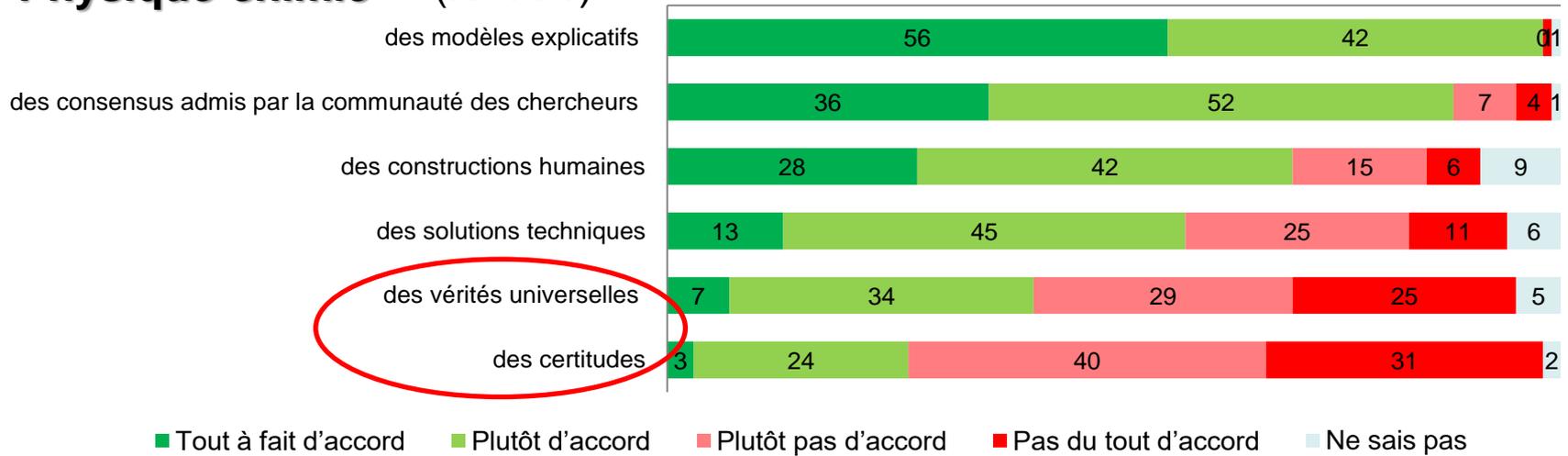
- ✓ Des savoirs : que sont-ils ?



A- Les savoirs de la discipline sont...

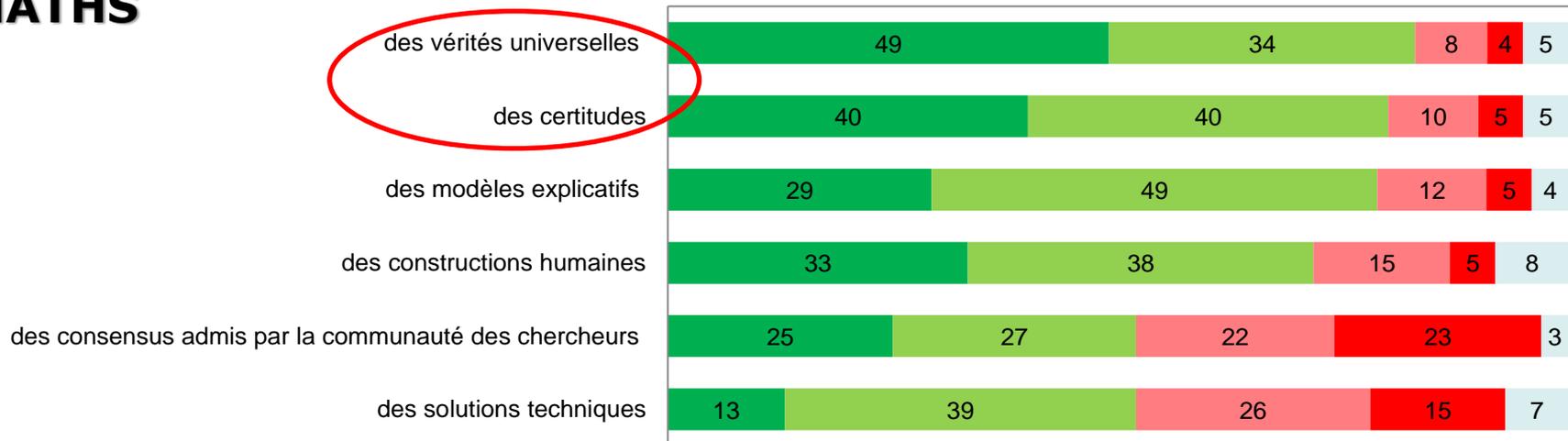
Physique-chimie (N=771)

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%



MATHS

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%



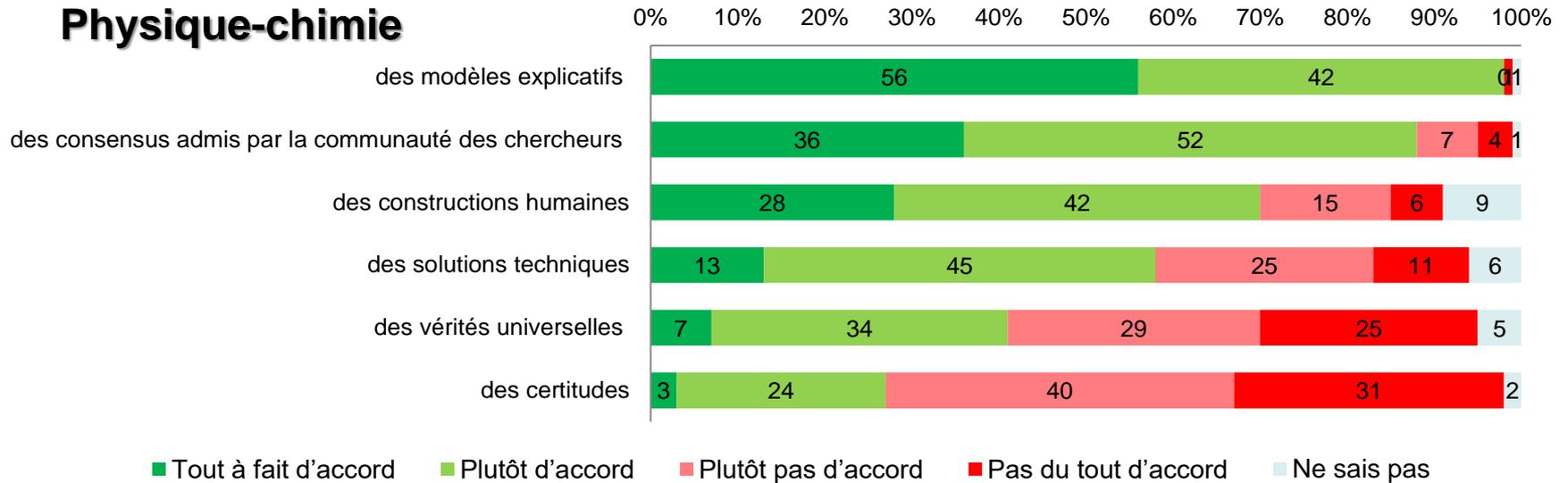
Vince J., Monod-Ansaldi R., Prieur M. & Fontanieu V. (2013)

Représentations sur la discipline, son apprentissage, les démarches d'investigation et quelques concepts-clés
 quelles spécificités pour les enseignants de Sciences Physiques ? 1^{ère} partie.

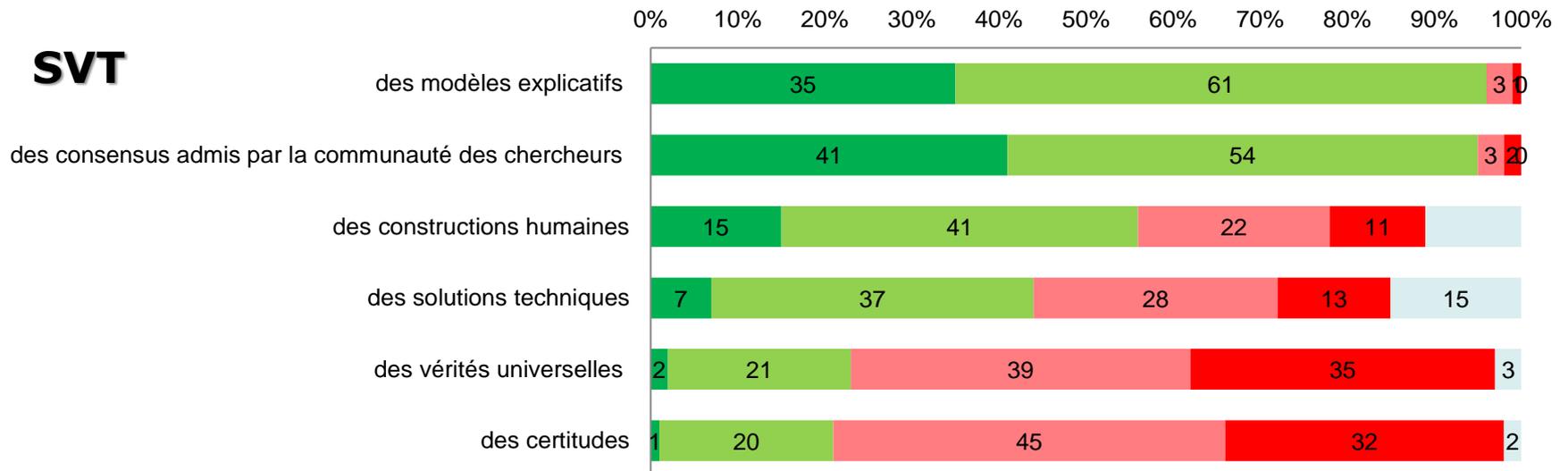
Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et Chimie, vol. 107, n° 950, 31-50

A- Les savoirs de la discipline sont...

Physique-chimie



SVT



Qu'enseignons-nous ?

- ✓ Des pratiques/démarches : quelle(s) référence(s) ?
 - ✓ Recherche
 - ✓ Ingénieur
 - ✓ Technicien

Consensus et légitimité sociale

sont assurés par la référence savante mais :

- Le problème de la classe n'est pas celui de la recherche
- L'objectif de la situation n'est pas de créer de nouveaux savoirs pour la communauté
- La solution existe, le prof la connaît, et l'élève le sait !...

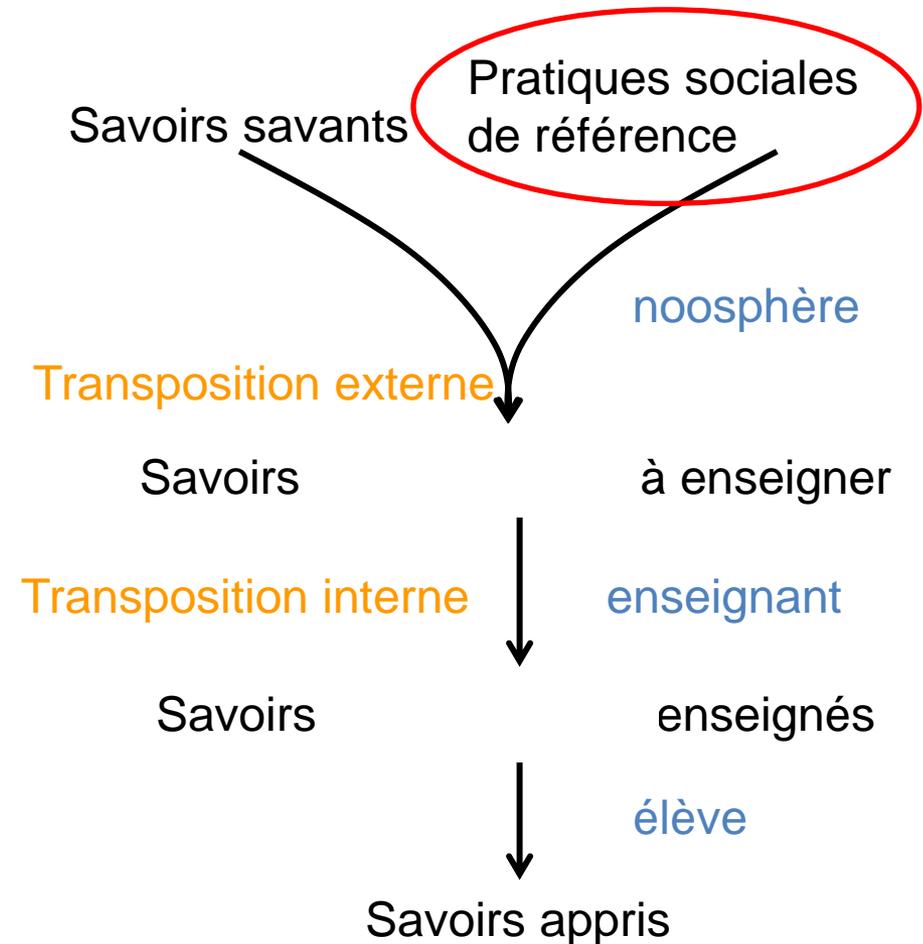
Différents types de références... ... au sujet des savoirs

- Les savoirs de la communauté (savoirs savants)
- Les savoirs dans les programmes (à enseigner)
- Les savoirs dans la classe (enseignés)
- Les savoirs pour les élèves (appris)
- Les savoirs évalués

Transposition didactique (Chevallard, 1985)

Le savoir enseigné en classe n'est pas le savoir savant !

- Accessible aux élèves
- Pas trop éloigné du savoir savant (légitimation)
- Mis à distance des parents



Recommandation n° 2 : agir sur l'exposition à la démarche scientifique des élèves dans la classe :

- renforcer le lien entre les disciplines enseignées et la science telle qu'elle se pratique en recherche, dans tous les domaines, y compris en favorisant l'implication de chercheurs de tous champs dans des actions en direction du monde scolaire ;
- favoriser, au collège, les conditions d'une exposition pluridisciplinaire à la démarche scientifique.

Pour construire les savoirs de la discipline, les experts :

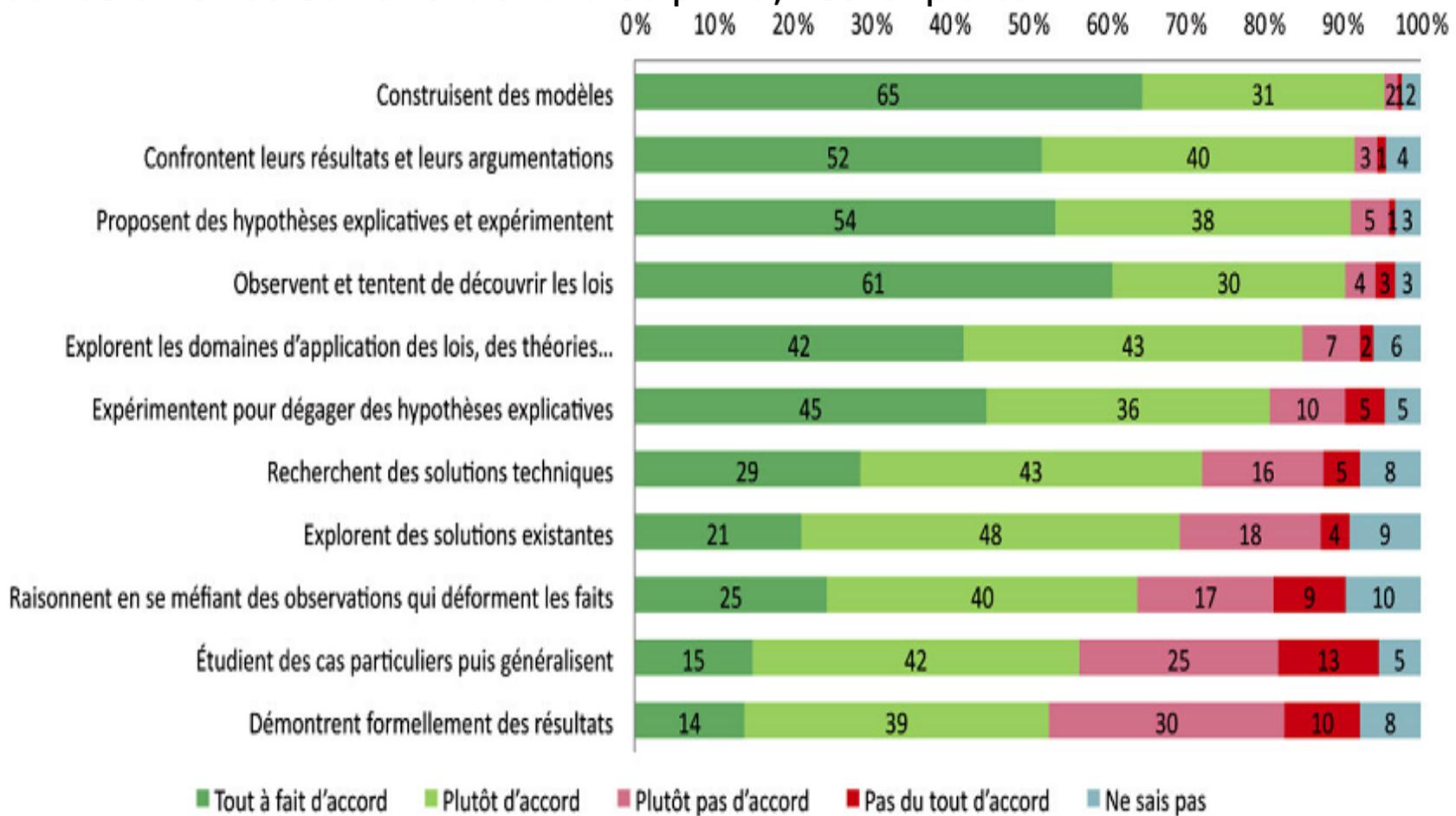


Figure 2 : Réponses des enseignants de SPC à la question « Selon vous, pour construire les savoirs de votre discipline, les experts... ».

Vince J., Monod-Ansaldi R., Prieur M. & Fontanieu V. (2013)
 Représentations sur la discipline, son apprentissage, les démarches d'investigation et quelques concepts-clés :
 quelles spécificités pour les enseignants de Sciences Physiques ? 1^{ère} partie.
Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et Chimie, vol. 107, n° 950, 31-50

Finalemment, quelle démarche retenir ?

Agrégation
Master
Licence



Jolidon

PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE

Optique, magnétisme, électrotechnique,
mécanique, thermodynamique
et physique non linéaire

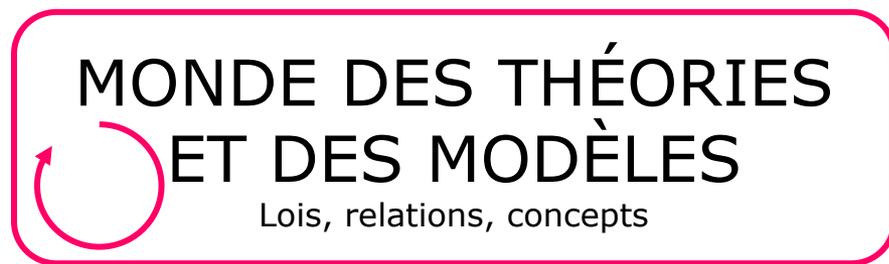


Avant-propos

Théorie et expérience sont d'égale importance pour la modélisation et compréhension d'un phénomène physique ; pourtant ces deux aspects sont souvent traités séparément dans les manuels d'enseignement. En rédigeant ce recueil de physique expérimentale, nous avons voulu refléter leur dialogue dans un exposé didactique.

Une démarche qui est intimement liée à la **pratique expérimentale**

Pour moi, faire
de la physique
et de la chimie,
c'est...



Ce qui donne du sens

Ce qui est difficile



Une *modélisation*... de l'activité scientifique

MONDE DES THÉORIES
ET DES MODÈLES

Lois, relations, concepts

Construire des
éléments théoriques,
leur donner du sens...
à partir du **monde
matériel** ?

Exploiter des éléments
théoriques,
pour traiter
du **monde matériel**
(description, interprétation,
prévision...)

MONDE MATÉRIEL

Objets / événements

Le réel pour construire des savoirs théoriques...

Lois, relations

Loi d'Ohm
Lois de Snell-Descartes
Relation de conjugaison

Construire des phénoménologies

Lien(s) mouvement / actions
Lien hauteur / fréquence
Liens état / température

MONDE DES THÉORIES ET DES MODÈLES

Lois, relations, concepts...

Abstraction
Induction

Descriptions

/ représentations conceptuelles

Équation de réaction
Modèle du rayon lumineux
Modèle de l'œil
Modèle de l'atome
Modèle du pendule simple
Modèle du système Terre-atmosphère
Force
Onde
...

MONDE MATÉRIEL

Objets / événements

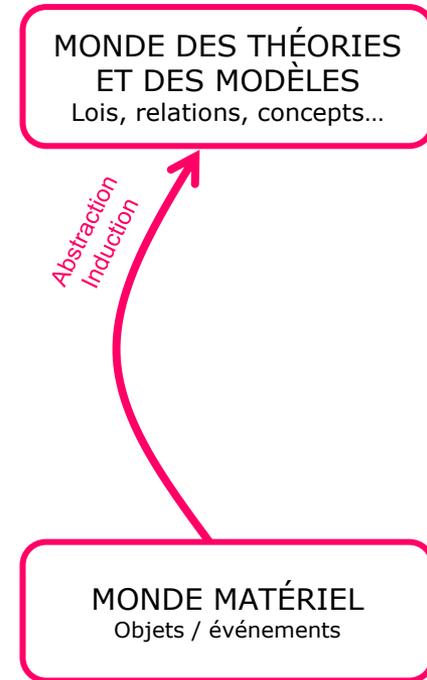
Tout naît-il de l'observation ?

- ✓ Un inductivisme largement critiqué
 - ✓ Un problème de logique
 - ✓ Pas d'observations sans préjugés ni intentions
 - ✓ Pas d'observations sans connaissances

Que sont des faits significatifs ?

« en bonne logique, on ne peut qualifier de significatifs

des faits ou des découvertes empiriques que par rapport à une hypothèse donnée » (Hempel)



La défense des inductivistes

- ✓ Le recours aux probabilités

- ✓ Variété de modes de production de nouvelles théories...
 - Éclair d'inspiration
 - Accident
 - Longue série d'observations

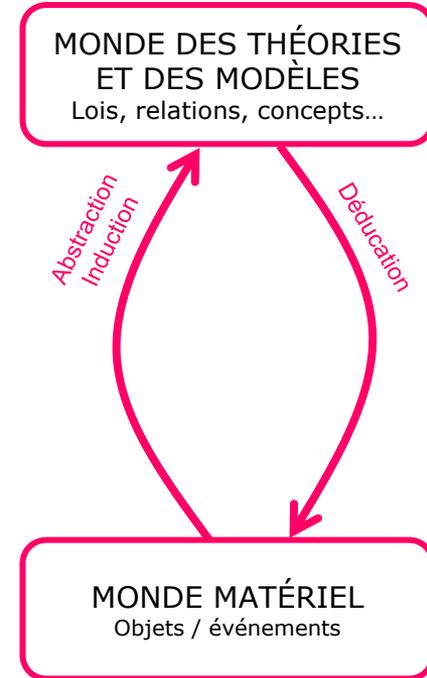
- ✓ Les actes créatifs les plus remarquables échappent à la logique...

« selon l'inductivisme le plus sophistiqué, les actes créatifs, dont les plus novateurs et les plus significatifs requièrent du génie et font appel à la psychologie individuelle du savant, défient l'analyse logique. Le moment de la découverte et la question de l'origine de théories nouvelles ne font pas partie de la philosophie des sciences » (Chalmers)

La démarche hypothético-déductive

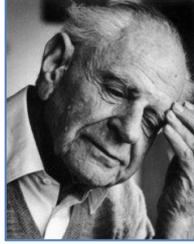
- ✓ Formulation du problème
- ✓ Recherche d'hypothèses (explicitation de manière variée)
- ✓ Mise à l'épreuve (test) par observation de données disponibles ou mise en œuvre d'une expérience
- ✓ Réfutation ou *confirmation*

L'expérience comme procédé de validation d'une théorie



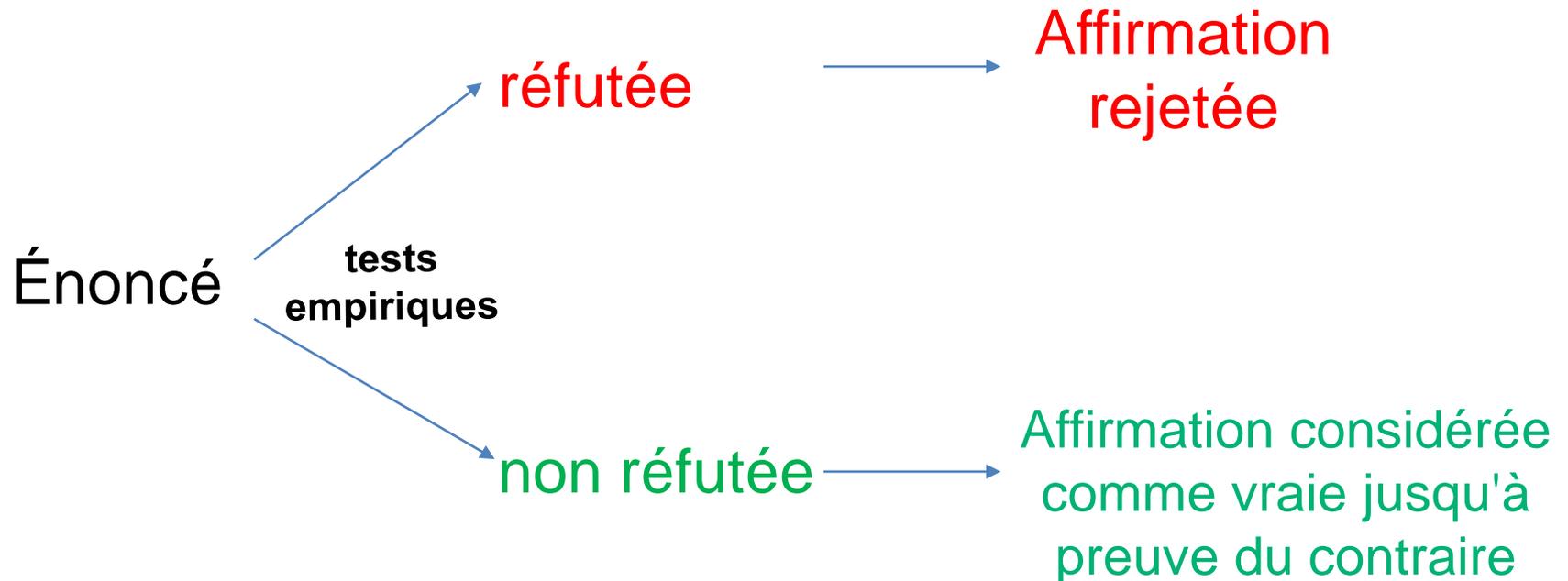
Le critère de réfutabilité

K. Popper, *La logique de la découverte scientifique* (1934)



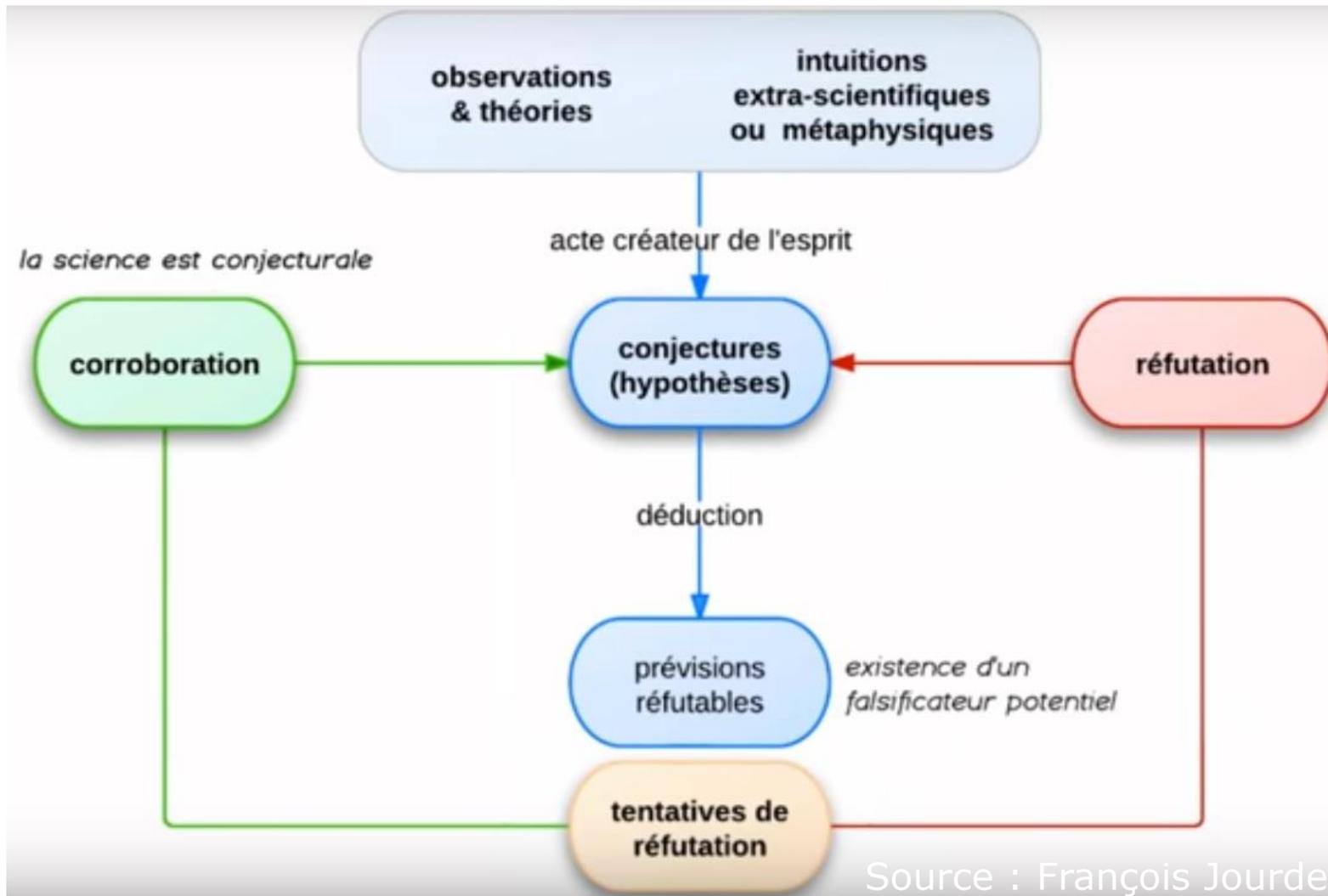
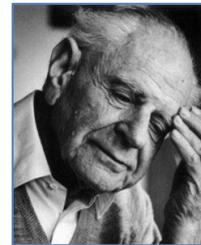
L'expérience pour réfuter

Lorsqu'on débat d'un sujet (une affirmation), il doit être possible (au moins en principe) de concevoir des arguments qui peuvent mettre à l'épreuve l'énoncé (tester l'hypothèse).



Le critère de réfutabilité

K. Popper, *La logique de la découverte scientifique* (1934)



La méthodologie falsificationniste

- ✓ consiste à rechercher l'invalidation d'une théorie à travers sa falsification expérimentale ;
progrès de la science = réfutation progressive de ses théories.
- ✓ fait d'une théorie scientifique une théorie falsifiable, composée d'un certain nombre d'énoncés falsifiables.

Une bonne théorie est une théorie falsifiable, mais pas falsifiée.

MONDE DES THÉORIES
ET DES MODÈLES
Lois, relations, concepts...

Mise à l'épreuve

MONDE MATÉRIEL
Objets / événements

Pour être scientifique, une hypothèse doit être falsifiable

Un énoncé falsifiable peut être mis à l'épreuve

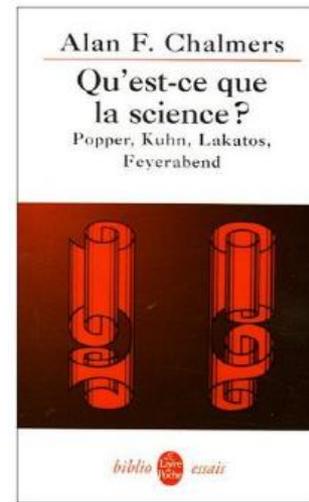
Un énoncé est falsifiable *si la logique autorise l'existence d'un énoncé d'observation qui le contredit*

Il peut être « vrai » ou « faux »

Le critère de réfutabilité

Réfutable ou non réfutable ?

- Les êtres humains vivent moins de 200 ans
- Un objet tombe vers le bas si on le lâche et que rien ne le retient
- On peut avoir de la chance dans les paris sportifs
- Il ne pleut jamais le mercredi
- Tous les points d'un cercle euclidien sont équidistants du centre
- Une masse donnée de liquide occupe toujours plus de place que la même masse solide.
- Le vecteur accélération permet de connaître la dérivée du vecteur vitesse
- Tous les corps se dilatent s'ils sont chauffés
- Les Alpes sont des montagnes bien plus belles que le Massif-Central



Le dépassement du falsificationnisme

- Les révolutions scientifiques de Kuhn
 - Pré-science, science normale, crise/révolution...
- Les programmes de recherche de Lakatos
 - Un noyau dur (décrété infalsifiable...)
 - Une ceinture protectrice
 - Conduit à la prévision (vérification vs réfutation)
 - Problème : comment juger qu'un programme est meilleur qu'un autre ?
- Peut-on caractériser la science ? Y a-t-il une méthode scientifique ?
- Indépendamment de ce que pensent individus ou groupes ?

Vers une caractérisation des sciences

Ni relativisme et constructivisme social extrême (Feyerabend, 1979)

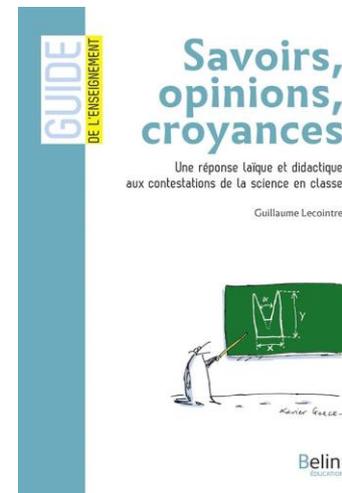
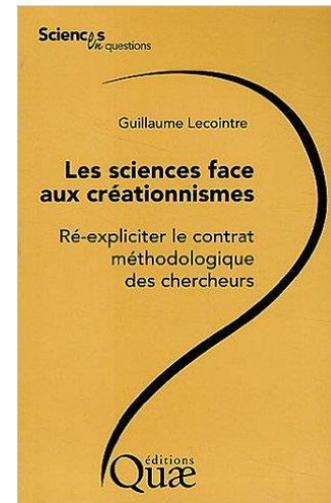
Ni norme épistémologique formelle et idéalisée

Il existe une méthode scientifique au moins sous son aspect contractuel

Un contrat de méthode (Lecointre, 2012)

Des attendus méthodologiques

- Scepticisme initial sur les faits
- Réalisme de principe
- Matérialisme méthodologique
- Rationalité : logique et parcimonie
- La transparence des procédures
- La prise en compte de toutes les données disponibles





groupe de travail "Esprit critique"

La démarche scientifique ?

Rapport à monsieur le ministre de l'Éducation nationale
et de la Jeunesse
madame la ministre de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche

La sensibilisation et la formation à la
démarche scientifique de l'école
élémentaire au doctorat

N° 21-22 099A – avril 2023

- ✓ Mode de production de savoirs qui s'appuie sur un ensemble de normes méthodologiques et de normes éthiques partagées des communautés de chercheurs
- ✓ Définition issue de la sociologie (R. Merton), qui met en avant :
 - ✓ La dimension méthodologique
 - ✓ La dimension collective
 - ✓ La dimension éthique : « rigueur, honnêteté, fiabilité, transparence des méthodes utilisées, évaluation critique des publications par les pairs » (CNRS)
- ✓ Une grande variété de méthodologies selon les domaines scientifiques mais qui ont toutes en commun une **validation collective des connaissances par une confrontation réfutable au réel**
- ✓ Un schéma *hypothèse / conséquence observable / expérimentation / (in)validation* reconnu comme **la** démarche

Pourquoi former à la démarche scientifique ? (connaissances épistémiques)

1. Comprendre « comment la science fonctionne »

- Connaître des règles méthodologiques de production et de validation
- Avoir conscience des pratiques et des valeurs des communautés scientifiques
- Comprendre en quoi la science est un corpus de connaissances spécifique pour en connaître des forces et des limites

2. On pourrait former à la démarche scientifique en dehors des enseignements « scientifiques »...

- ...mais on le fait peu et de façon très implicite
- La formation à la démarche scientifique reste une préoccupation explicite des seuls enseignements de sciences (expérimentales et SE) dans le champ scolaire .

3. Un enjeu de formation citoyenne de plus en plus pris en compte à l'international Comprendre les réponses que la science est en capacité d'apporter face aux multiples défis climatique, sanitaires ou énergétiques auxquels les sociétés sont confrontées ; repérer ce qu'est une question scientifique.

Rapport à monsieur le ministre de l'Éducation nationale
et de la Jeunesse
madame la ministre de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche

La sensibilisation et la formation à la
démarche scientifique de l'école
élémentaire au doctorat

N° 21-22 099A – avril 2023

Caractéristiques de l'activité scientifique

Construction des savoirs / Nature du savoir scientifique	Interactions science / société
<ol style="list-style-type: none"> 1. Le fonctionnement de la communauté scientifique garantit la meilleure objectivité de la construction du savoir (argumentation, niveau de preuve, débat, reproductibilité des études, vérification par les pairs, explicitation des procédures, ...) 2. Les savoirs scientifiques sont construits de sorte qu'il y ait accord entre la théorie et les faits observables 3. Un savoir scientifique est caractérisé par sa réfutabilité (distinction science / croyance) : on peut le mettre à l'épreuve expérimentalement 4. Du fait de leur réfutabilité, les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable et robuste mais jamais certain et absolu. 5. La démarche scientifique conduit à la construction de modèles qui permettent d'expliquer les observations, de décrire et de prévoir des phénomènes. 6. Pour construire des savoirs scientifiques il est nécessaire de distinguer les observations des interprétations qui en sont faites. 7. Plusieurs démarches permettent l'élaboration du savoir scientifique. 	<ol style="list-style-type: none"> 8. Les savoirs scientifiques sont en interaction avec la société : ils plus ou moins diffusés, connus, acceptés par les populations, plus ou moins pris en compte par les décideurs politiques. Actuellement, les enjeux environnementaux sont au cœur de l'activité scientifique. 9. L'observation et l'interprétation d'un phénomène dépendent de l'état des connaissances et des croyances de l'époque (un savoir est notamment tributaire des avancées techniques) 10. La communication scientifique est associée à différentes pratiques, soumises à des procédures et des cadres spécifiques (publications, colloques, articles de vulgarisation, ...) ; le niveau de fiabilité d'une information est corrélé à la méthodologie de la source dont elle est issue.

Ce qu'on peut retenir...

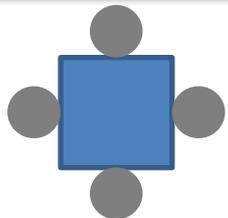
- ✓ Faire de la physique et de la chimie, c'est modéliser
- ✓ Expliciter l'activité de modélisation, c'est porter un discours sur la nature de notre discipline

Faire modéliser...

et pas seulement enseigner des modèles...

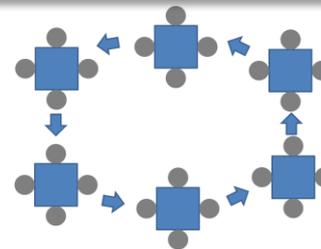


Les élèves ne nous ont pas attendus pour modéliser



Une fiche par thème d'un programme :

- mécanique
- optique
- thermodynamique
- électricité
- transformation de la matière



MONDE DES THÉORIES ET DES MODÈLES

Lois, relations, concepts

MONDE MATÉRIEL

Objets / événements

1. Le contexte
2. Savoirs et activité scientifique
3. Caractérisation de la démarche de modélisation
4. Un cadre pour concevoir son enseignement et pour aider les élèves
5. Modélisation et idées initiales
6. Modélisation et compétences

3. Caractérisation de la démarche de modélisation

- 3.1. Les fonctions des modèles pour les enseignants
- 3.2. Différence entre théorie et modèle
- 3.3. Différents types de modèle (descriptifs, explicatifs...)
- 3.4. Le rôle de la mesure et de la simulation



Quelle fonction pour les modèles ?

- Simplifier
- Prévoir
- Comprendre
- Décrire
- Schématiser
- Améliorer le modèle
- Expliquer
- Questionner
- –

Fonction des modèles

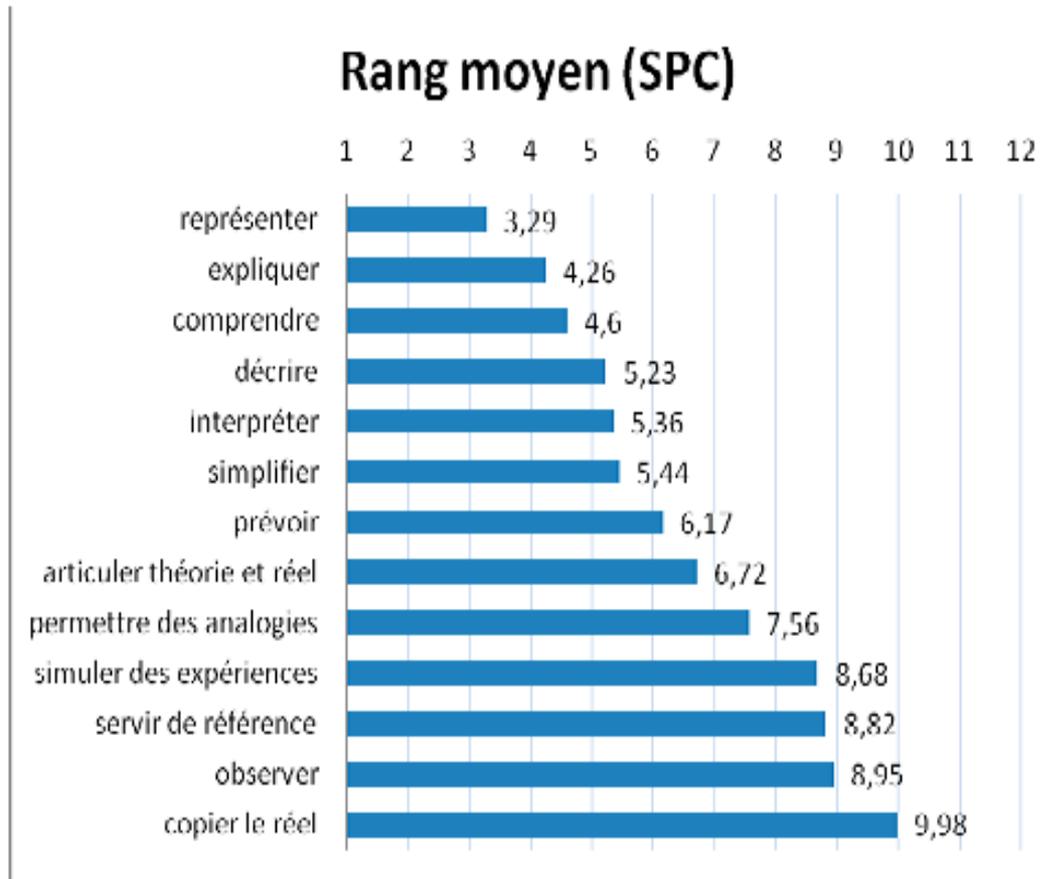


Figure 85 : Rang moyen de chaque proposition pour les répondants en Sciences Physiques et Chimiques à la question *Pour vous, quelles sont les fonctions des modèles utilisés dans votre discipline ? Choisissez puis classez les propositions retenues en mettant en position 1 la fonction que vous jugez la plus importante.*



**Démarches d'investigation dans
l'enseignement secondaire :
représentations des enseignants de
mathématiques, SPC, SVT et technologie**
Rapport d'enquête IFÉ – ENS de Lyon
Décembre 2011

Coordination
Rajane Monod-Ansaldi et Michèle Prieur

Conception de l'enquête et méthodologie d'analyse des données
Rajane Monod-Ansaldi, Michèle Prieur, Jacques Vinot, Valérie Fontaine,
Jean-Philippe Perrat

Analyse des résultats et rédaction du rapport
Rajane Monod-Ansaldi, Michèle Prieur, Jacques Vinot, Valérie Fontaine,
Rim Hammoud, Jean-Philippe Perrat,
Anne-Marie Rossetto



Fonction des modèles

Du côté des autres disciplines...

*Représenter, expliquer,
comprendre pour les 4 disciplines*

Techno : *observer*

SVT : *permettre des analogies*

SPC et SVT : *simplifier*



Exemples de modèles



Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie
Rapport d'enquête IFÉ – ENS de Lyon
Décembre 2011

Coordination
Najwa Mouchirafid et Monique Pélissier

Conception du dispositif et méthodologie d'analyse des données
Françoise Lantieri

Enquête de terrain
Alexandre Pichard, Françoise Lantieri

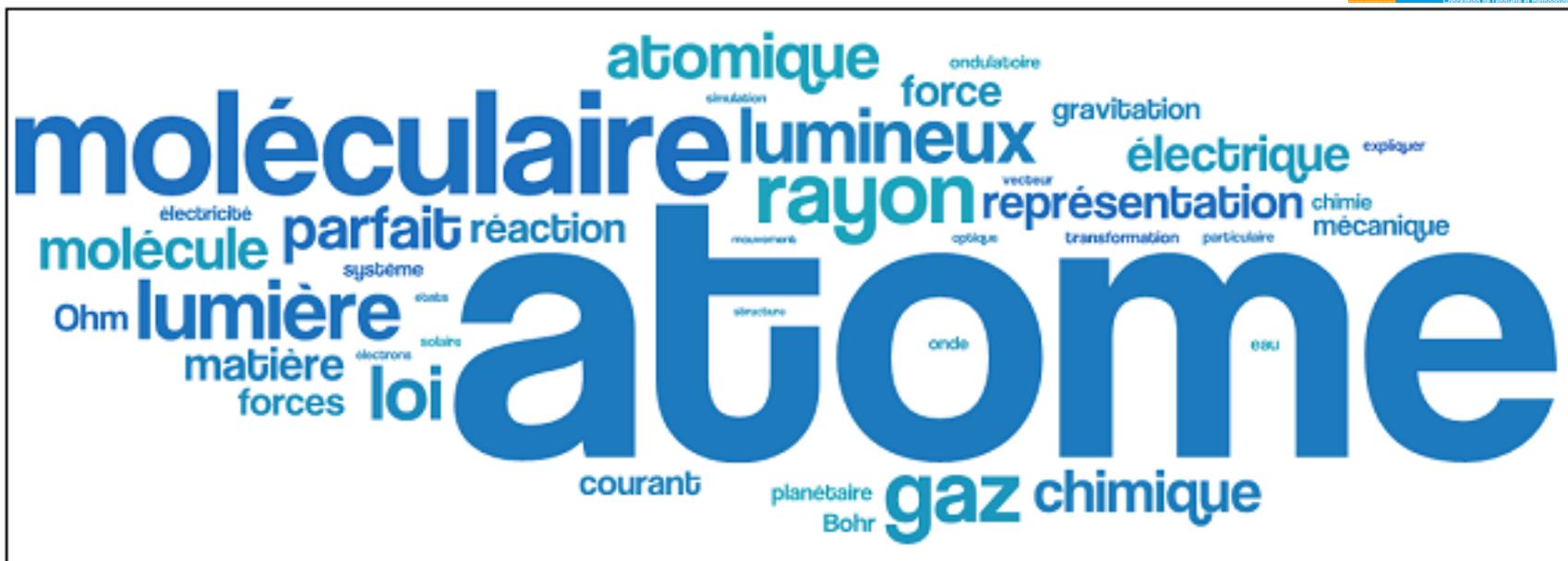


Figure 93 : Nuage de termes obtenu à partir des réponses ouvertes des enseignants de SPC à la question *Donnez deux exemples de modèles dans votre discipline* (Traitement des données et présentation voir 1.5.3, p17).

Exemples de modèles (techno)

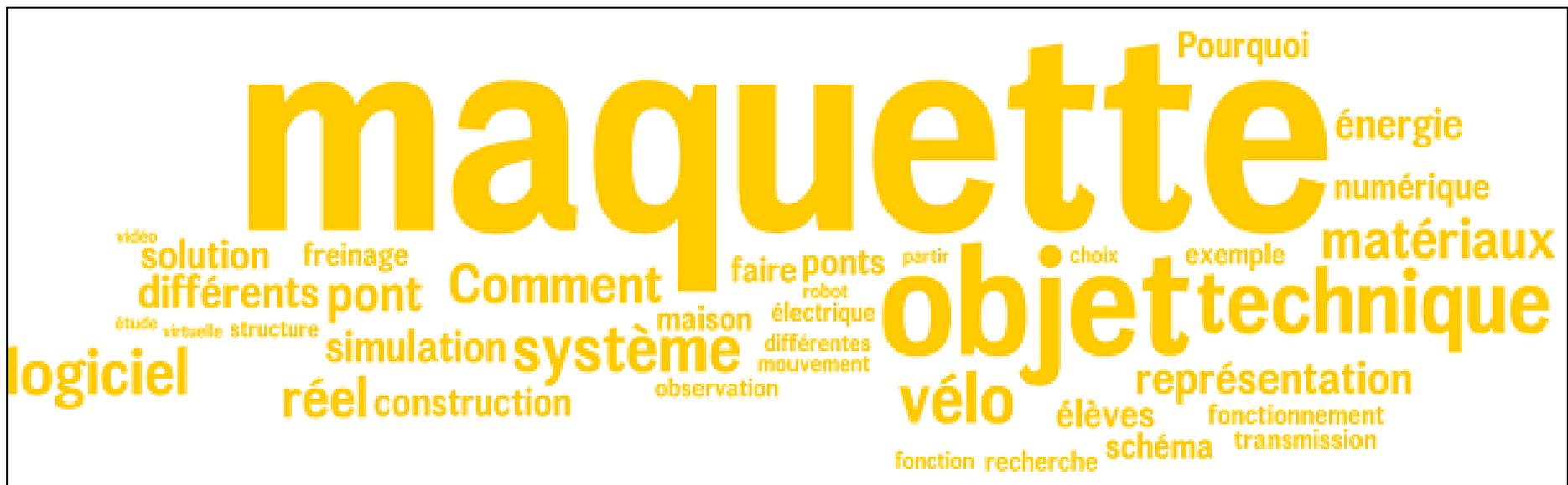


Figure 97 : Nuage de termes obtenu à partir des réponses ouvertes des enseignants de technologie à la question *Donnez deux exemples de modèles dans votre discipline* (Traitement des données et présentation voir 1.5.3, p17).

Forme des modèles

Un point commun : le schéma

Maths et physique-chimie : *formule mathématique ou construction mentale*

SVT et techno : *maquette, animation, logiciel de simulation*

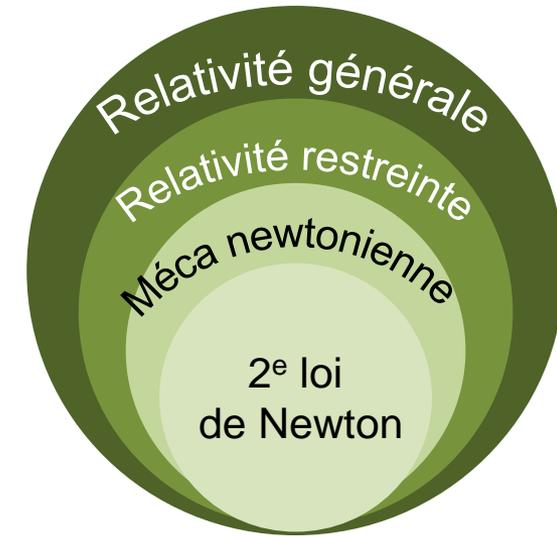


Théories et modèles

(point de vue épistémologique)

Des champs expérimentaux « couverts » de plus en plus vastes

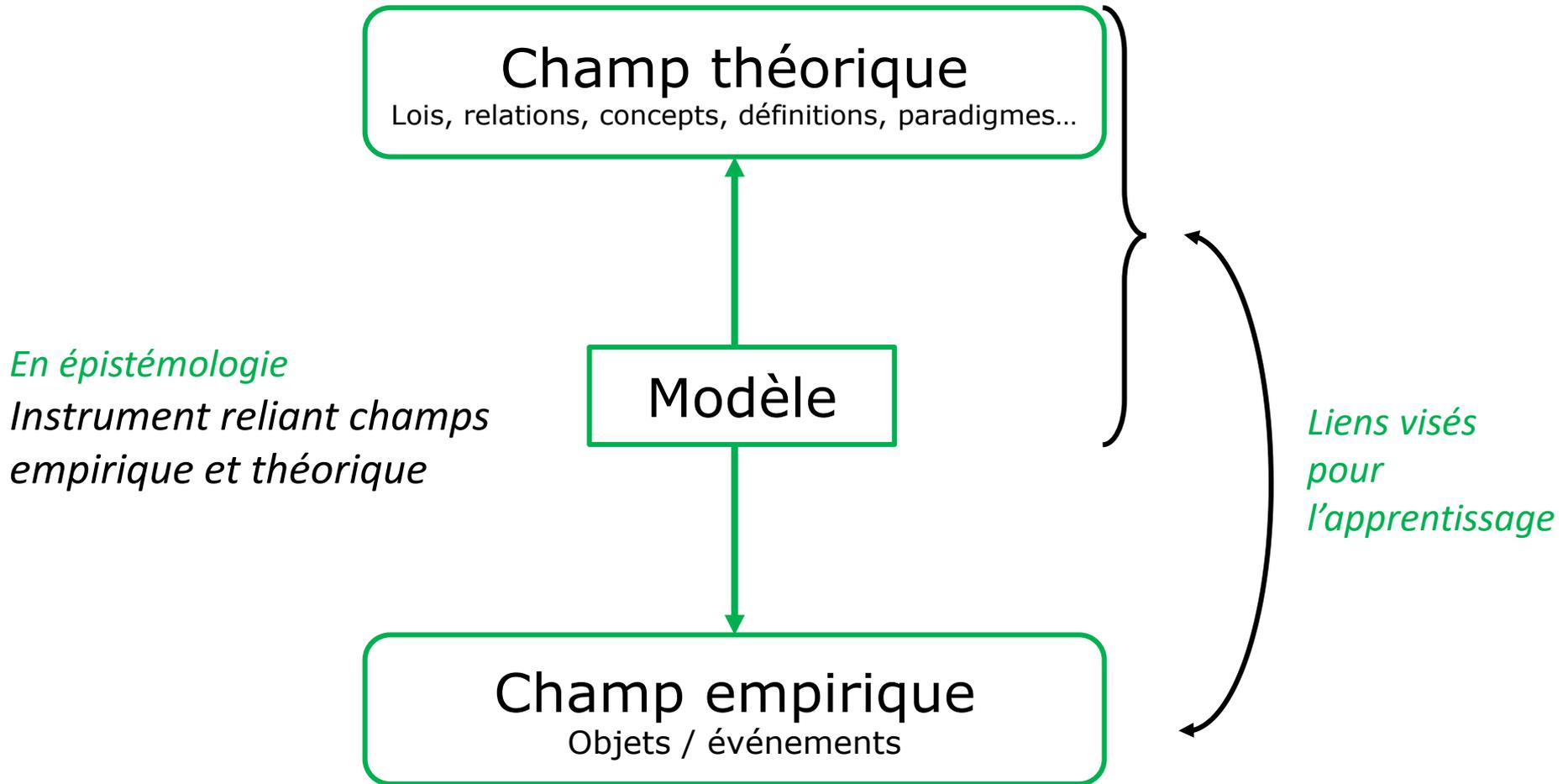
Des théories « emboîtées » ou concurrentes



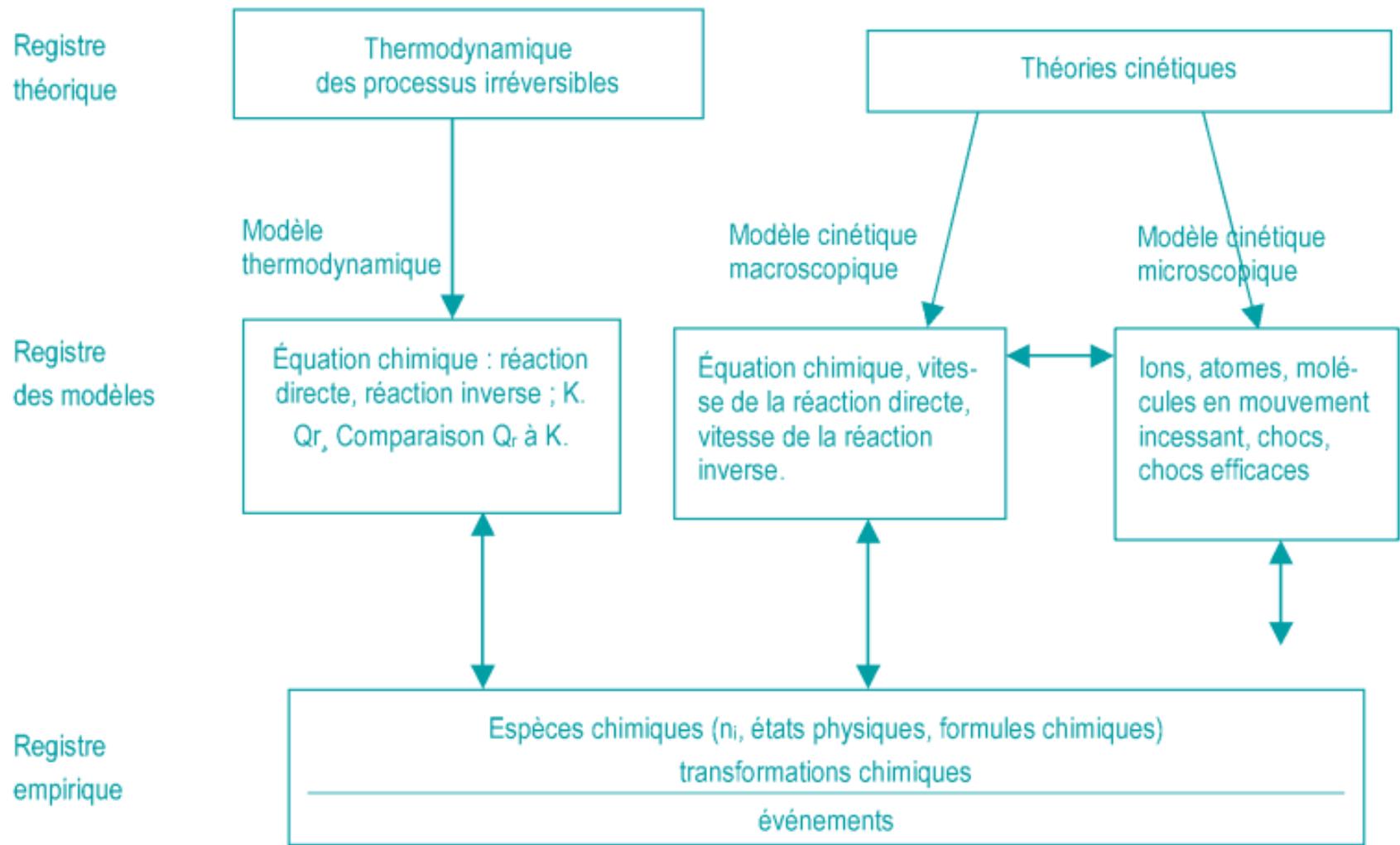
Dans l'enseignement secondaire, la théorie est souvent réduite à certains modèles théoriques, liés aux situations : *modèle de la chute libre, du pendule simple, du gaz parfait...*

Le « modèle théorique » a une valeur **explicative** et **prédictive**

Une simplification

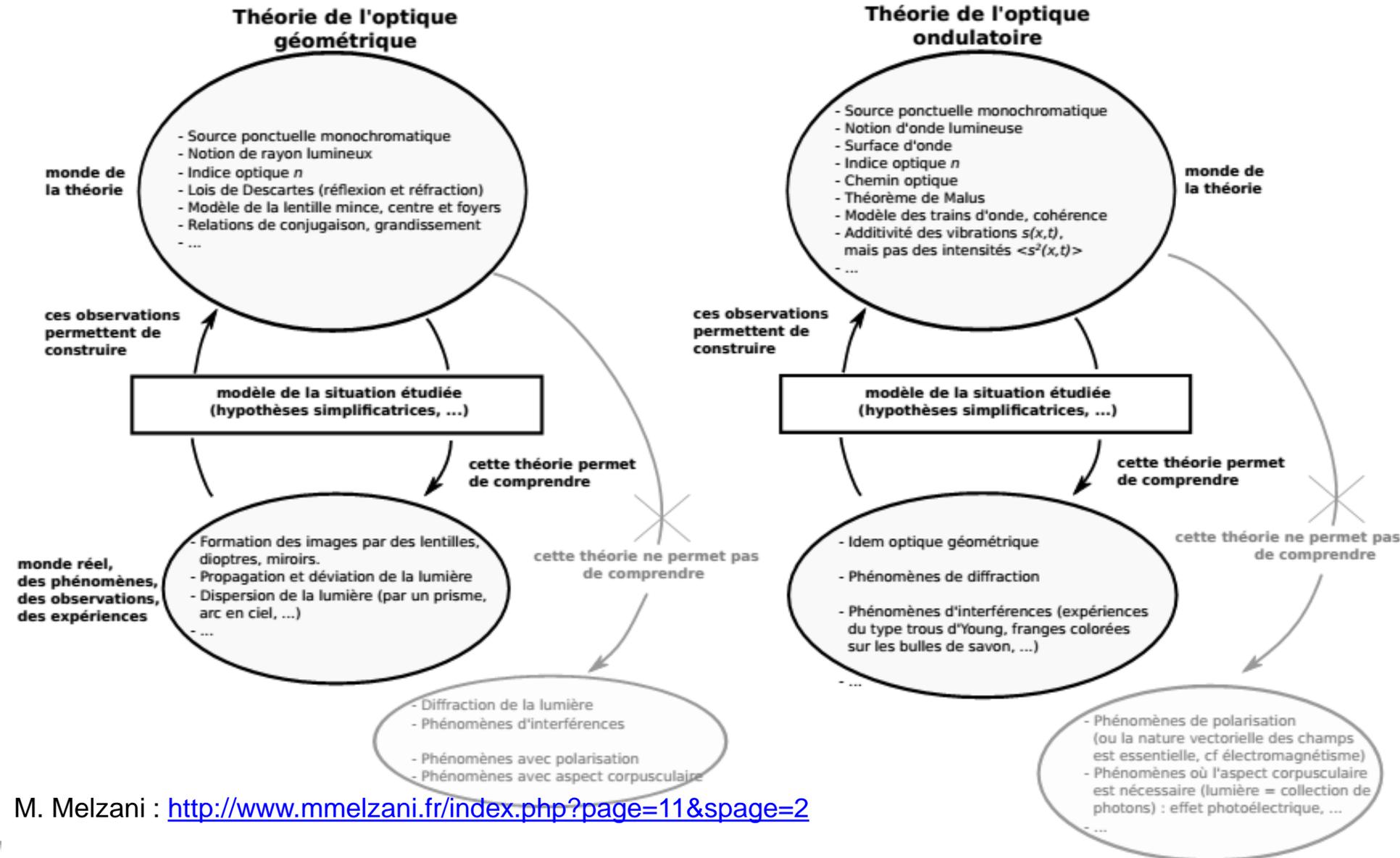


D'autres exemples



Différents modèles pour la transformation chimique (Extrait de Kermen & Méheut (2008))

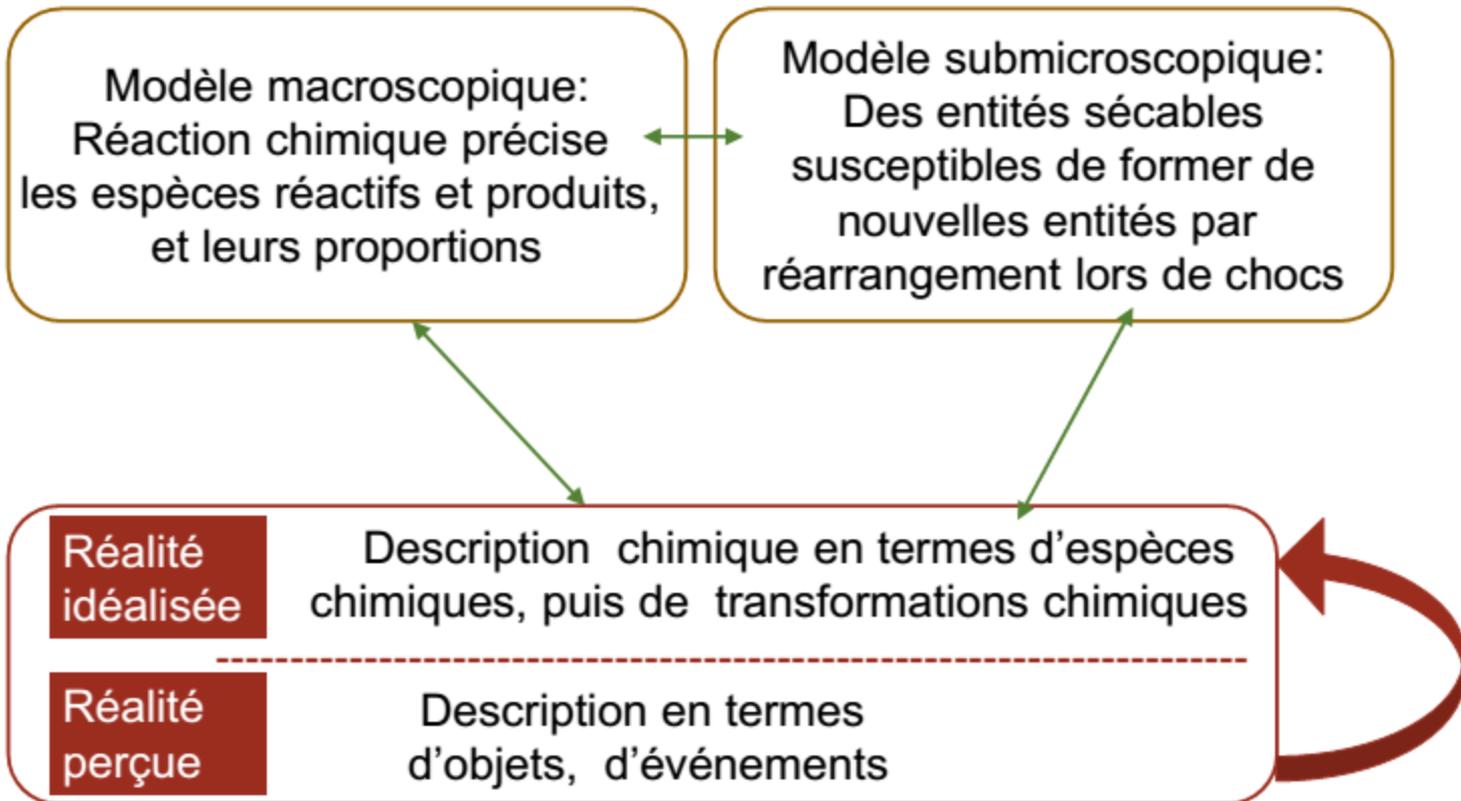
Lorsqu'on peut distinguer théorie et modèles



La place des modèles

(point de vue épistémologique)

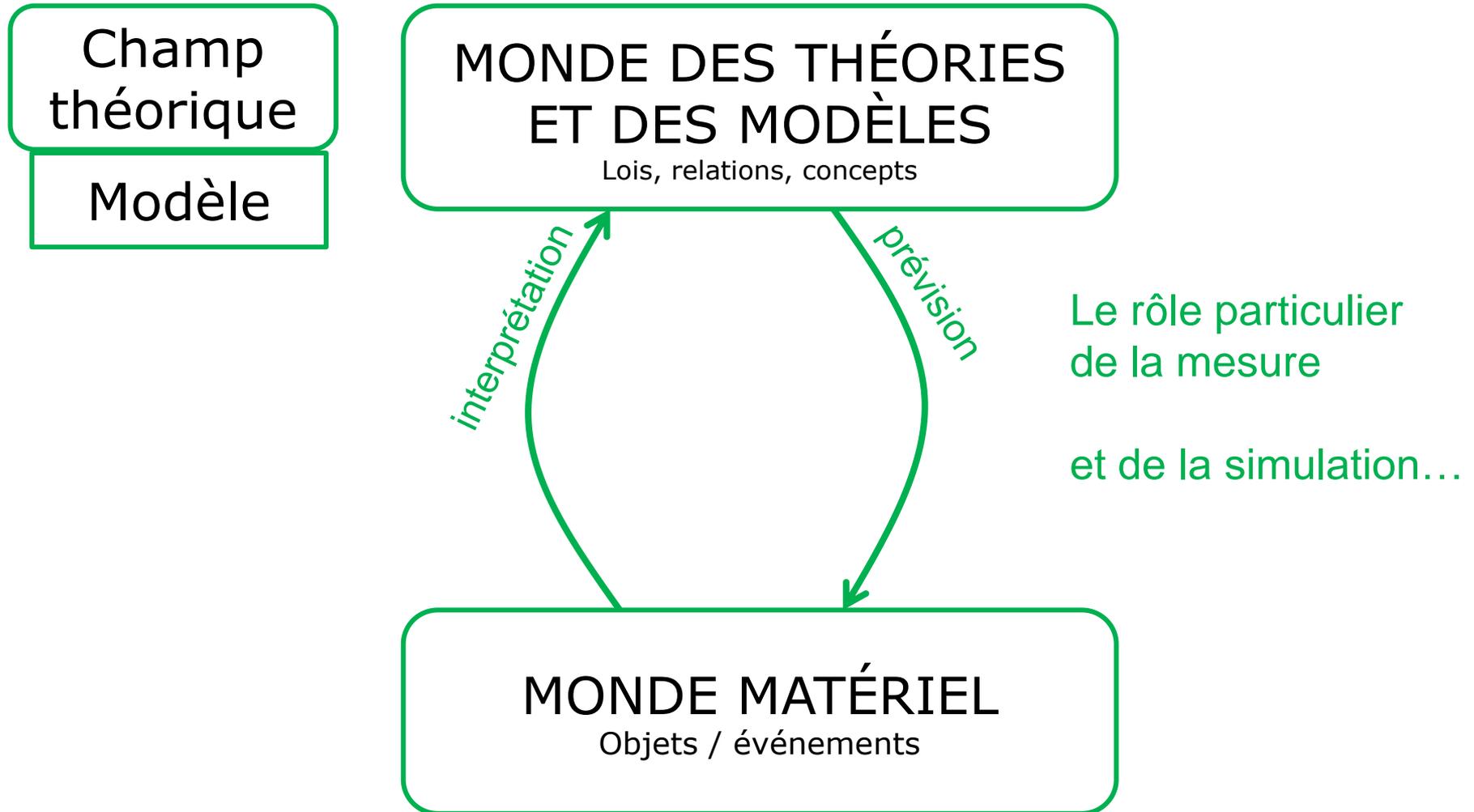
Registre
des modèles



Registre
expérimental

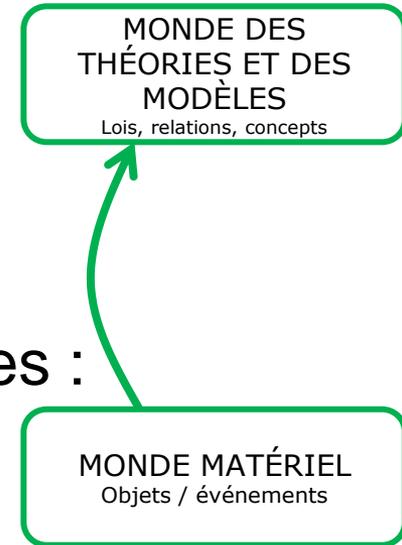
I. Kermen

Une simplification



Les modèles descriptifs

→ Représentation d'une situation en sélectionnant certains aspects ou paramètres :
« **Modèle d'objets ou d'événements** »
ou « **Réalité idéalisée** »



Halbwachs (1974) : « un modèle est une représentation d'une situation physique »

Réaction chimique

Onde progressive

Espèce chimique

Image optique

Point matériel

Source idéale de tension

Rayon lumineux

Ces modèles n'ont pas de valeur explicative en eux-mêmes

Remplacer du visible compliqué par de l'invisible simple (J. Perrin)

Des exemples de modèles descriptifs...
le modèle est ce qui *imite* la réalité, une réalité idéalisée...



Les modèles descriptifs

MONDE DES THÉORIES ET
DES MODÈLES

Modèle d'objets
Modèle descriptif

Chercher du commun,
faire des choix, épurer...

MONDE
MATÉRIEL
Objets / événements

Condensateur 



Des exemples de modèles descriptifs...

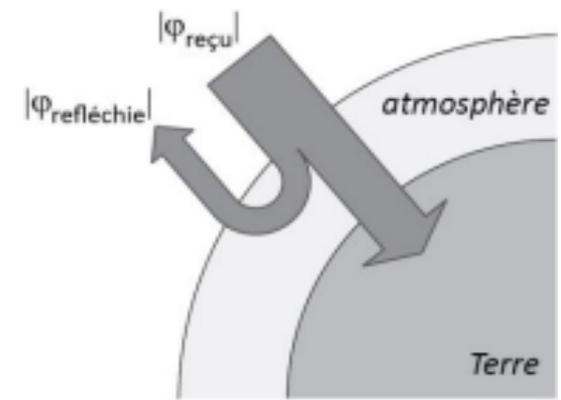
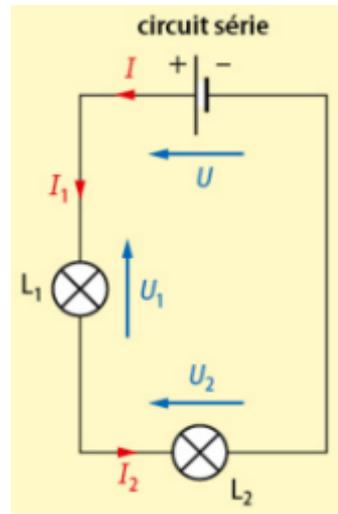
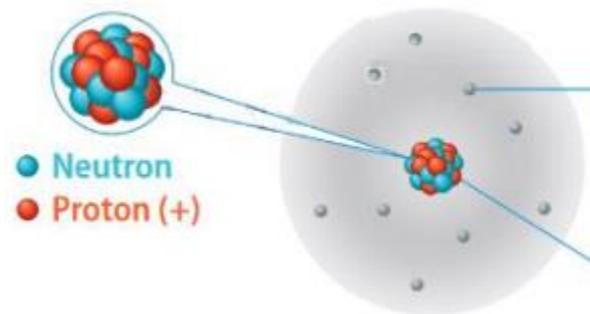
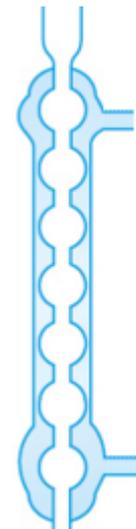
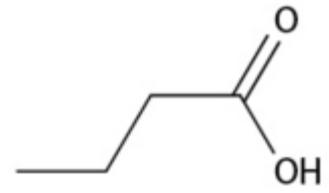
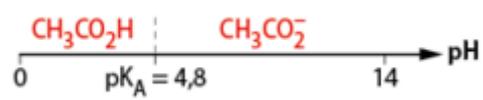
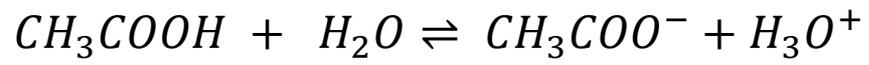
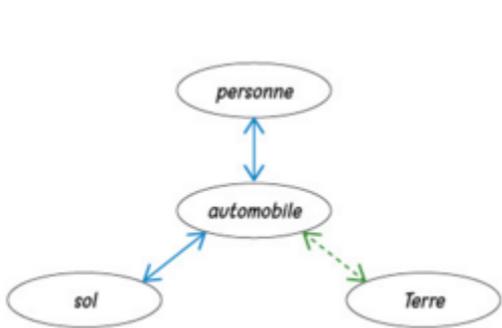


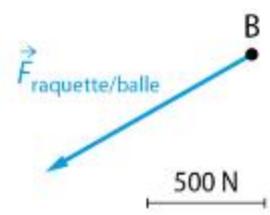
Figure 3 – Lunette astronomique



voire même :

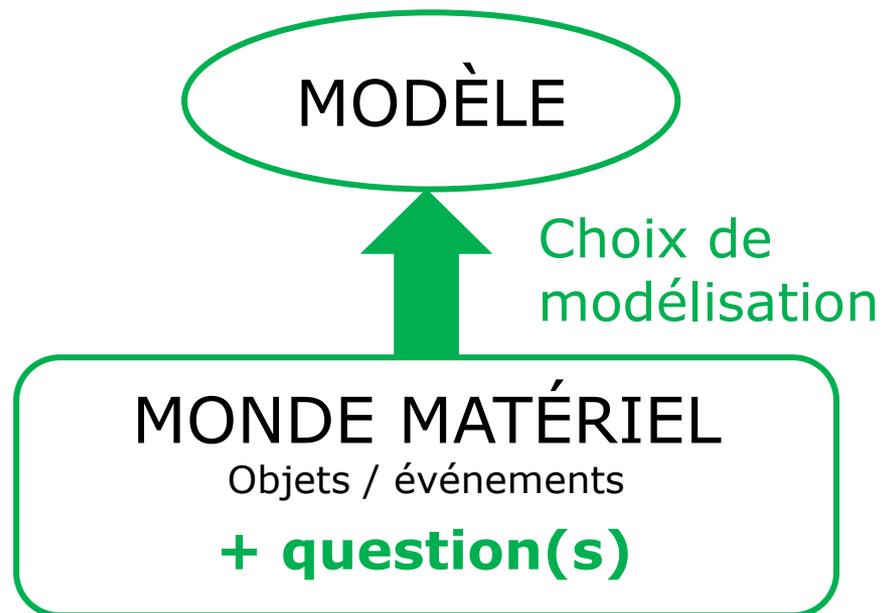


Modélisation de l'action de la raquette

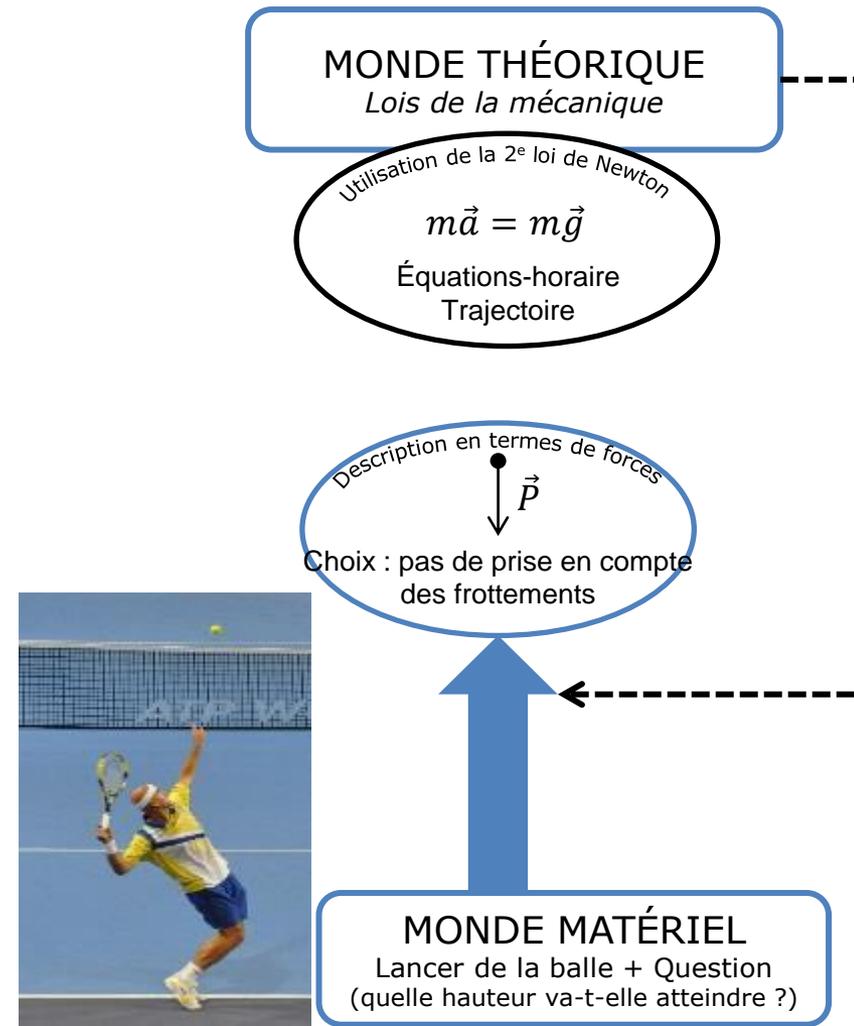
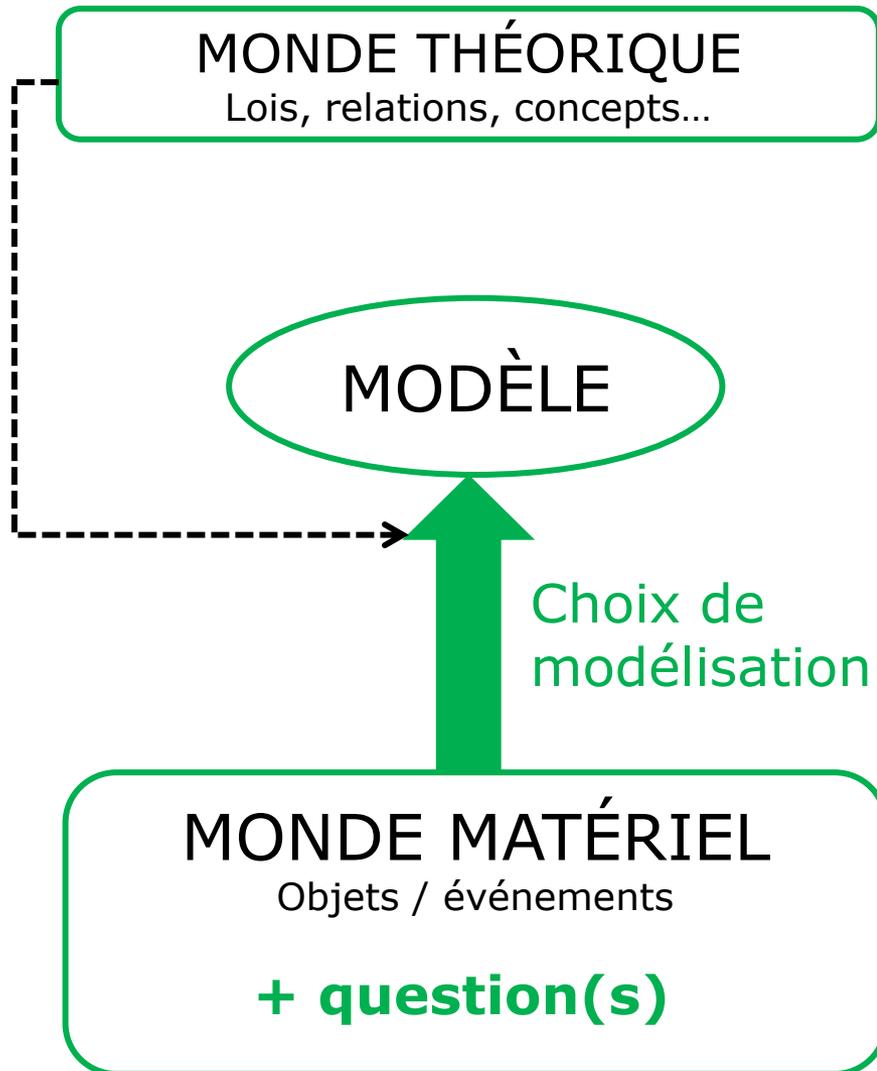


Le modèle comme « opérateur sélectif »

Suzanne Bachelard (1979) : « Loin de fonctionner comme copie, le modèle fonctionne comme **opérateur sélectif**. [...] Il **représente** non pas l'ensemble des propriétés du réel, mais **seulement certaines des propriétés**, il aide à **sélectionner** des données d'une expérience, il sépare le pertinent du non pertinent **par rapport à la problématique** considérée, le modèle est **un fictif réalisé** » ; « le modèle n'est jamais pris en soi. Il est toujours **relationnel** »



Le modèle comme « opérateur sélectif »



Les modèles explicatifs

Un modèle explicatif met en lien des phénomènes et/ou des concepts

→ Il établit des causalités

Lois, principes, théorèmes, relations...

2^{de} loi de Newton

Loi de Beer-Lambert

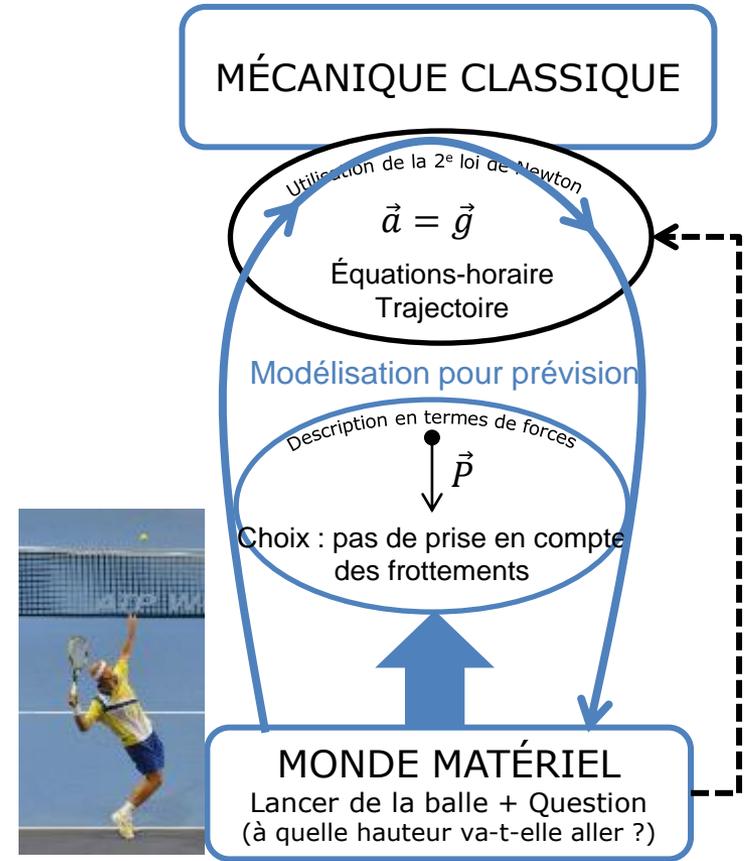
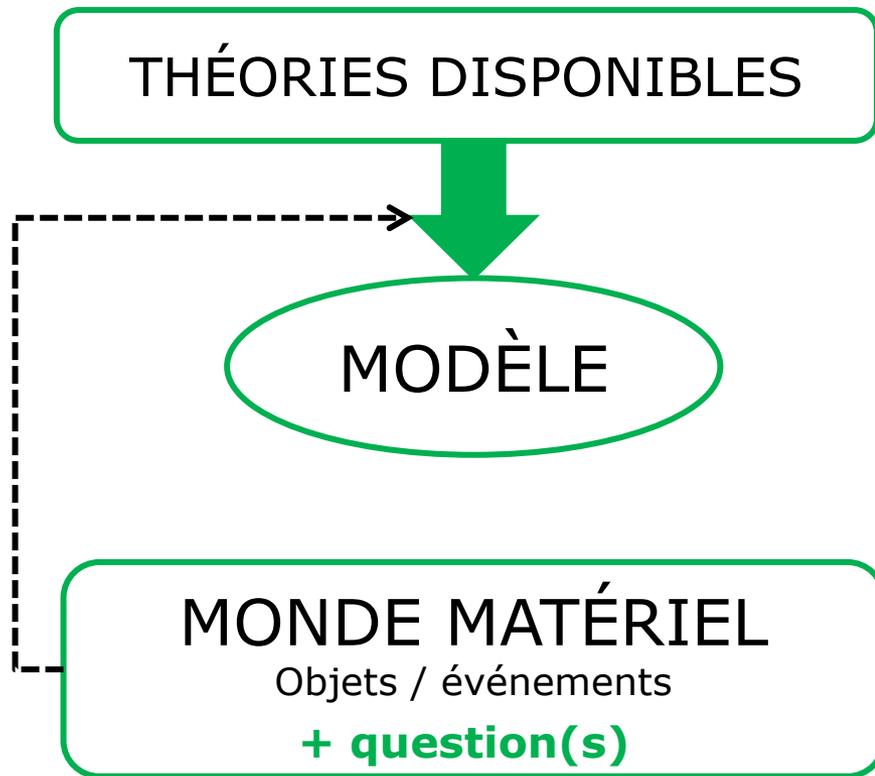
Relation de conjugaison

Conditions d'interférences constructives

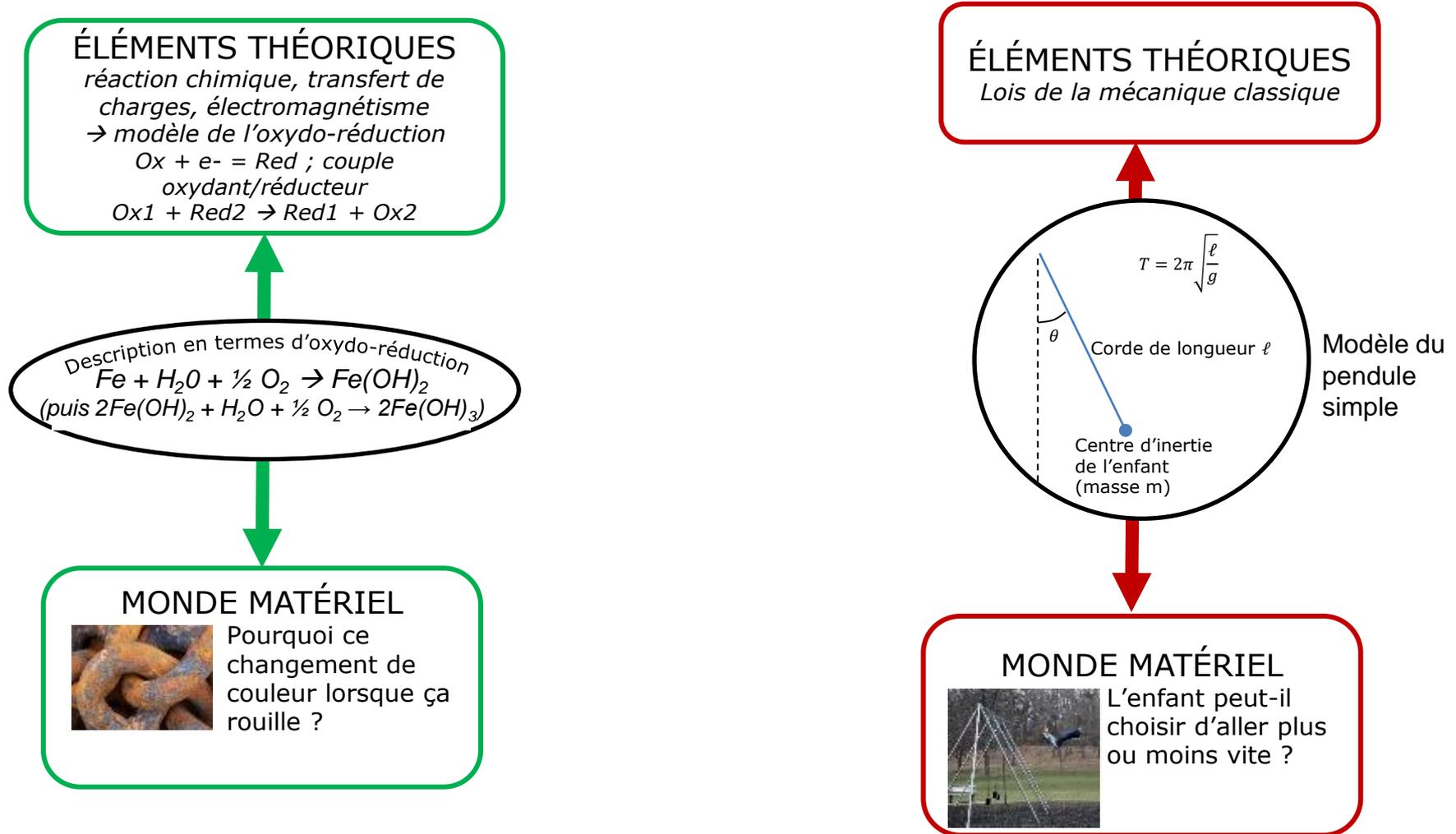
1^{er} principe de la thermo

→ *Le modèle explicatif a besoin de modèles descriptifs*

Le modèle issu de théories plus vastes



D'autres exemples



Lorsqu'on devient expert...

Les choix de modélisation peuvent être déjà effectués ou masqués :

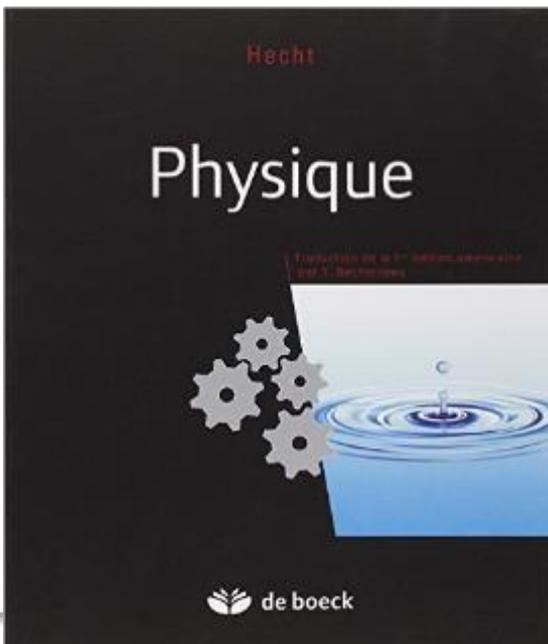
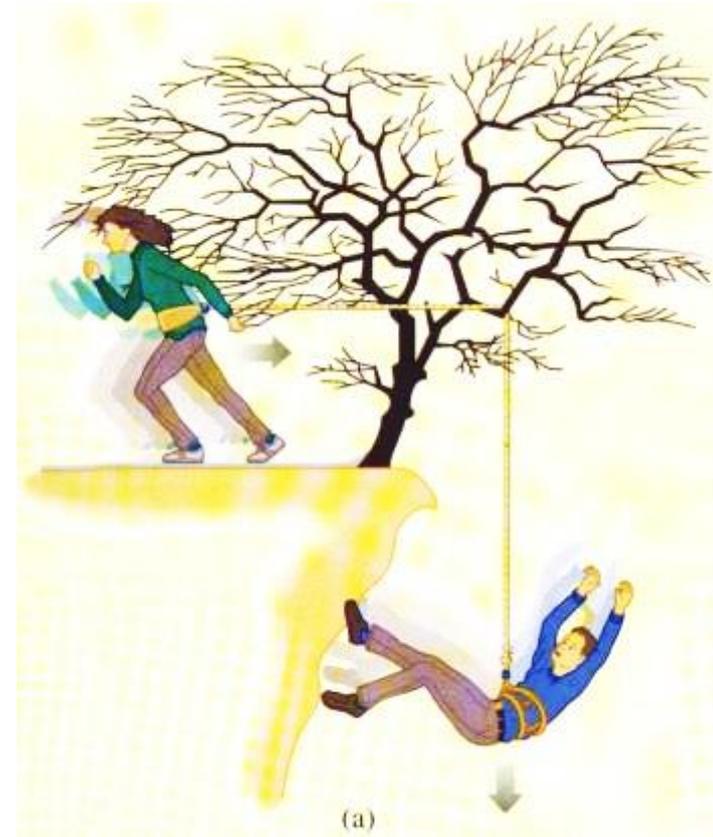
l'élève est immédiatement dans le modèle de la situation.

Conséquences *possibles* :

- il y a un risque de laisser croire qu'on n'étudie que des situations idéales
- le retour à la situation initiale après traitement des éléments théoriques peut poser problème

Pour le post-bac... Une modélisation par toujours assumée

Exemple 5.7 Florence ($m_F = 50$ kg) et son ami Grégoire ($m_G = 70$ kg) sont liés ensemble par une corde de masse négligeable. Elle est debout, sans frottement, sur une plaque horizontale de glace mouillée quand son ami tombe accidentellement d'une falaise (Fig. 5.17a). La corde passe sans frottement sur la branche d'un arbre. Nous supposons que la partie de la corde vers la fille est horizontale. Déterminer (a) la tension de la corde et (b) les accélérations des amoureux.



Partie II - Le manchot empereur

Le manchot empereur *Aptenodytes forsteri* est la plus grande espèce de manchots, avec en moyenne une taille de 1,2 m et une masse corporelle de 30 kg. Ce manchot est capable d'affronter sur de longues durées les conditions climatiques extrêmes de l'Antarctique, caractérisées par des températures moyennes de -40 °C lors des longues nuits polaires du mois de juin et des températures ressenties atteignant les -200 °C lorsque le blizzard souffle au plus fort. Le secret de cette exceptionnelle capacité d'isolation thermique réside dans toute une série d'adaptations, en particulier physiologiques et comportementales.

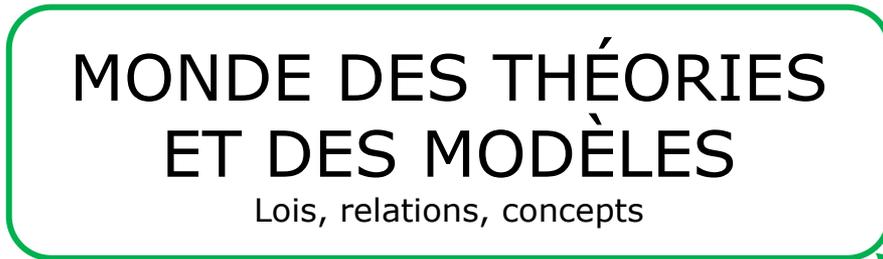
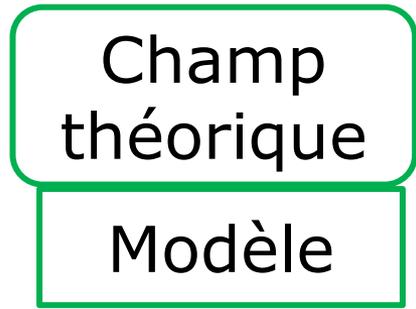
Du point de vue des échanges thermiques, on modélise un manchot par un cylindre d'axe (O, \vec{u}_z) , de rayon $R = 10\text{ cm}$, de longueur $\ell = 1,2\text{ m}$, recouvert successivement :

- d'une couche de graisse d'épaisseur $e_g = 2,0\text{ cm}$ et de conductivité thermique $\lambda_g = 0,20\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- d'une couche de filaments duveteux enfermant une épaisseur $e_a = 1,0\text{ cm}$ d'air de conductivité thermique $\lambda_a = 0,026\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- d'une couche très dense de plumes courtes et raides, disposées en diagonale et imbriquées les unes dans les autres pour former un véritable « coupe-vent » imperméable à l'eau, d'épaisseur $e_p = 2,0\text{ cm}$ et de conductivité thermique $\lambda_p = 0,035\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Q20. Donner l'expression en la justifiant de la résistance thermique totale $R_{th,tot}$ du manchot en fonction de $R_{th,1}$ et $R_{th,2}$. En déduire la valeur de la puissance \mathcal{P}_m due au métabolisme nécessaire à un manchot pour maintenir une température interne $T_i = 37,7\text{ °C}$ dans un environnement à la température $T_e = -17\text{ °C}$ et en présence d'un vent de vitesse $V = 5,0\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Vérifier que la puissance \mathcal{P}_m est de l'ordre de 50 W.

Q21. À la lumière des résultats de l'équipe de recherche de Caroline Gilbert, discuter la modélisation effectuée dans cette partie. Expliquer brièvement pourquoi les grands rassemblements de manchots réduisent la puissance due à leur métabolisme.

La mesure



À l'aide
d'une grandeur

Mesurer c'est



Prendre une info
sur le réel

Mickaël Melzani

PHYSIQUE ET MESURE

Histoire et fonctionnement de la physique
à travers la mesure et les unités



Un des éléments constitutifs
de la démarche de modélisation :

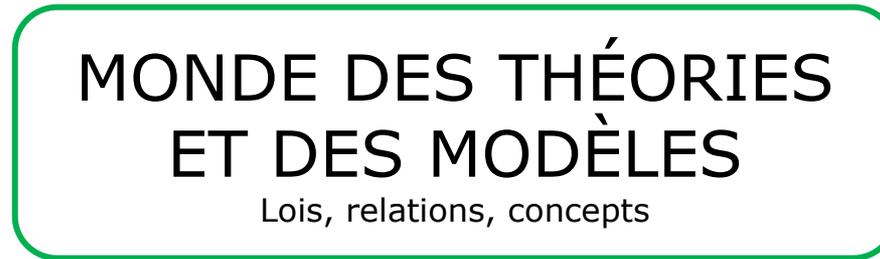
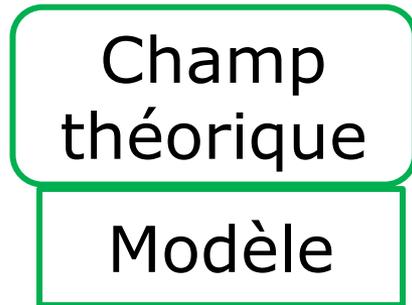
**recourir à une simulation pour
expérimenter sur un modèle**

L'**activité de simulation** peut également être mise à profit pour **exploiter des modèles à des échelles d'espace ou de temps difficilement accessibles à l'expérimentation**. Ce thème est l'occasion de développer des capacités de programmation, par exemple pour simuler et analyser le mouvement d'un système. (première)

Capacités « expérimentales » :

- mettre en œuvre un **logiciel de simulation** et de traitement des données.
- Utiliser un **logiciel de simulation** et des modèles moléculaires pour visualiser la géométrie d'entités chimiques.

La simulation



Générée par les règles d'un modèle



Représente des « objets » du monde simulé, éventuellement manipulables



Ce qu'on peut retenir...

- ✓ Les savoirs « théoriques » permettent d'interpréter et de prévoir des événements, en construisant et utilisant un modèle de la situation
- ✓ Dans l'enseignement secondaire, modèle et théories peuvent être confondus
- ✓ Un modèle peut être descriptif mais aussi explicatif
- ✓ C'est un cadre qui permet d'analyser la mesure et la simulation

1. Le contexte
2. Savoirs et activité scientifique
3. Caractérisation de la démarche de modélisation
4. Un cadre pour concevoir son enseignement et pour aider les élèves
5. Modélisation et idées initiales
6. Modélisation et compétences

4. Un cadre pour concevoir son enseignement et pour aider les élèves

- 4.1. Les différentes facettes de « l'activité de modélisation » pour l'enseignement
- 4.2. Une confusion des deux mondes source d'incompréhension et d'arbitraire
- 4.3. Des mondes à expliciter
- 4.4. Un cadre d'explication d'erreurs
- 4.5. Modélisation et verbes de consigne
- 4.6. Modélisation et type d'activités

Pourquoi former à la démarche scientifique ? (connaissances épistémiques)

1. Comprendre « comment la science fonctionne »

- Connaître des règles méthodologiques de production et de validation
- Avoir conscience des pratiques et des valeurs des communautés scientifiques
- Comprendre en quoi la science est un corpus de connaissances spécifique pour en connaître des forces et des limites

2. On pourrait former à la démarche scientifique en dehors des enseignements « scientifiques »...

- ...mais on le fait peu et de façon très implicite
- La formation à la démarche scientifique reste une préoccupation explicite des seuls enseignements de sciences (expérimentales et SE) dans le champ scolaire .

3. Un enjeu de formation citoyenne de plus en plus pris en compte à l'international Comprendre les réponses que la science est en capacité d'apporter face aux multiples défis climatique, sanitaires ou énergétiques auxquels les sociétés sont confrontées ; repérer ce qu'est une question scientifique.

Rapport à monsieur le ministre de l'Éducation nationale
et de la Jeunesse
madame la ministre de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche

La sensibilisation et la formation à la
démarche scientifique de l'école
élémentaire au doctorat

N° 21-22 099A – avril 2023

Comment former à la démarche scientifique ? (connaissances épistémiques)

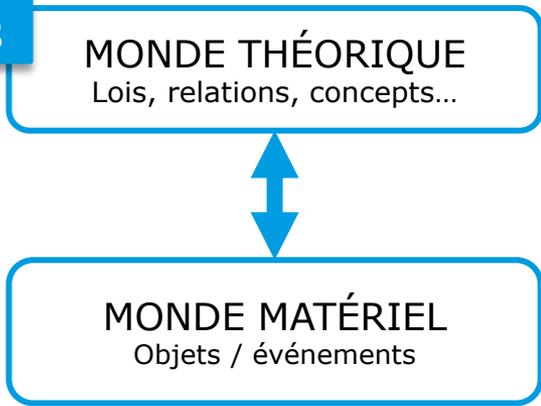
Rapport à monsieur le ministre de l'Éducation nationale
et de la Jeunesse
madame la ministre de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche

La sensibilisation et la formation à la
démarche scientifique de l'école
élémentaire au doctorat

N° 21-22 099A – avril 2023

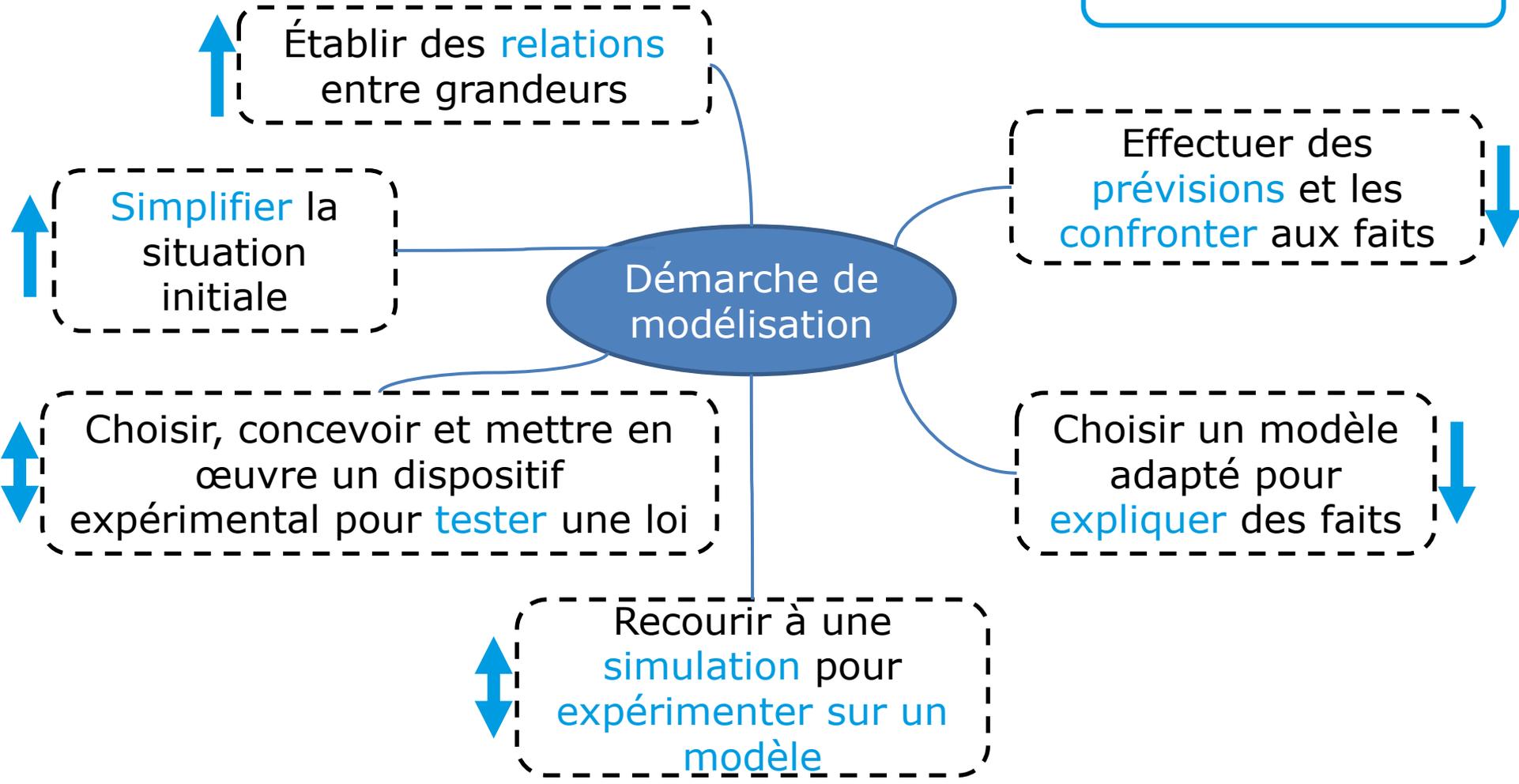
Recommandation n° 1 : agir sur les programmes d'enseignement scolaire :

- a) dans les programmes d'enseignement scolaire, rendre explicites les liens entre les démarches mobilisées dans les différentes disciplines et la démarche scientifique ;
- b) inscrire dans le corps des programmes de collège et de lycée des connaissances exigibles relevant de la dimension épistémique de la démarche scientifique (compréhension de la nature et de l'origine des connaissances scientifiques), adaptées à chaque niveau d'enseignement ;
- c) identifier explicitement des thèmes précis permettant une approche pluridisciplinaire de la démarche scientifique dans le cadre de séances de co-intervention et mettre en place des formations adaptées à destination des enseignants.



Une démarche qui se décline en une variété d'actions

Extraits du préambule du programme de seconde



Mais pourquoi expliciter aux élèves toutes ces actions ?

- ✓ Seulement pour porter un discours sur la nature de la discipline ?
- ✓ ~~Pour faire un cours d'épistémologie ?~~
- ✓ ~~Pour alourdir leur charge cognitive alors qu'ils n'arrivent déjà pas à utiliser un modèle simple ?~~

Une hypothèse :

pour améliorer la qualité des apprentissages
et aider les élèves... en diminuant l'arbitraire
pour donner des clés d'analyse des objets d'étude
et méthodes de notre discipline

Mais pourquoi expliciter aux élèves toutes ces actions ?

Illustrer les démarches

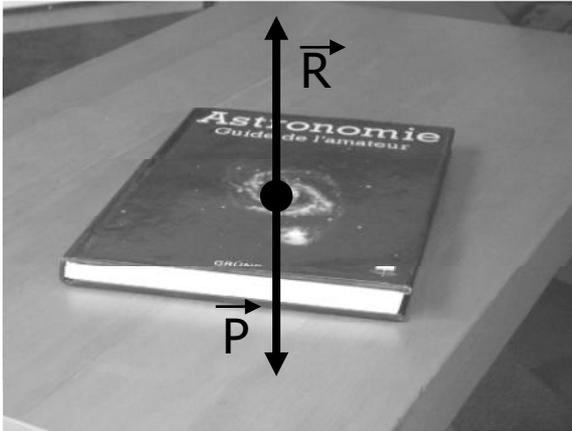
Justifier les faits au sujet des situations d'étude

Aider l'élève à percevoir les attentes

Favoriser les apprentissages

Un exemple classique de l'arbitraire...

Pourquoi ce livre est-il
immobile?



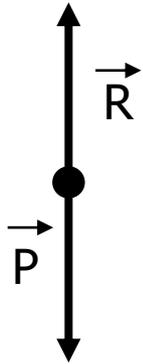
Explication courante

la table l'empêche de tomber ;
la table supporte le livre.
*pas d'interprétation en termes de
forces*

En physique

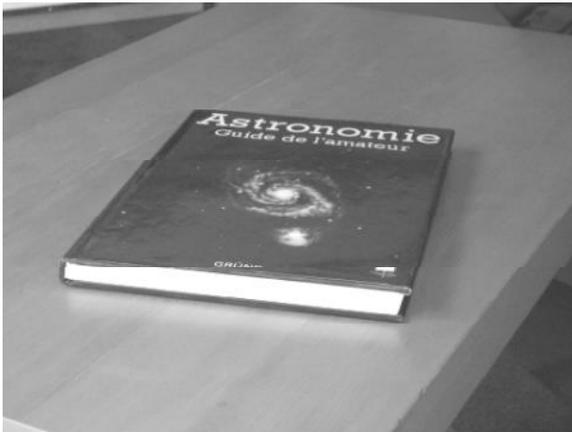
Le livre est soumis à deux
forces qui se compensent

Un exemple classique...

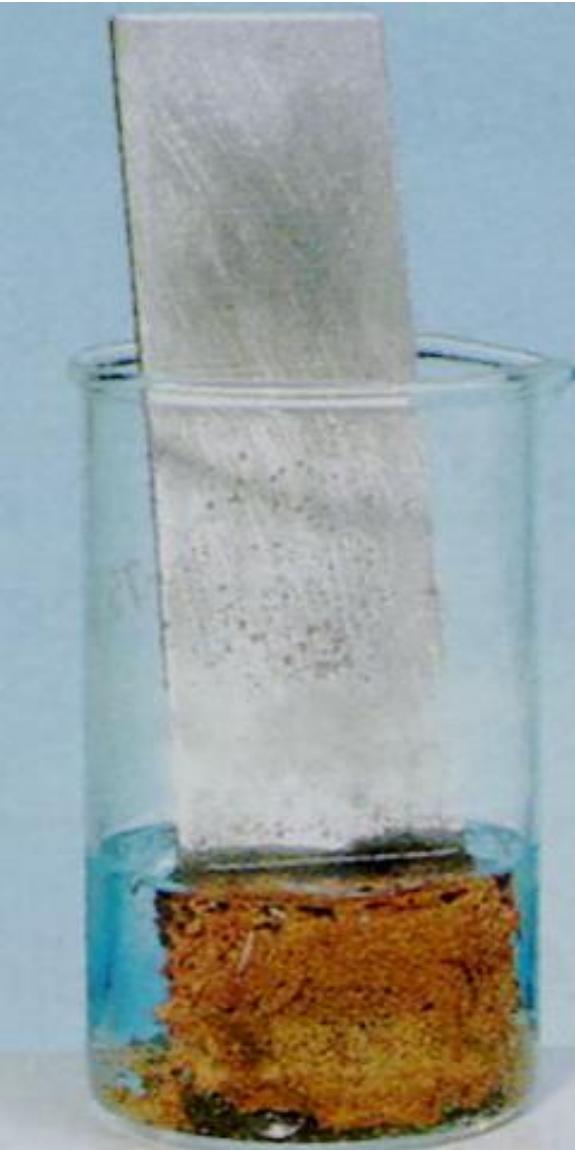


MONDE DES THÉORIES
ET DES MODÈLES

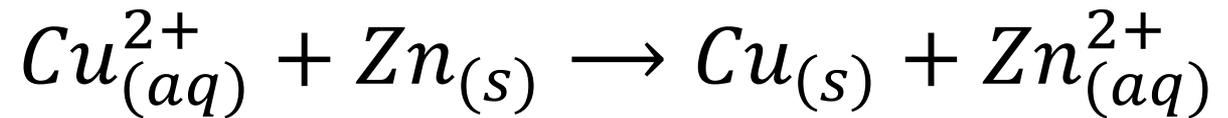
MONDE MATÉRIEL
Objets / événements



Un exemple classique...

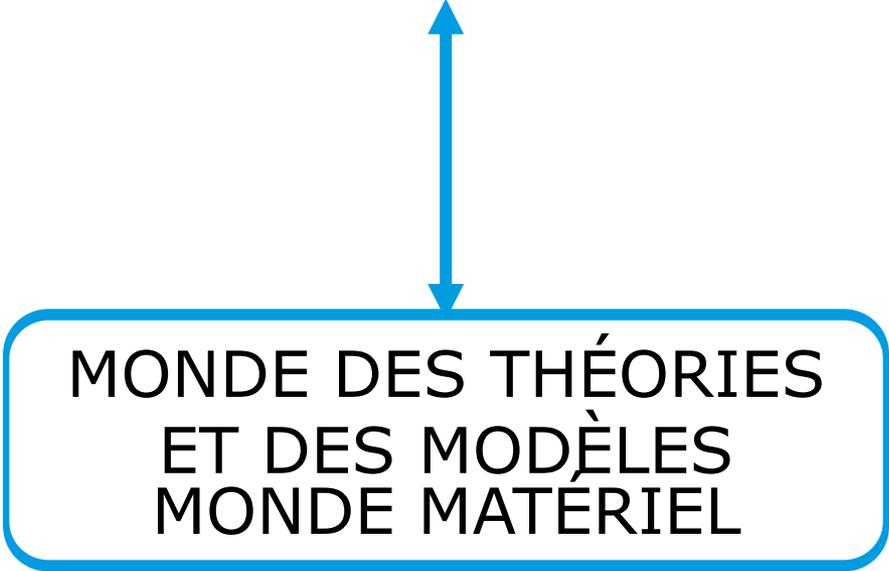
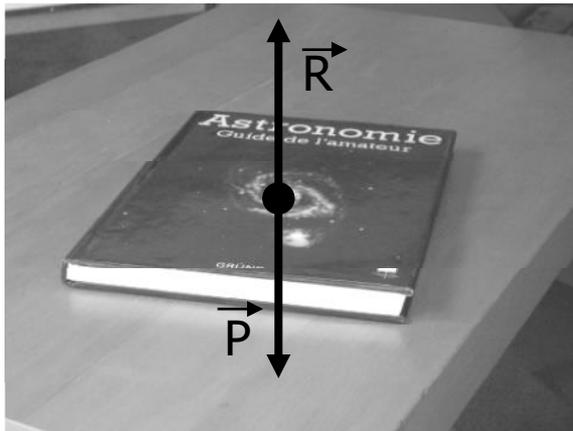
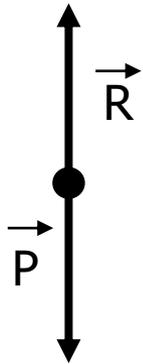


MONDE DES THÉORIES
ET DES MODÈLES



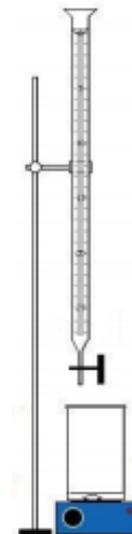
MONDE MATÉRIEL
Objets / événements

Le risque de la superposition des deux mondes...



Des confusions des deux mondes qui peuvent générer des « erreurs » ou des quiproquos...

« L'équivalence est obtenue lorsqu'on a versé suffisamment de solution titrante pour faire réagir toute la solution titrée initiale »

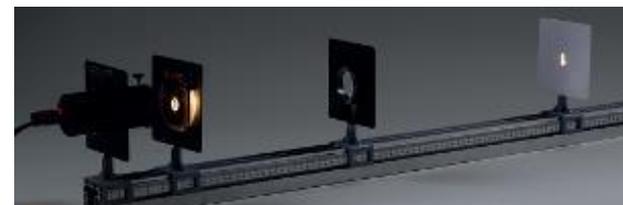


Ou des ambiguïtés...

Justifier que l'image est à X cm de la lentille.

E1 : *parce que si je mets un écran à X cm de la lentille, je vois net*

E2 : *car d'après la relation de conjugaison, $\overline{OA'} = X$ cm.*



- 5) La vitesse du point vous semble-t-elle constante au cours du temps. Si oui, justifier clairement. Si non, indiquer comment elle varie (si elle augmente, si elle diminue) en justifiant.

La vitesse du point ne semble pas constante au cours du temps, elle augmente avant de devenir constante. Cela s'explique car le sujet semblait à l'arrêt avant qu'il démarre : la vitesse augmente alors petit à petit avant de se stabiliser.

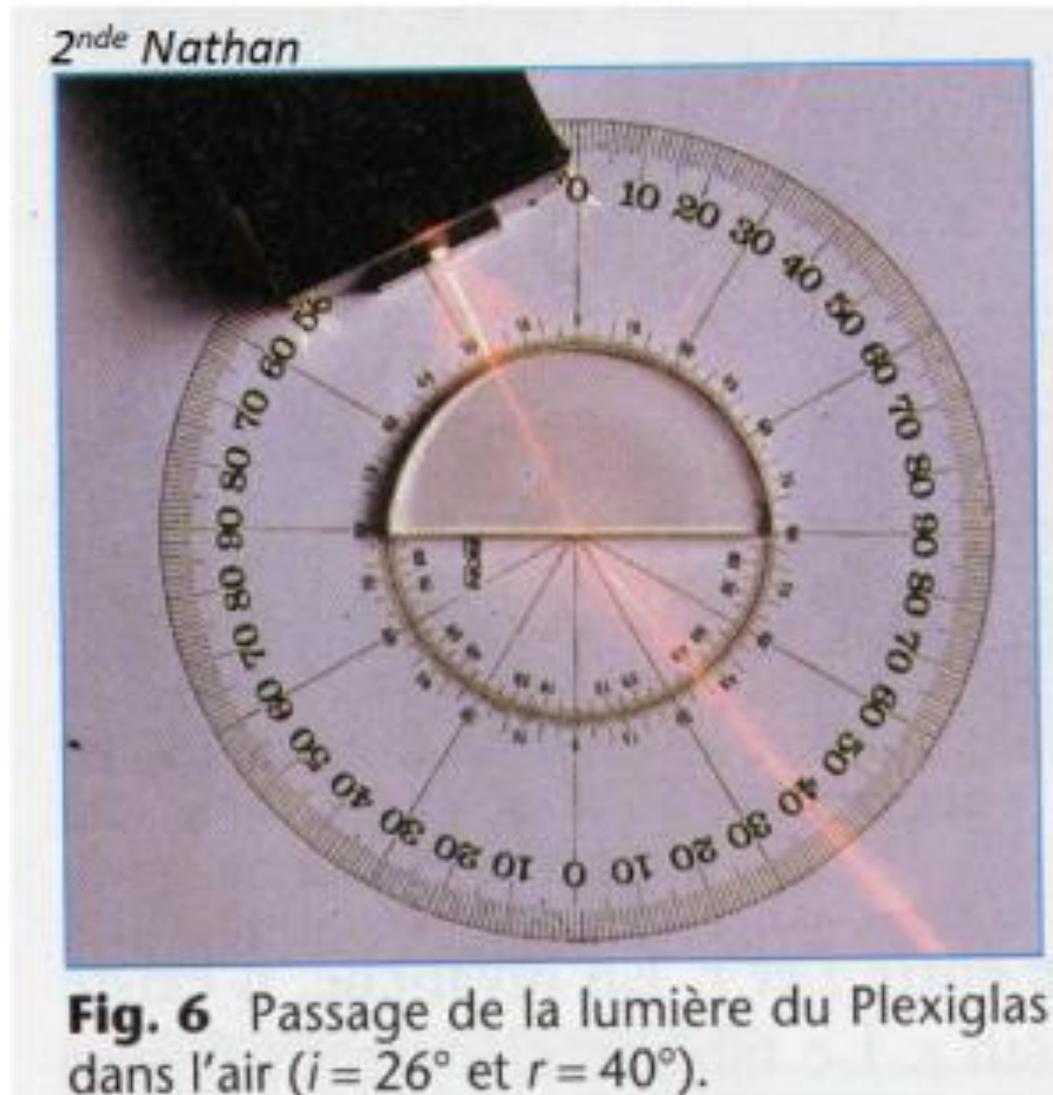
Des confusions des deux mondes qui peuvent générer des expressions gênantes...

- *La quantité de solution*
- *Un acide est une solution qui peut céder un proton*
- *Ce produit chimique joue le rôle de réactif*
- *La vitesse de disparition est la vitesse à laquelle la concentration en permanganate disparaît*
- *Le facteur cinétique concentration n'agit pas*
- *L'avancement est total et terminé*

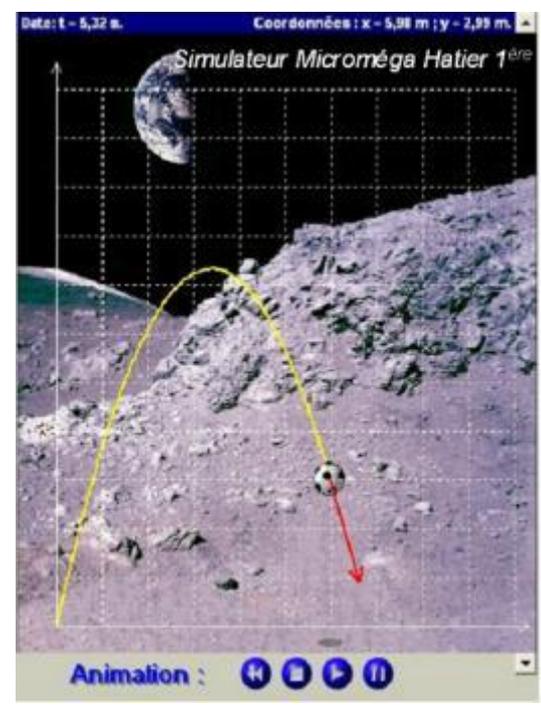
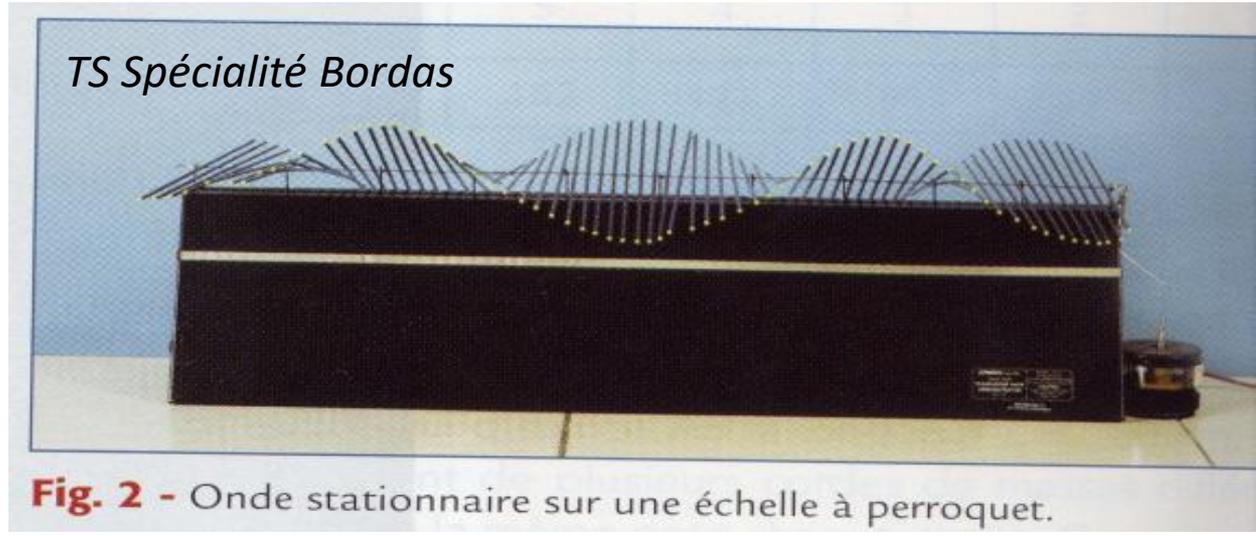
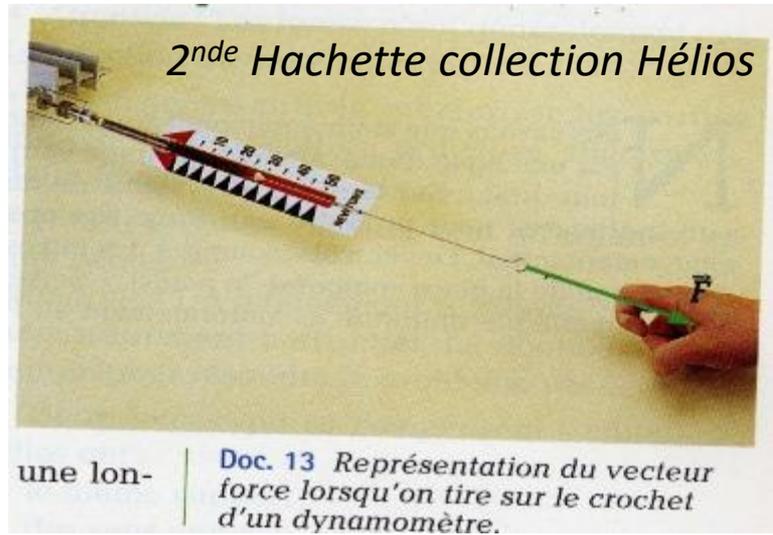
Des confusions des deux mondes qui peuvent générer des expressions gênantes...

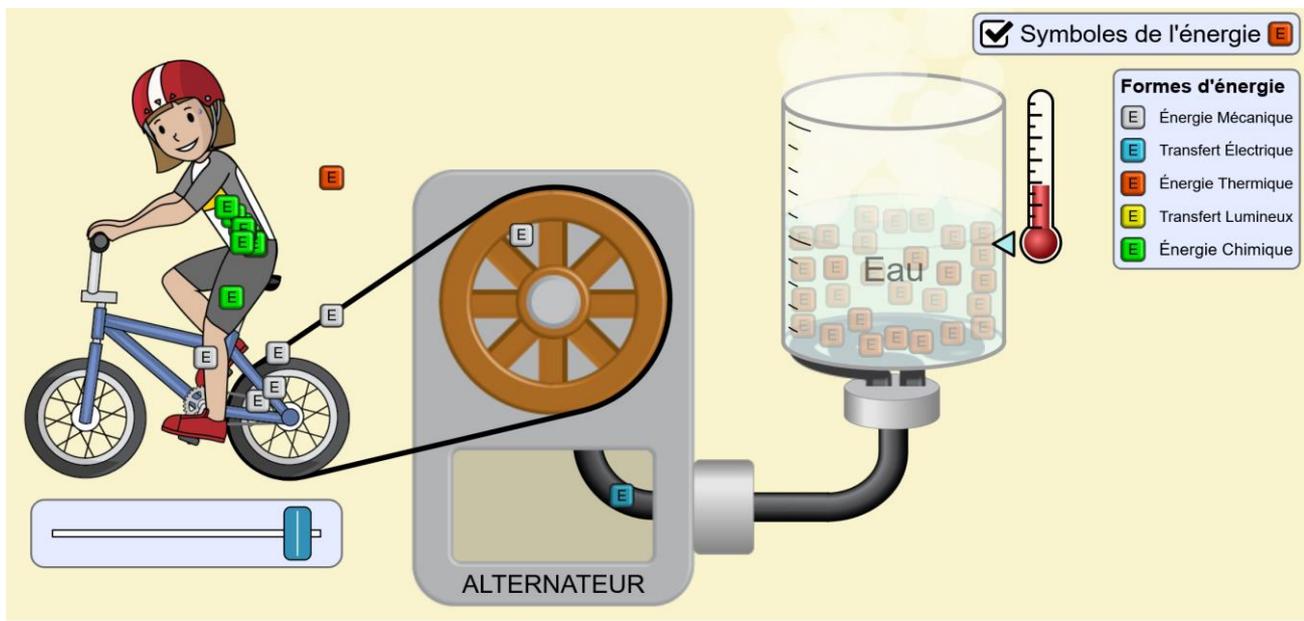
- *La température est de plus en plus chaude*
- *La vitesse va moins vite, est uniforme, accélère...*
- *Le sens fait demi-tour*
- *L'énergie s'épuise*
- *L'onde sonore se répand dans la pièce*
- *Une lunette est afocale quand elle reçoit un objet à l'infini et projette une image définitive à l'infini*
- *L'image est nette*

Exemple de confusion des « deux mondes »



Exemple de confusion des « deux mondes »





L'ACIDIFICATION DES OCEANS EN BREF

CO₂ CO₂ CO₂ CO₂ CO₂

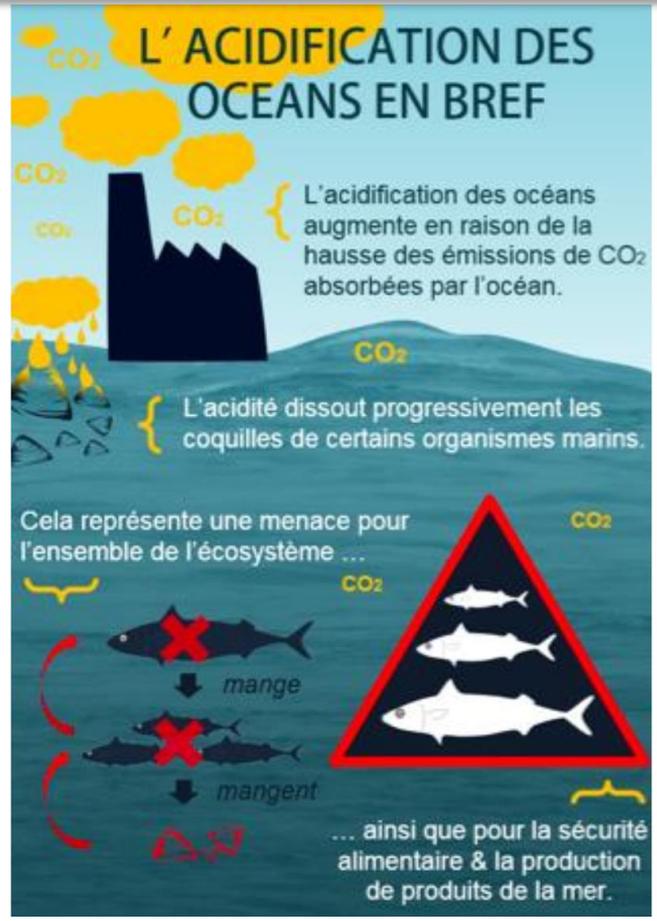
L'acidification des océans augmente en raison de la hausse des émissions de CO₂ absorbées par l'océan.

L'acidité dissout progressivement les coquilles de certains organismes marins.

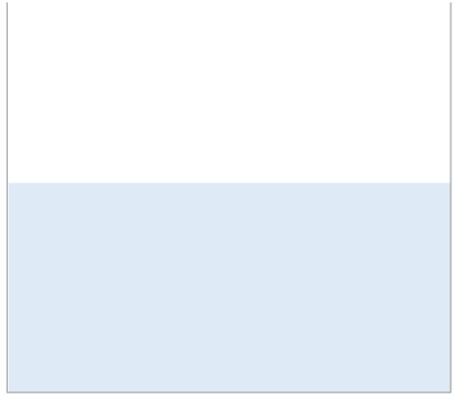
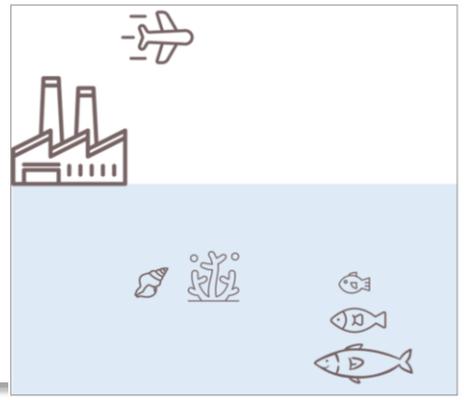
Cela représente une menace pour l'ensemble de l'écosystème ...

mange mangent

... ainsi que pour la sécurité alimentaire & la production de produits de la mer.



Source : www.lemonde.fr



La physique est partout ?

Le film que vous allez voir repose sur 20 notions de physique. Vous pouvez tout comprendre en cliquant au bon moment, quand la physique se cache dans le décor, les dialogues, le scénario.

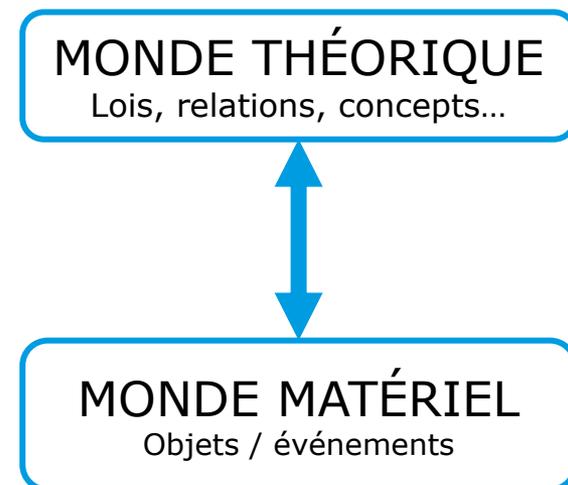


La confusion entre la science comme pratique scientifique et la technologie comme champ (éventuel) d'application

- masque l'activité spécifique du scientifique « regarder en sciences »
- masque l'activité de modélisation
- déforme ce qu'est « faire de la physique »

Un enjeu d'apprentissage à expliciter

- Inhérent à la démarche scientifique
- Exigeant pour l'élève
- Totalelement intégré pour l'expert



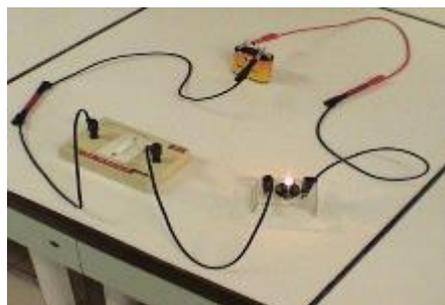
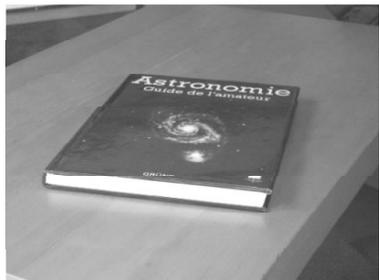
« Les **concepts** apparaissant dans notre pensée et dans nos expressions de langage sont – d'un point de vue logique – **pures créations de l'esprit et ne peuvent pas provenir inductivement des expériences sensibles.**

*Ceci n'est pas si simple à admettre parce que nous unissons concepts et liaisons conceptuelles aux expériences sensibles si profondément habituelles que **nous perdons conscience de l'abîme** logiquement insurmontable entre le monde du sensible et celui du conceptuel et de l'hypothétique. »*

A. Einstein,
Remarques sur la théorie de la connaissance de Bertrand Russel

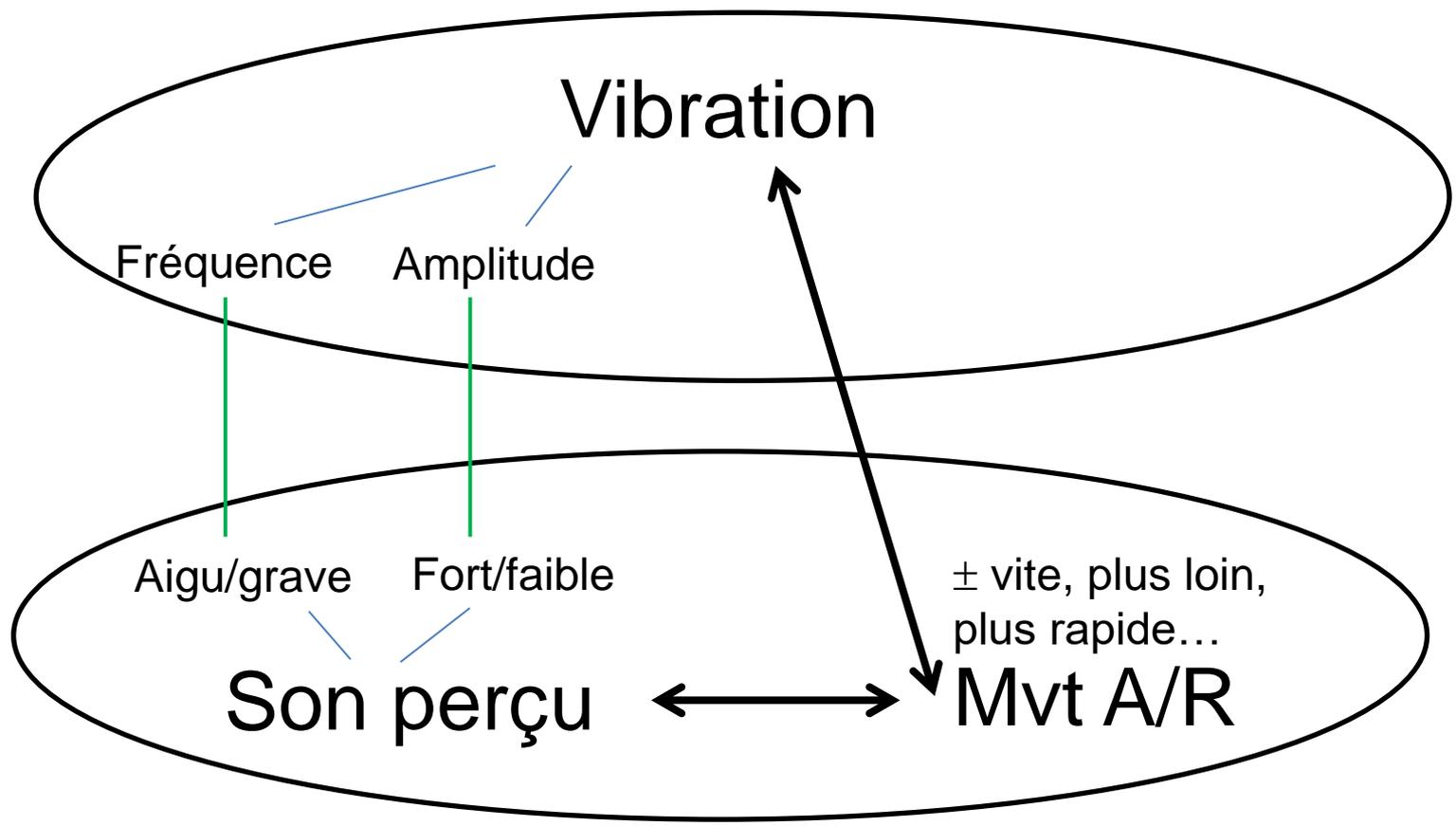
Cette activité de modélisation nécessite d'étudier des situations "simples" ou très épurées...

- pour lesquelles l'explication ou l'interprétation en physique-chimie n'a pas *a priori* un intérêt immédiat
- éloignées des situations que les élèves pourraient avoir envie de comprendre...



... et qu'il faudra tenter de lier à des situations courantes éventuellement plus complexes

Cas de la perception sonore



Cette activité de modélisation nécessite d'étudier des situations "simples" ou très épurées...

C'est parfois assumé

DNB Amérique du Nord 2022

Exploration de la planète Mars

La sonde spatiale Mars 2020, développée par la NASA, a été lancée le 30 juillet 2020. Après un long voyage, elle est arrivée dans l'atmosphère de Mars le 18 février 2021 à 21 h 38. Cette sonde a permis de déposer sur le sol martien un petit véhicule tout terrain, appelé rover Perseverance.

L'entrée de la sonde dans l'atmosphère de Mars, jusqu'à l'atterrissage du rover, comporte plusieurs phases décrites par le dessin suivant. Les vitesses indiquées sont celles de la sonde.

Après l'atterrissage, le rover reste immobile pendant plusieurs jours, le temps de vérifier le bon fonctionnement des instruments scientifiques embarqués.

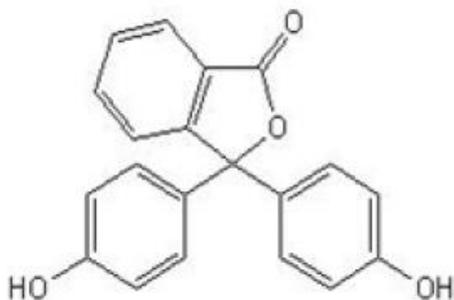
Question 5 (2 points) : en négligeant l'action de l'atmosphère martienne, identifier les actions mécaniques qui s'exercent sur le rover immobile.

Question 6 (4 points) : schématiser le rover par un rectangle et représenter, au choix, la force modélisant l'une des actions mécaniques par un segment fléché à l'échelle 1 cm pour 1000 N. Justifier la longueur du segment fléché.

Parfois pas...

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Durant longtemps, la phénolphtaléine a été utilisée comme indicateur coloré acido-basique lors de certains titrages colorimétriques. Les études toxicologiques conduites sur cette molécule ont amené l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) à établir une Fiche d'Aide à la Substitution (FAS) recommandant de remplacer la phénolphtaléine lorsque cela est possible.



Formule topologique de la molécule de phénolphtaléine

ou



Chou rouge

Le but de cette épreuve est de déterminer si la phénolphtaléine peut être remplacée par le jus de chou rouge comme indicateur coloré lors du titrage de l'acide éthanoïque du vinaigre par une solution d'hydroxyde de sodium.

Que faire pour expliciter ?

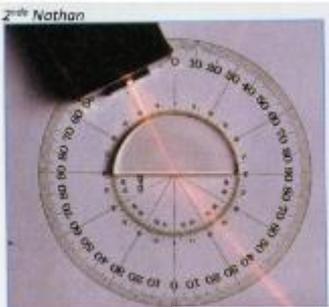


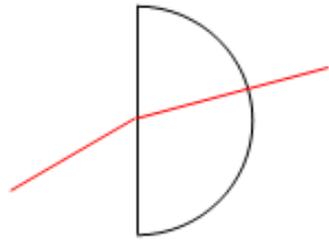
Fig. 6 Passage de la lumière dans l'air ($i = 26^\circ$ et $r = 19^\circ$)

B- Choix d'un modèle parmi les deux restants, à partir de mesures

Pour essayer de trouver le modèle le plus adapté, on fait des mesures d'angles : pour différents angles d'incidence on mesurera l'angle de réfraction. On dispose pour ceci d'un laser, d'une feuille servant de rapporteur (360°), d'un demi-cylindre constitué d'un matériau transparent.

Préparation et compréhension du dispositif

- 1) Expliquer pourquoi si la lumière entre par la face plane au niveau du point O, elle n'est pas déviée lorsqu'elle sort par la face arrondie (schéma ci-contre).
- 2) En déduire comment on a intérêt à positionner le demi-cylindre sur le rapporteur, lorsqu'on veut mesurer facilement les angles d'incidence et de réfraction. Représenter le demi-cylindre sur le rapporteur ci-contre. **Appeler le professeur lorsque vous avez fait une mesure d'un angle d'incidence et d'un angle de réfraction.**



Mesures

Les mesures des angles sont regroupées dans le tableau ci-dessous. Vérifier rapidement que vous trouvez les mêmes valeurs et compléter les deux colonnes incomplètes.

Que faire pour expliciter ?



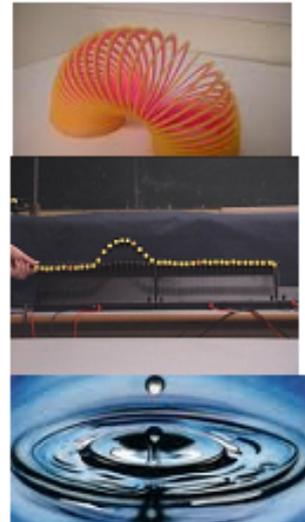
- *Permettre la mise en lien par l'élève*
- *Donner un statut effectif aux concepts*

Chapitre 1 - Ondes progressives

Activité 1 (expérimentale) Un même modèle pour différentes situations.

En physique, on décrit grâce à un même modèle les cinq situations disponibles dans la classe :

- Situation 1 :** Une corde est disposée horizontalement sur le sol. On soulève puis repose brièvement son extrémité libre.
- Situation 2 :** On agite l'extrémité d'une drôle de machine, appelée « échelle de perroquet » ou « ondoscope ».
- Situation 3 :** Un long ressort est tendu par terre. On comprime brièvement une de ses extrémités.
- Situation 4 :** De l'eau stagne dans un récipient. Un objet pointu est brièvement enfoncé dans l'eau.
- Situation 5 :** Un haut-parleur est alimenté par un GBF pour émettre un son.



Indiquer par écrit deux propriétés qui vous semblent communes à ces différentes situations.

Après mise en commun et discussion par groupe de 4, proposer sur une feuille A3 une définition d'une onde mécanique

✂-----✂

Vous disposez des § A et B du modèle

Un exemple de conséquence

➔ Ne pas dérouter l'élève : *Présenter la façon dont la physique et la chimie fonctionnent*

Assumer que modéliser ce n'est pas copier la réalité mais implique de perdre des informations

Activité 1. Représentation d'un objet par un point.

Quelles informations perd-on sur le mouvement si on représente chacun des objets suivants par un point particulier ?

Objet	Point représentant l'objet	Informations perdues (aucune ou préciser lesquelles)	Informations conservées (aucune ou préciser lesquelles)
balle de tennis	le centre de la balle		
roue de vélo	le centre de la roue		
un parachutiste qui tombe verticalement, son parachute étant ouvert	le point d'attache du parachute		

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
1. Décrire un mouvement	
Système. Échelles caractéristiques d'un système. Référentiel et relativité du mouvement. Description du mouvement d'un système par celui d'un point. Position. Trajectoire d'un point.	Identifier les échelles temporelles et spatiales pertinentes de description d'un mouvement. Choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système. Expliquer, dans le cas de la translation, l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement d'un système. Décrire le mouvement d'un système par celui d'un point et caractériser cette modélisation en termes de perte d'informations.

Conséquences (en classe)

Assumer/expliciter les choix de modélisation

4. Pour modéliser l'atterrissage dans les quatre dernières secondes, on choisit de considérer que l'action de l'air est négligeable (la vitesse étant alors suffisamment faible) et que la masse du propulseur est constante (masse à l'atterrissage notée M). On note \vec{F} la force dite *de poussée* exercée sur le propulseur grâce à un unique moteur *Merlin* en marche.

Sujet zéro Spécialité - 2020

Penser à des « petits pas » de modélisation
(ce qui questionne les situations très ouvertes...)

Distinguer *physiquement* les éléments du modèle du reste des documents fournis

Une feuille à part

Éventuellement de couleur

👁️ 👁️ « Monde des objets »	🕶️ « Mondes des modèles »			
Description de la situation	DOI	<table border="1"> <tr> <td>Liste des forces qui s'exercent sur l'objet étudié</td> <td>Représentation des forces qui s'exercent sur l'objet étudié.</td> </tr> </table>	Liste des forces qui s'exercent sur l'objet étudié	Représentation des forces qui s'exercent sur l'objet étudié.
Liste des forces qui s'exercent sur l'objet étudié	Représentation des forces qui s'exercent sur l'objet étudié.			

Conséquences (en classe) : une aide à la résolution des exercices

Théories /
modèles

Schéma

Grandeurs :

- Dans l'énoncé, sans valeur
- Dans l'énoncé, avec valeur
- Dont on cherche la valeur

Lois, relations,
définition :

- Disponibles
- Non disponibles dans l'énoncé mais utiles

Choix de modélisation

donnés

À faire, dont
schéma

Objets /
événements

Informations de la situation disponibles et pertinentes

Une conséquence pour la classe...

Fournir à l'élève des indices pour qu'il repère la nature de ce qu'on lui demande



Préciser à quels niveaux doivent se faire les interprétations, prédictions, explications, justifications



Le choix des consignes

De façon générale, expliciter les démarches permet aux élèves de prendre conscience de ce que l'on attend d'eux et de leurs propres apprentissages

Conséquences (en classe) : donner du sens aux consignes

Justifier, expliquer, commenter, caractériser, tester...

À quel niveau se situe la réponse attendue ?

// Ressources d'accompagnement

Ressources transversales

* [Verbes d'action figurant dans les capacités exigibles des programmes de physique-chimie](#)

ÉDUSCOL

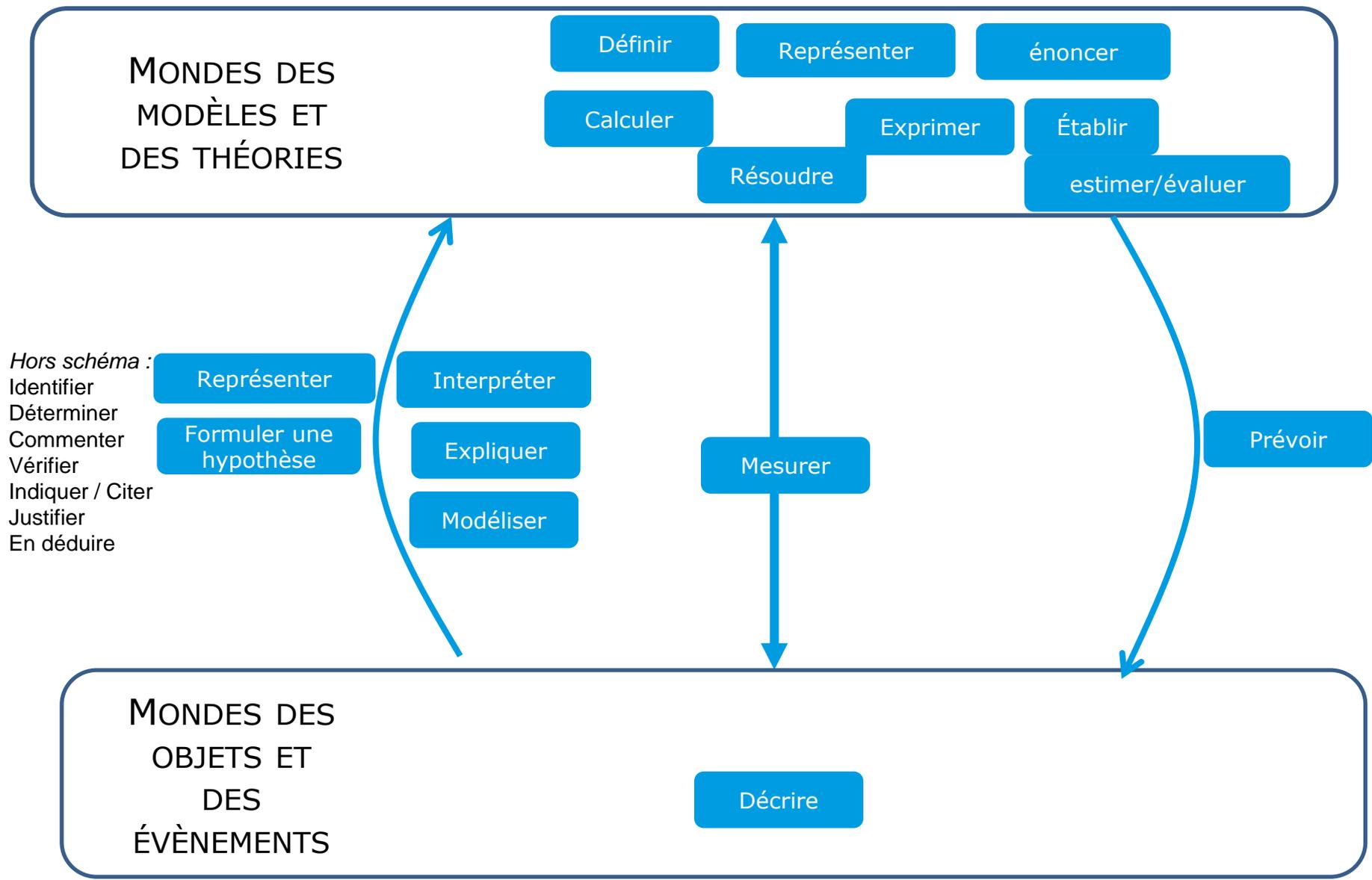


MONDES DES
MODÈLES ET
DES THÉORIES



*Positionnez les
20 verbes de consignes
(ou pas)*

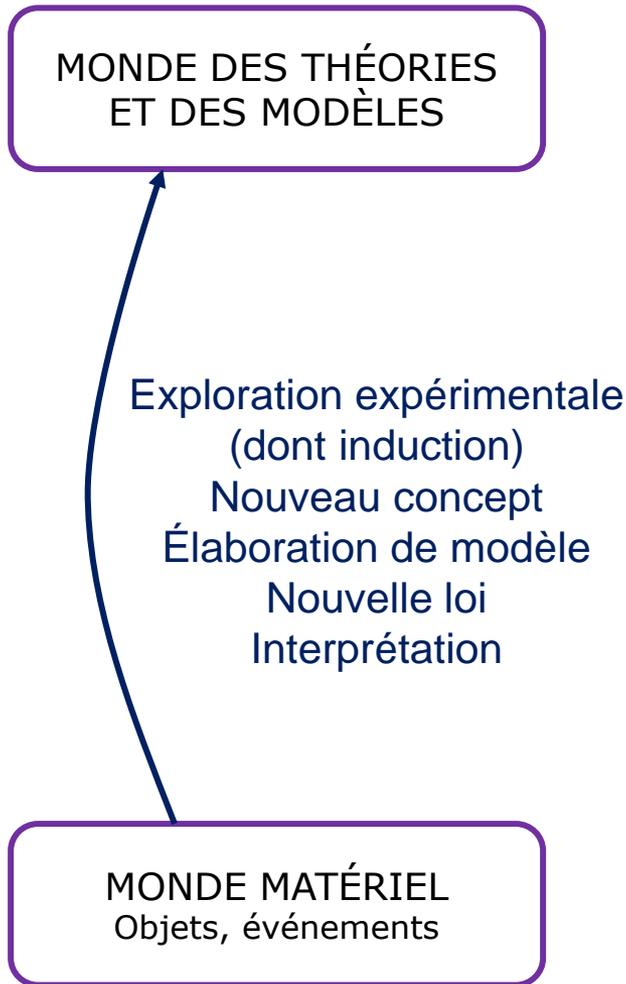
MONDES DES
OBJETS ET
DES
ÉVÈNEMENTS



Ce qu'on peut retenir...

- ✓ Modéliser est une activité intellectuelle qui, si elle est masquée, peut être source d'arbitraire ou de difficulté
- ✓ L'assumer et l'explicitier permet
 - de justifier les situations d'étude
 - de donner une image plus authentique de la discipline
 - d'anticiper et de comprendre les difficultés
 - de préciser les consignes
 - de décrire les capacités visées pour les élèves

Modélisation et type d'activités



- ✓ **Relier** l'énergie échangée à la masse de l'espèce qui change d'état
- ✓ **Représenter** et exploiter la caractéristique d'un dipôle

Modélisation et type d'activités

MONDE DES THÉORIES
ET DES MODÈLES

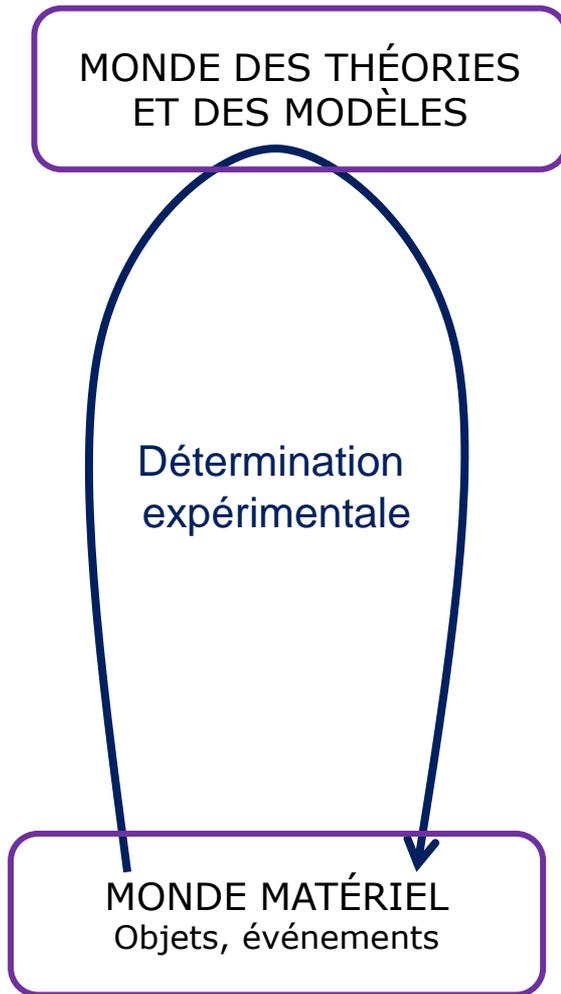
Illustration ou
vérification expérimentale
Appropriation
d'un modèle descriptif

MONDE MATÉRIEL
Objets, événements

- ✓ **Vérifier** que le réactif limitant est celui prévu
- ✓ **Tester** la relation de conjugaison
- ✓ **Tester** la loi fondamentale de la statique des fluide

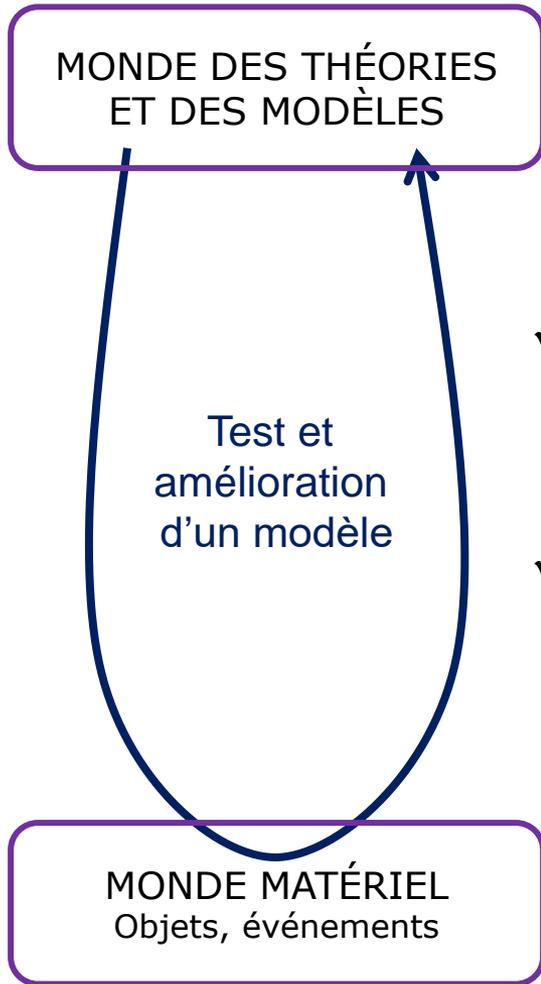
Utiliser une loi pour prévoir

Modélisation et type d'activités

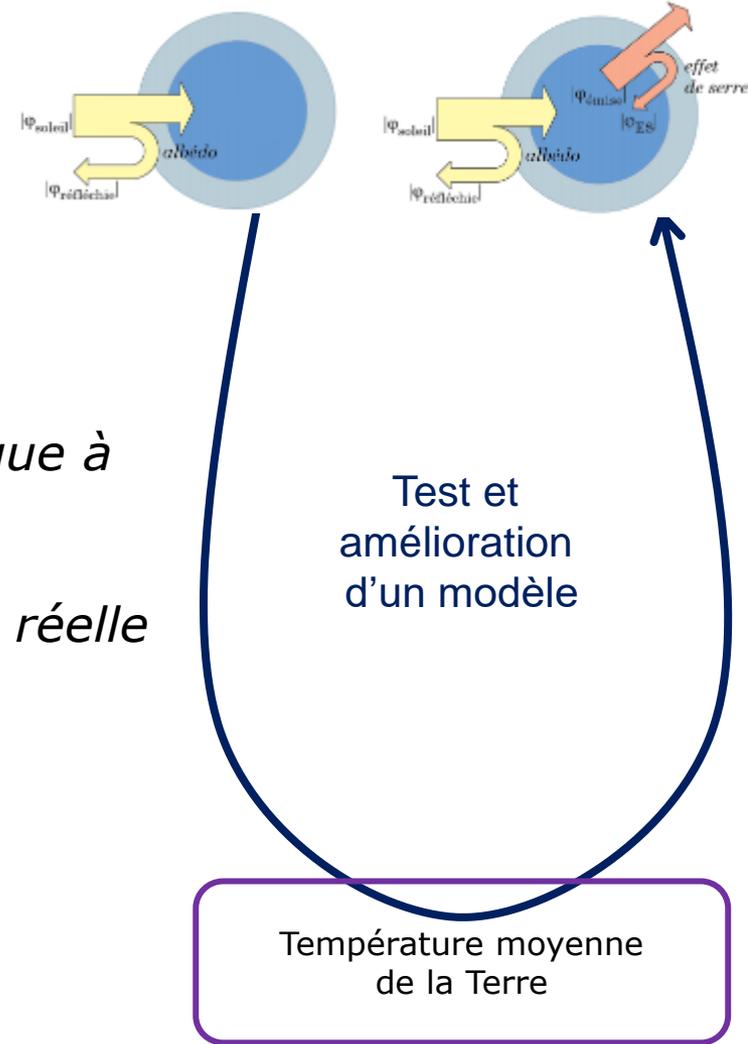


- ✓ **Réaliser** un titrage direct
- ✓ **Déterminer** la célérité d'une onde

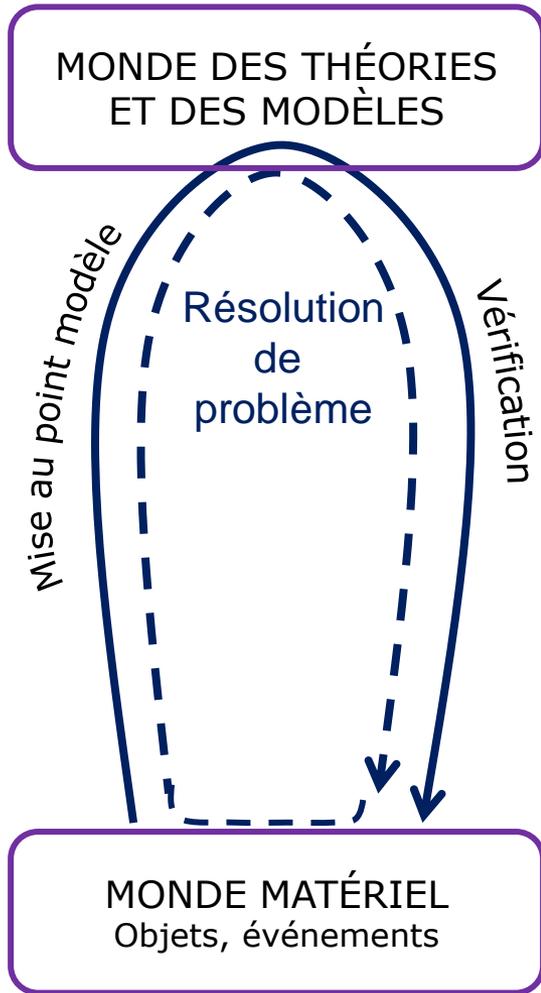
Modélisation et type d'activités



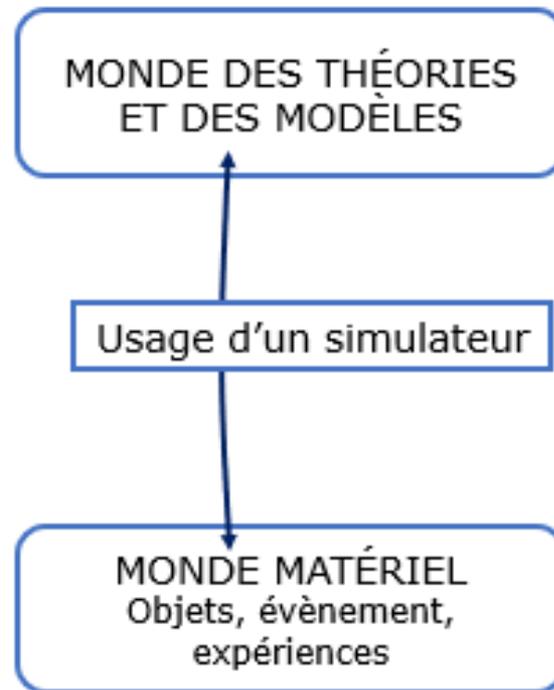
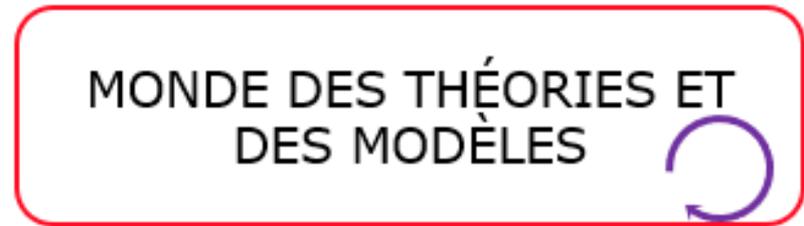
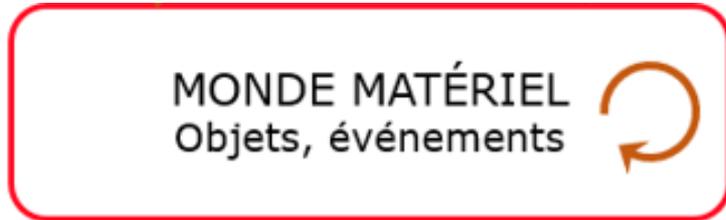
- ✓ *Passer d'un modèle d'optique géométrique à un modèle d'optique ondulatoire*
- ✓ *Modèle d'une source réelle de tension continue*



Modélisation et type d'activités



Modélisation et type d'activités



1. Le contexte
2. Savoirs et activité scientifique
3. Caractérisation de la démarche de modélisation
4. Un cadre pour concevoir son enseignement et pour aider les élèves
- 5. Modélisation et idées initiales**
6. Modélisation et compétences

5. Modélisation et idées initiales

- 5.1. Les idées initiales sont des modèles
- 5.2. Une grille d'analyse du savoir à enseigner

Apprendre en physique



Extraits des préambules

Repères pour l'enseignement

Le professeur est invité à :

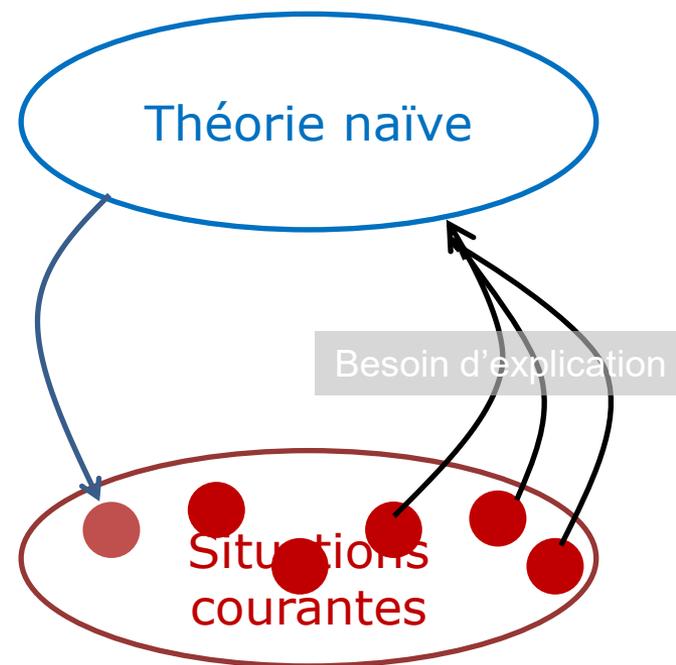
- privilégier la mise en activité des élèves en évitant tout dogmatisme ;
- permettre et encadrer l'expression des conceptions initiales ;
- valoriser l'**approche expérimentale** ;
- contextualiser les apprentissages pour leur donner du sens ;
- procéder régulièrement à des **synthèses** pour expliciter et structurer les savoirs et savoir-faire et les appliquer dans des contextes différents ;
- tisser des liens aussi bien entre les notions du programme qu'avec les autres enseignements notamment les mathématiques, les sciences de la vie et de la Terre et l'enseignement « Sciences numériques et technologie » ;
- favoriser l'acquisition d'automatismes et développer l'autonomie des élèves en proposant des temps de travail personnel ou en groupe, dans et hors la classe.

À la recherche de régularités

Chercher des explications valides
sur une large variété de situations

=

une activité de **modélisation**



Exprimer une idée initiale, c'est utiliser une théorie
en référence à une situation observable

À la recherche de régularités

Chercher des explications valides
sur une large variété de situations

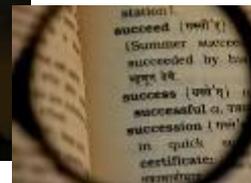
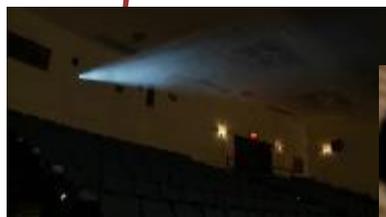
=

une activité de **modélisation**

Image
voyageuse

Besoin d'explication

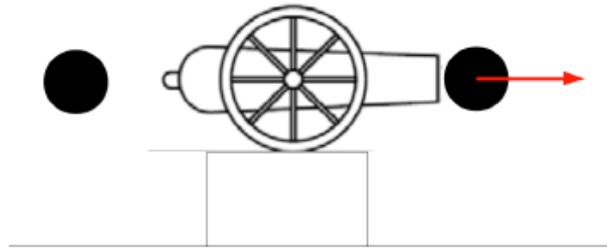
Image = photo
Exemples d'images
renversées



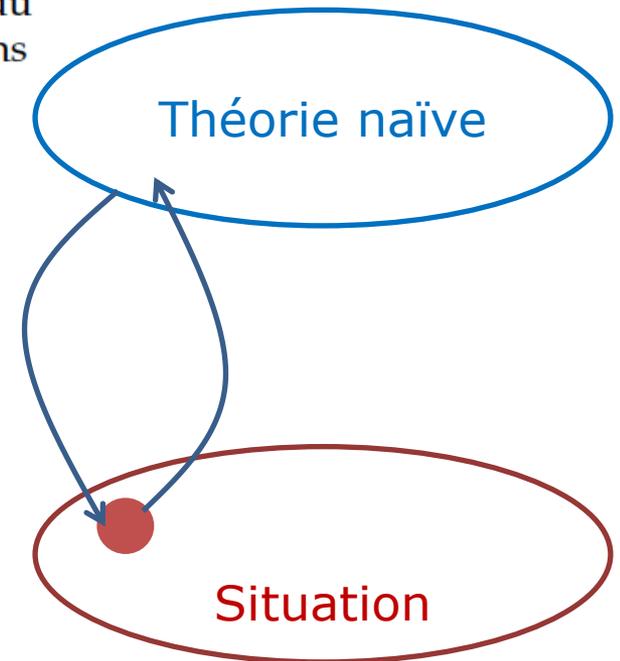
Exprimer une idée initiale, c'est utiliser une théorie
en référence à une situation observable

À la recherche de régularités

Un boulet est tiré par un canon horizontal. Au moment où il sort du canon, un autre boulet identique est lâché de la même hauteur, sans vitesse initiale. Lequel des deux va toucher le sol en premier ?



- 48% **1** Le boulet lâché sans vitesse initiale.
 4% **2** Le boulet tiré par le canon.
 45% **3** Les deux touchent le sol en même temps.



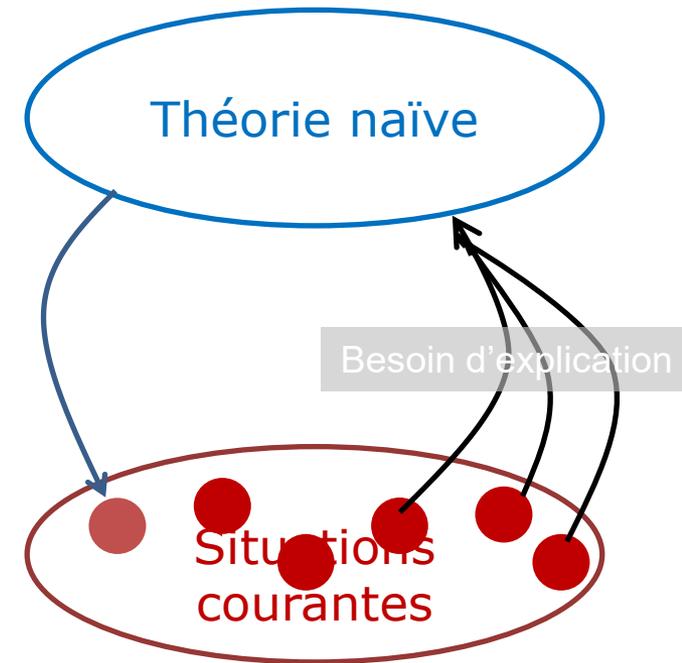
Exprimer une idée initiale, c'est utiliser une théorie en référence à une situation observable

À la recherche de régularités

Chercher des explications valides
sur une large variété de situations

=

une activité de **modélisation**



Exprimer une idée initiale, c'est utiliser une théorie
en référence à une situation observable

Apprendre en physique

T/M

Théories
Modèles

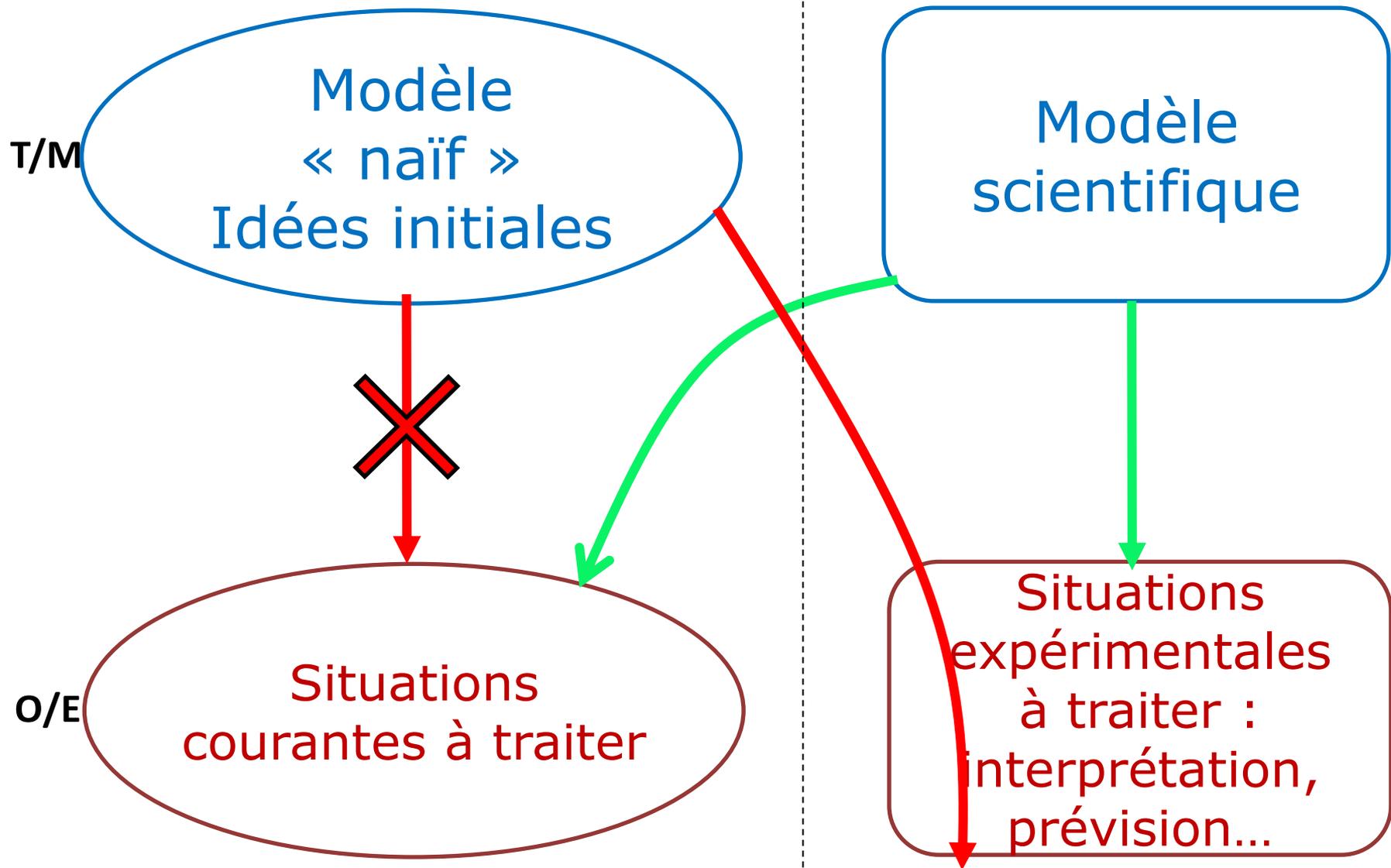
O/E

Objets
Événements

Apprendre en physique

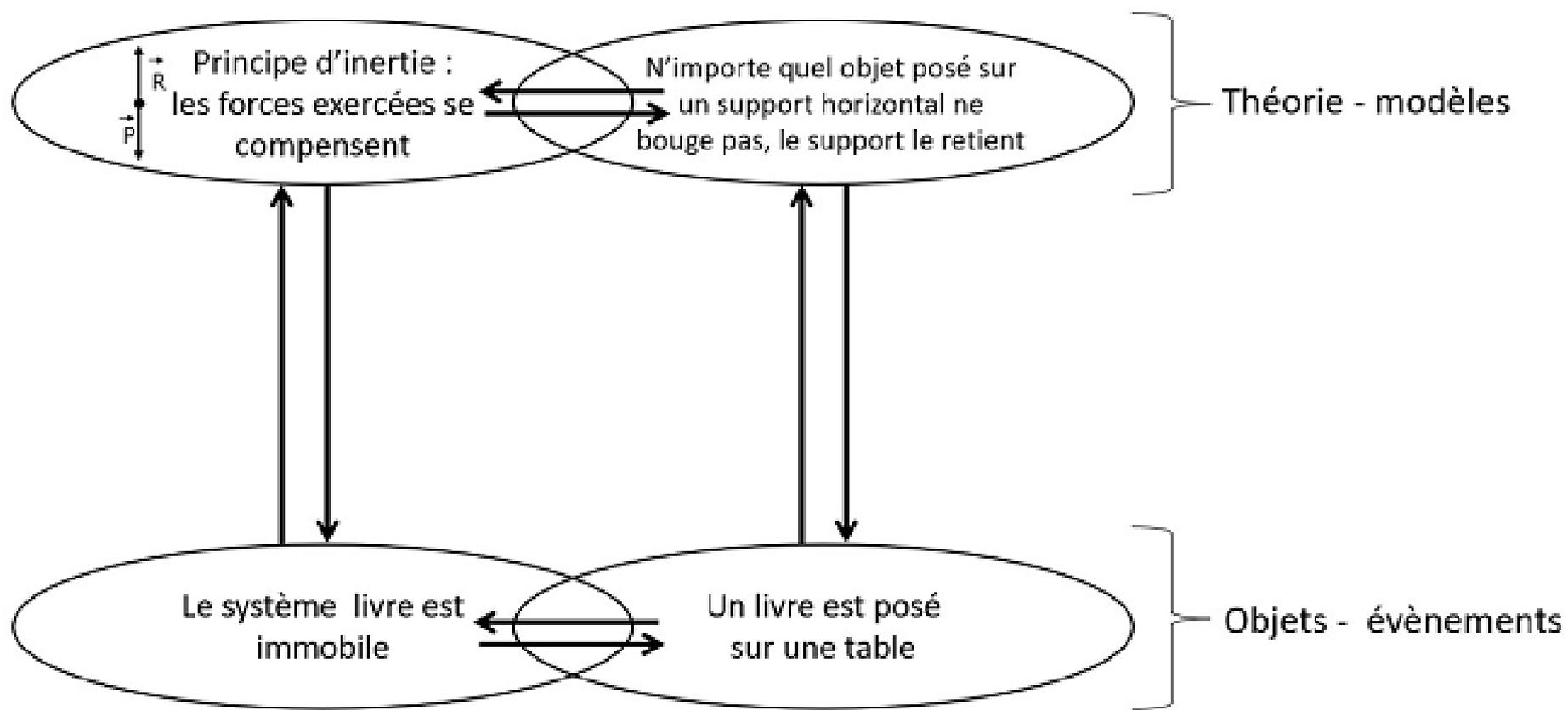
Vie quotidienne

Physique



Production erronée

Apprendre en physique

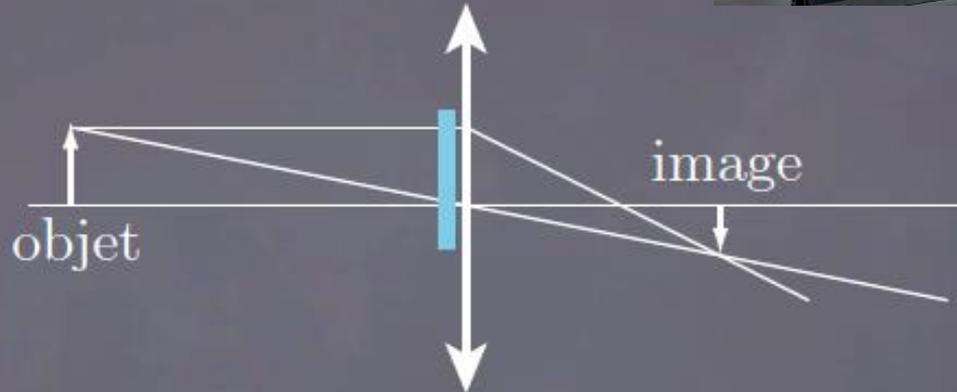
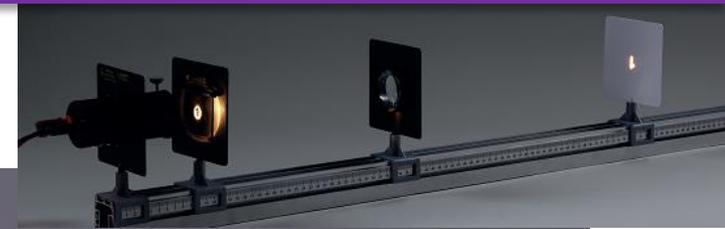


Exemple de la conception de l'image voyageuse

(Viennot, L, 1996, *Raisonnement en physique, la part du sens commun*, De Boeck Editeur)

L'image est un tout qui subit des transformations au gré de ce qu'elle rencontre : retournement, déformation...

- L'image est émise par l'objet : elle est visible partout, même si on enlève la lentille.
- L'image est tronquée si on tronque les instruments qui la modifie
- On ne peut voir une image qu'avec un écran
- L'image comme source isotrope
- ...

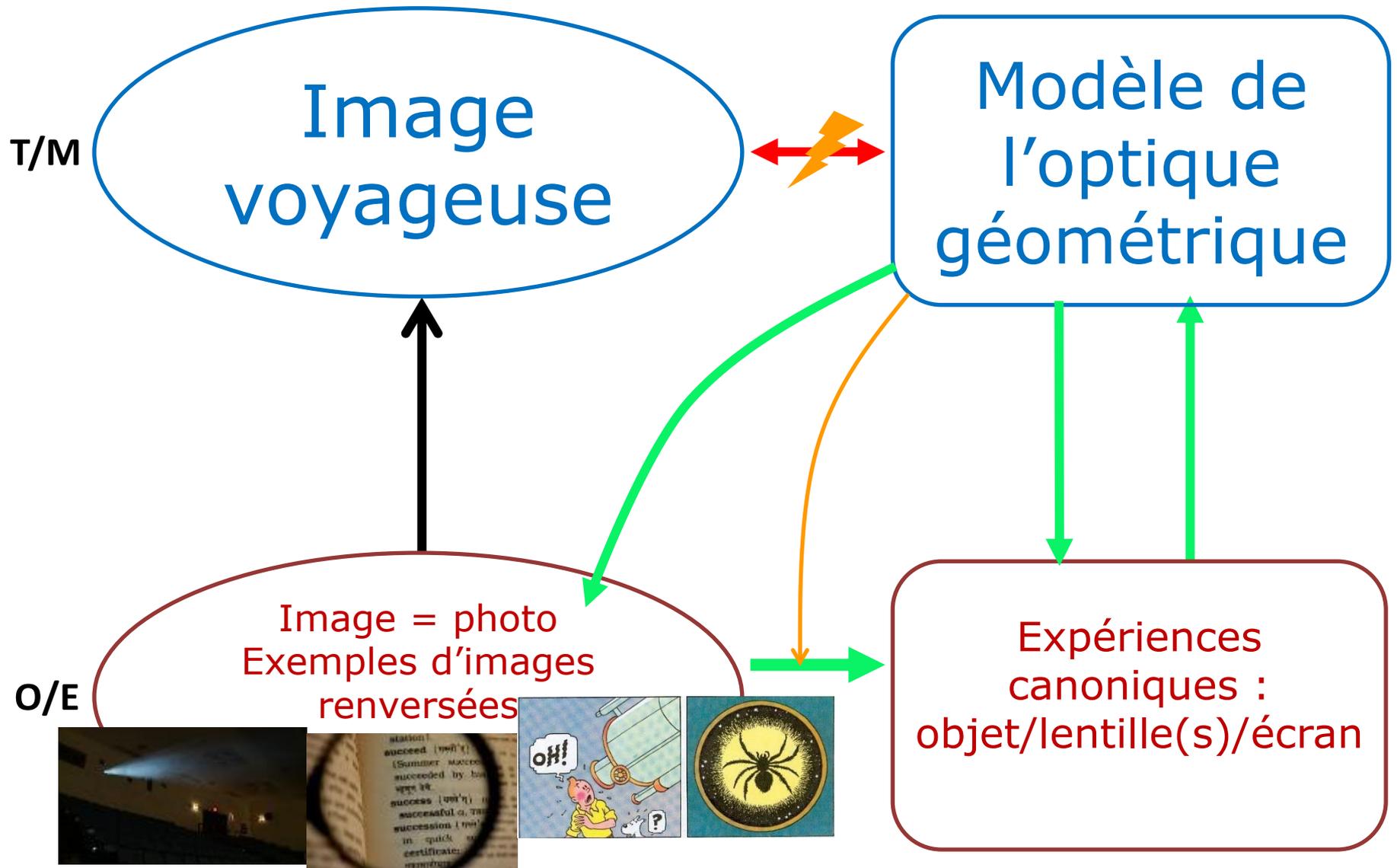


On dispose le cache bleu vers le centre de la lentille. Que se passe-t-il ?

- 33% 1 L'image disparaît
- 33% 2 Un trou apparaît dans l'image
- 33% 3 Une partie de l'image devient moins lumineuse
- 33% 4 L'image devient globalement moins lumineuse

En L1 à l'UPS (*Données Brahim Lamine*)

De 2 à 4 mondes



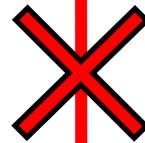
Apprendre en physique

Vie quotidienne

Physique

T/M

Image voyageuse



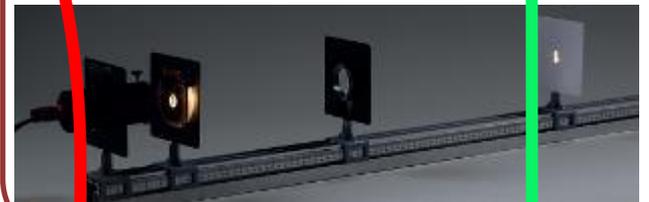
O/E

Araignée sur l'objectif : est-ce possible ?



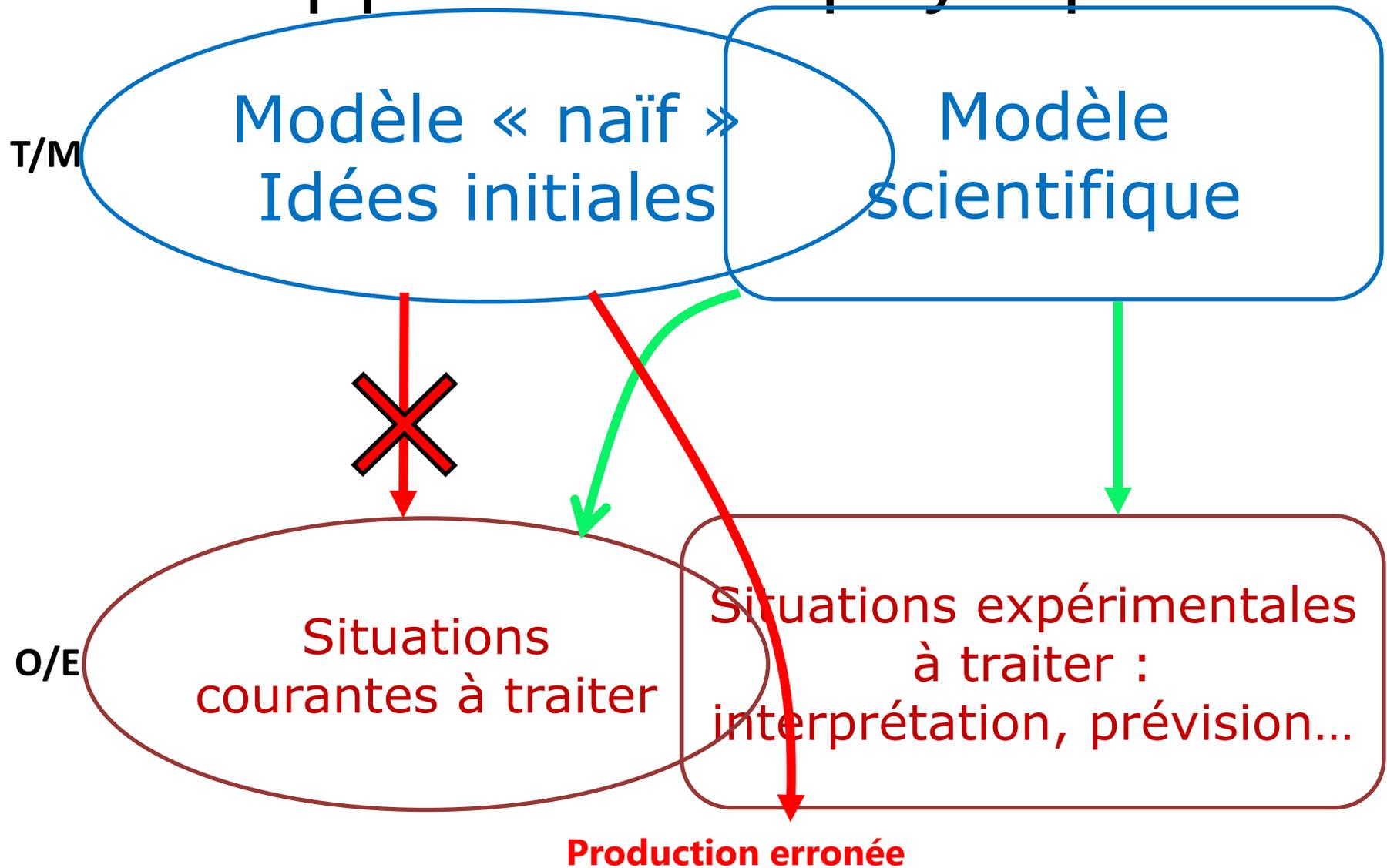
Modèle de l'optique géométrique

Que voit-on si on cache la moitié supérieure de la lentille ?



La moitié de l'image L'image moins lumineuse

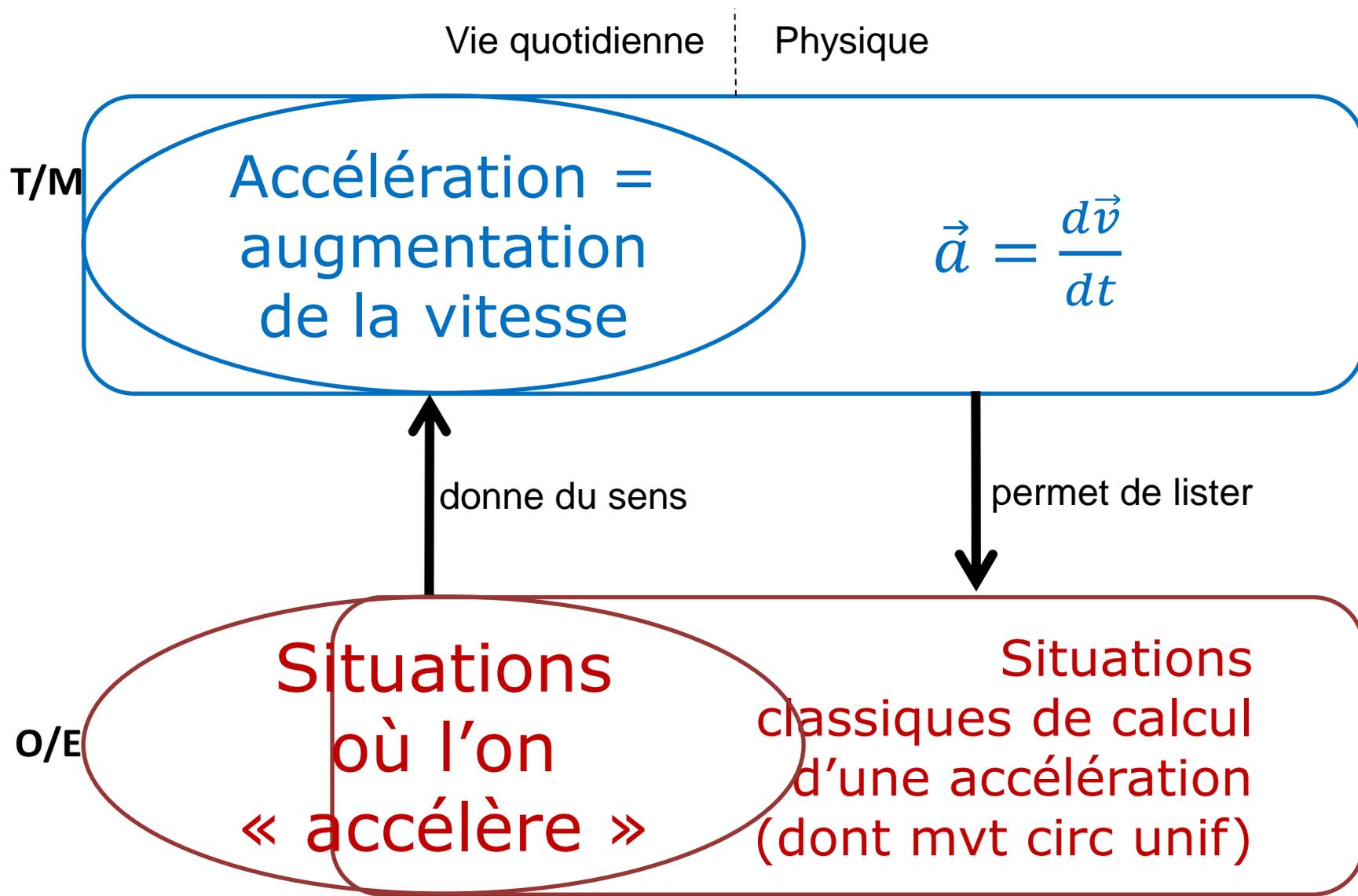
Apprendre en physique



Gaidioz, P., Vince, J., Tiberghien, A. (2004). *BUP*, vol. 98, n° 866, 1029-1042.

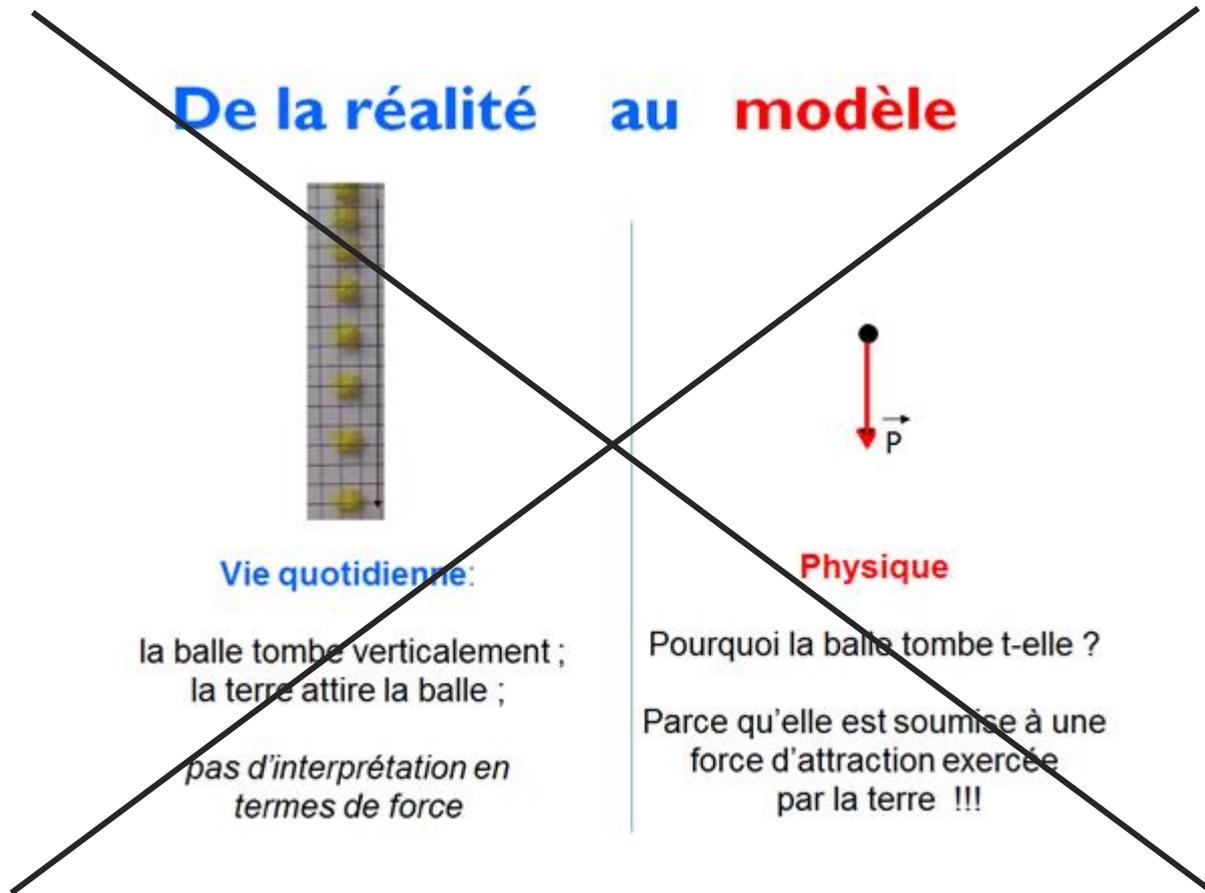
Tiberghien A., Vince J., & Gaidioz P. (2009). *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275-2314.

Extension des idées...



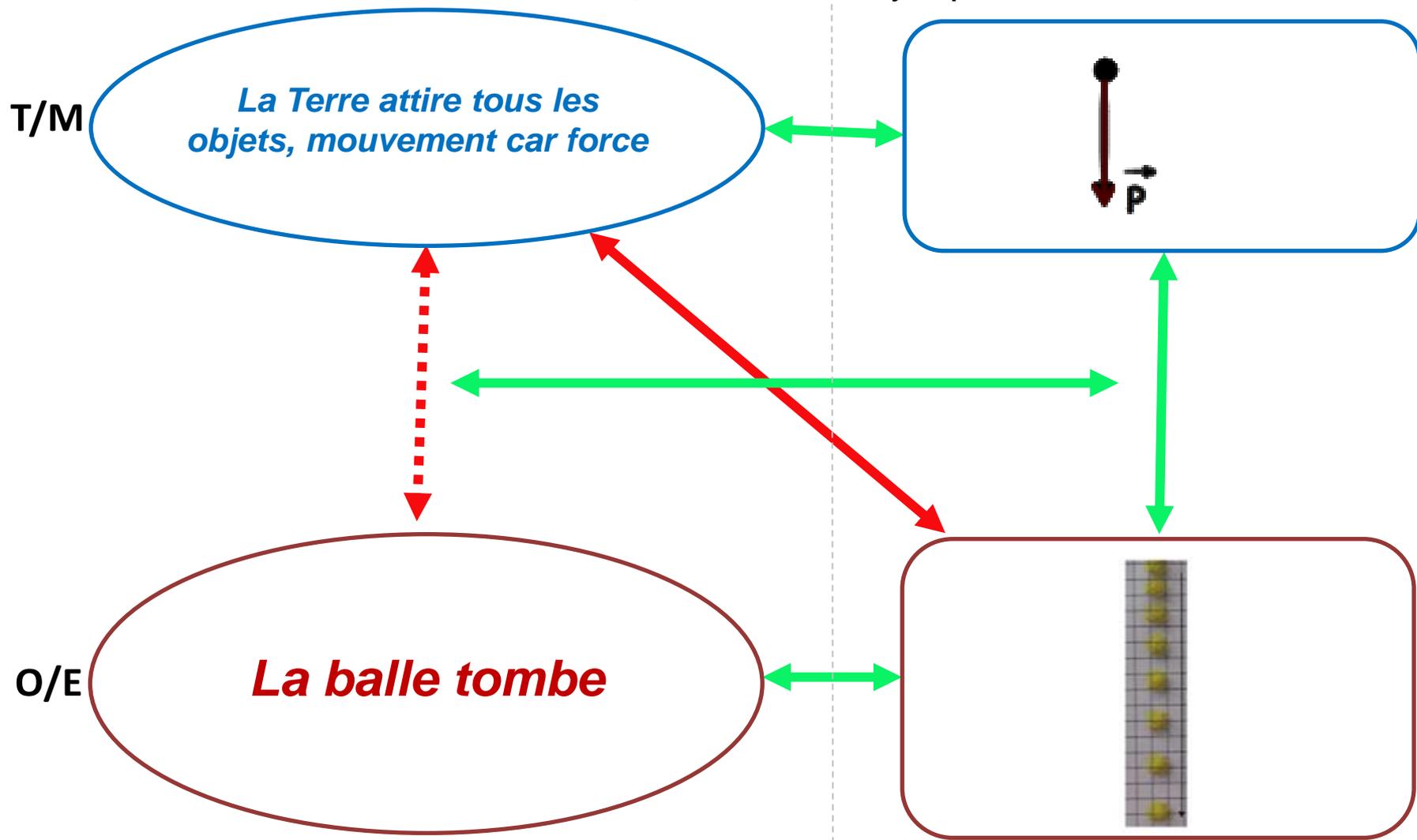
Vie quotidienne vs modèle ?

Une confusion classique...



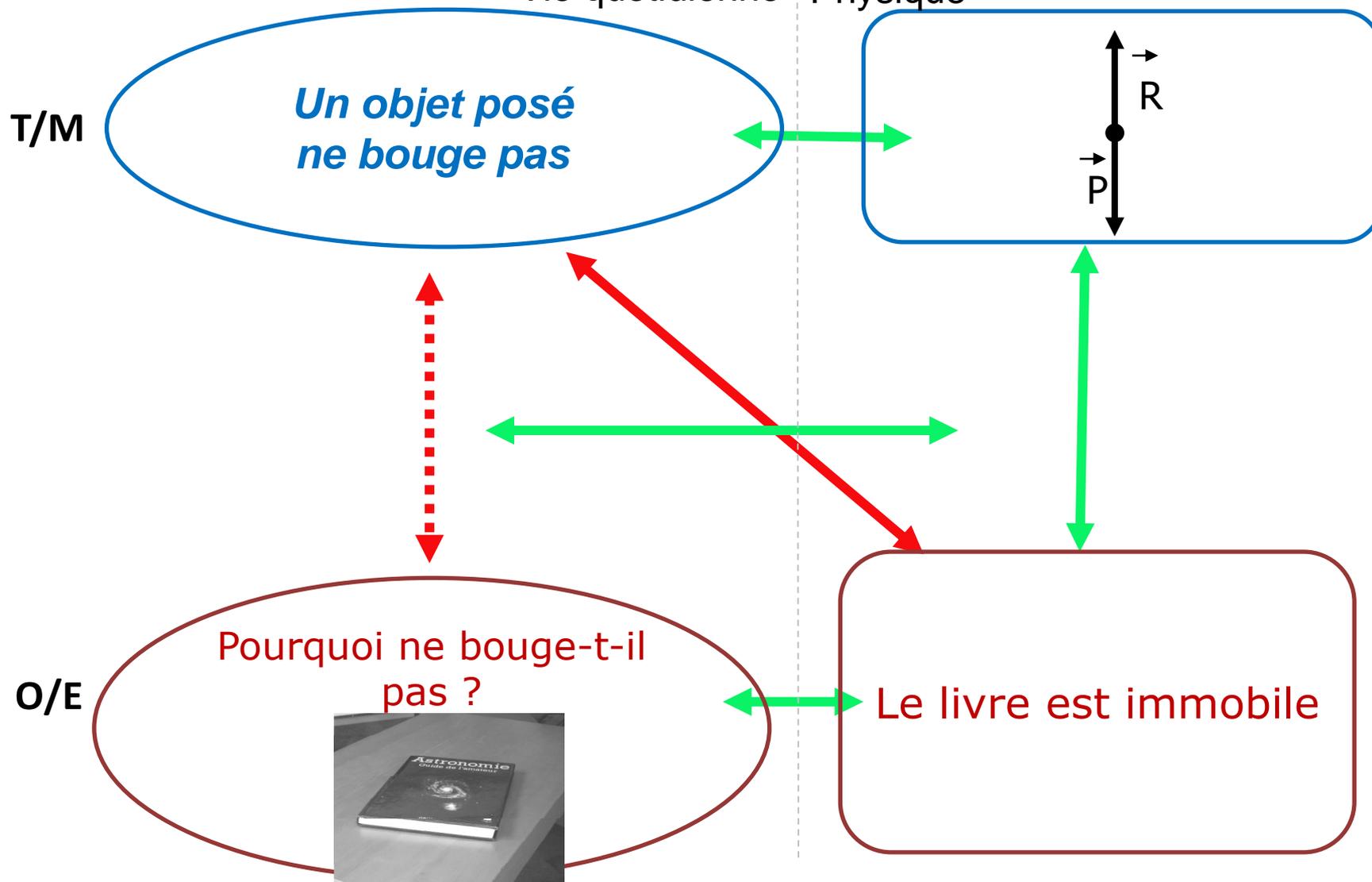
Un modèle d'apprentissage opératoire pour tous les niveaux

Vie quotidienne Physique



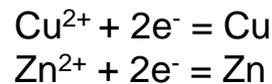
Un modèle d'apprentissage opératoire pour tous les niveaux

Vie quotidienne Physique



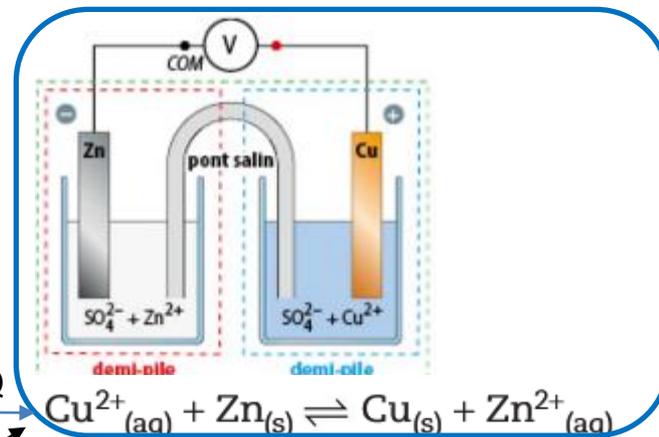
Un modèle d'apprentissage opératoire en physique et en chimie

Vie quotidienne Chimie

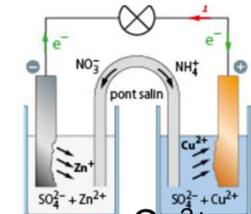
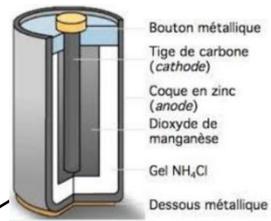


T/M

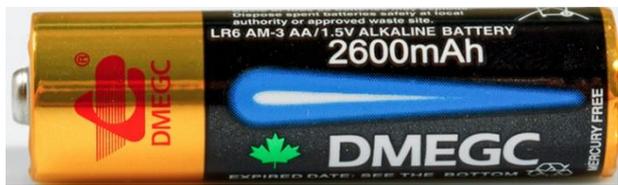
La pile donne de l'électricité et lorsqu'elle n'en a plus, la pile est usée



Capacité Q



O/E



Connu

À construire

Vie quotidienne

Physique

Physique

Vie quotidienne

Théories /
modèles

Théories /
modèles

**À VOUS
DE JOUER!**

Relations

Relations

Objets /
événements

Objets /
événements

Vie quotidienne

Physique

Physique

Vie quotidienne

Théories / modèles

- Le son est un objet qui se déplace
- Le son se faufile
- Le son monte
- Le son ne se propage que dans l'air
- Plus le son est fort, plus il va vite.
- Plus le son avance, moins il va vite

- Le son se propage avec une certaine vitesse
- Le son ne se propage pas dans le vide
- Conditions de propagation
- Notion de vitesse de propagation
- Fréquence (domaine audible, ultrasons, infrasons).

- Émission (vibration, caisse de résonance).
- Milieu de propagation.
- Distinction entre période et fréquence
- Relation entre période et fréquence.
- Intensité sonore, niveau sonore.

- Hauteur d'un son
- Timbre du son

Théories / modèles

Relations

- Le son est de moins en moins fort si on s'éloigne de la source
- Le son va moins vite dans l'eau que dans l'air
- Plus le milieu est dur, moins le son va vite
- Si un objet vibre vite, le son va vite.

- Lien entre distance parcourue, durée, vitesse.
- Il existe des sons audibles, non audibles en lien avec la fréquence
- Le son se propage dans tous les milieux
- Vitesse de propagation dépend du milieu

- Lien vibration source / vibration milieu.
- Nécessité d'un milieu pour propager la vibration
- Un son = phénomène périodique
- Lien qualitatif entre intensité sonore et niveau sonore.
- Lien niveau sonore et dangers
- Lien amplitude-intensité
- Lien fréquence-hauteur
- Indépendance fréquence-amplitude
- Lien timbre-forme du signal

- Un son fort peut être dangereux
- Est douloureux à partir de 120 dB
- Timbre caractéristique d'un instrument de musique

Relations

Objets / événements

- En hauteur, j'entends mieux.
- Plus aigu => plus fort
- Film : on entend les lasers.
- On entend mieux les aigus.
- On voit l'éclair avant d'entendre le tonnerre
- Mur du son
- Écho : ça résonne
- Instruments de musique
- Micro, smartphone, enceintes, casque...

- Il y a des vibrations qu'on n'entend pas.
- sonar
- HP + GBF ?
- Risques auditifs

- Distinguer aigu/grave fort/faible
- Vibration visible avec HP
- HP + GBF
- Cloche à vide
- Expérience flamme devant HP
- Diapason avec et sans caisse.
- Mesure de la période et de la fréquence : micro, carte, oscillo, simulateur
- Son produit par microcontrôleur
- Sonomètre

- Deux sons joués par deux instruments différents.
- Son aigu et grave.
- Il existe des US et des IS
- Son dans les métaux (entendre les voisins dans les tuyaux en cuivre).
- La voix comme émetteur.
- Exemple de sons forts, dont il faut se méfier
- Dans le vide, pas de son

Objets / événements

Ce qu'on peut retenir...

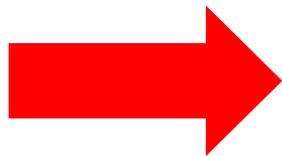
- ✓ La modélisation se fait spontanément dans la vie courante
- ✓ La description du monde matériel peut se faire dans la vie courante et *en physique-chimie*
- ✓ Une analyse préalable en « 4 mondes » est longue et difficilement exhaustive mais elle peut être utile pour concevoir son enseignement
- ✓ L'analyse de toute activité du point de vue de la modélisation aide à enseigner

1. Le contexte
2. Savoirs et activité scientifique
3. Caractérisation de la démarche de modélisation
4. Un cadre pour concevoir son enseignement et pour aider les élèves
5. Modélisation et idées initiales
6. Modélisation et compétences

6. Modélisation et compétences de la démarche scientifique

L'explicitation de la modélisation : une aide pour l'apprentissage

- On demande sans cesse aux élèves de modéliser (faire des liens entre les deux mondes).
- Ces liens sont inhérents à l'activité scientifique



La modélisation permet aussi de caractériser les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

La modélisation : une omniprésence qui traverse les compétences

MONDE DES THÉORIES ET
DES MODÈLES

S'APPROPRIER

- Énoncer une problématique
- Représenter la situation
- Décrire avec les concepts appropriés
- Faire le lien avec une situation déjà étudiée
- ...

MONDE MATÉRIEL

Objets, expériences, faits

La modélisation : une omniprésence qui traverse les compétences



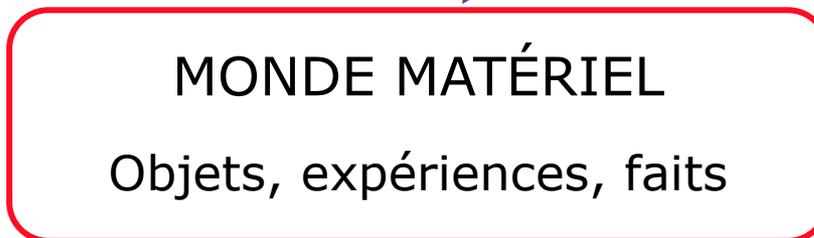
VALIDER

- Vérifier l'homogénéité
- ...



VALIDER

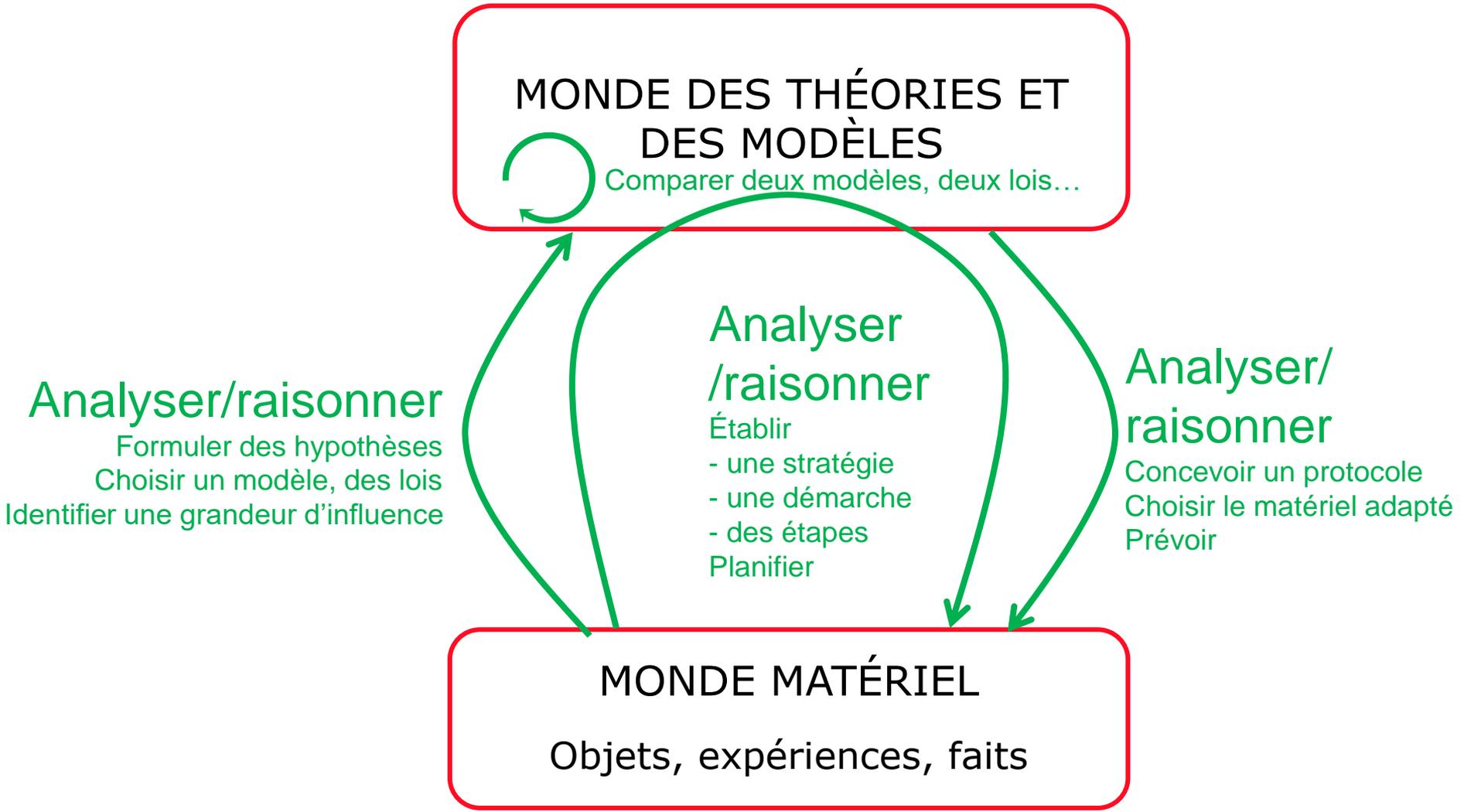
- Tester des hypothèses
- Discuter un résultat
- Discuter les choix de modélisation
- Proposer des améliorations du modèle
- ...



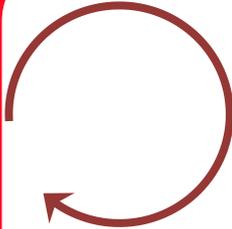
VALIDER

- Estimer la vraisemblance
- Comparer
- Accord réponse/question
- ...

La modélisation : une omniprésence qui traverse les compétences



La modélisation : une omniprésence qui traverse les compétences



Réaliser

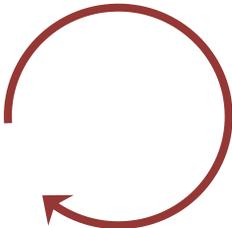
- Traiter/utiliser un modèle
- Effectuer des procédures courantes (calcul littéral et numérique, représentations, écriture d'un résultat, analyse dimensionnelle...)

MONDE DES THÉORIES ET DES MODÈLES



Réaliser

- Faire des mesures,
- Acquérir et exploiter des données



Réaliser

MONDE MATÉRIEL
Objets, expériences, faits

- Décrire une observation
- Réaliser un protocole donné ou conçu
- Faire des choix expérimentaux pertinents
- Utiliser du matériel en respectant les règles de sécurité

1. Le contexte
2. Savoirs et activité scientifique
3. Caractérisation de la démarche de modélisation
4. Un cadre pour concevoir son enseignement et pour aider les élèves
5. Modélisation et idées initiales
6. Modélisation et compétences

Et finalement ?

L'explicitation de la modélisation : une aide pour *apprendre*

- L'articulation des « deux mondes » est au cœur des apprentissages.
- Même si elle est parfois exigeante, elle rend compte de façon authentique de la discipline.
- L'explicitation de ce qui relève d'un monde ou d'un autre permet de clarifier, pour les élèves, ce qui est attendu, et de rendre compte des démarches mises en œuvre.

Susciter le plaisir de comprendre...

L'explicitation de la modélisation : une aide pour *enseigner*

- Pour la conception des séquences, cela permet de :
- repérer les objectifs en termes de modélisation
 - structurer les notions
 - choisir des situations d'études
 - penser les consignes soumises aux élèves, qui relèvent souvent de l'articulation entre les deux mondes : *interpréter, justifier, expliquer, caractériser, tester, prévoir...*

L'explicitation de la modélisation : une aide pour enseigner

En classe, cela permet de :

- adopter une nécessaire vigilance sur le vocabulaire utilisé
- clarifier les objectifs, les attendus
- anticiper d'éventuelles difficultés.

Ne pas se contenter d'enseigner des modèles...

Enseigner aussi la modélisation

Éléments de bibliographie

- Coince, D., Miguet, A.-M., Perrey, S., Rondepierre, T., Tiberghien, A. & Vince, J. (2008). Une introduction à la nature et au fonctionnement de la physique pour les élèves de seconde. *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, vol. 102, n° 900, 3-20.
- Coince, D., Vince, J., & Tiberghien, A. (2009) La notion de modèle au cœur de la physique. *Cahiers pédagogiques* N°469 - Faire des sciences physiques et chimiques.
- Evrard T. & Amory B. (dir) (2015) *Les modèles, des incontournables pour enseigner les sciences !* De Boeck.
- Gaidioz, P., & Tiberghien, A. (2003). Un outil d'enseignement privilégiant la modélisation. *Bulletin de l'union des physiciens*, 850, 71-83.
- Gaidioz, P., Vince, J., Tiberghien, A. (2004) Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne. *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, vol. 98, n° 866, 1029-1042.
- GRIESP (coll.) (2016) Expérimentation et modélisation, la place du langage mathématique en physique-chimie. [Téléchargeable avec ce lien](#).
- Melzani, M. (2018) Enseigner explicitement la démarche de modélisation et le fonctionnement des sciences physiques. *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, vol. 112, n° 1008, 1179-1201.
- Monod-Ansaldi R. & Prieur M. (2011) Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie. *Rapport d'enquête IFÉ – ENS de Lyon*. Décembre 2011. [Téléchargeable avec ce lien](#).
- Morge L., Doly A.-M. (2013) L'enseignement de notion de modèle : quels modèles pour faire comprendre la distinction entre modèle et réalité ?. In: Spirale. Revue de recherches en éducation, n°52, 2013. L'enseignement intégré de science et de technologie (EIST) au collège : à la recherche d'un curriculum. pp. 149-175.
- Sensevy, G. & Santini, J. (2006) Modélisation : une approche épistémologique. ASTER n°43
- Vince J., Monod-Ansaldi R., Prieur M. & Fontanieu V. (2013) Représentations sur la discipline, son apprentissage, les démarches d'investigation et quelques concepts-clés : quelles spécificités pour les enseignants de Sciences Physiques ? 1^{ère} partie. *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et Chimie*, 1^{ère} partie : vol. 107, n° 950, 31-50 ; 2^e partie : vol. 107, n° 951, 147-165.



La modélisation

Une démarche essentielle pour
l'apprentissage de la physique-chimie

MERCI pour votre attention

jvince@ac-lyon.fr

 [@ProfesseurVince](https://twitter.com/ProfesseurVince)

<http://pegase.ens-lyon.fr>

