



Sciences de l'éducation

- **1890: Institution de la scolarisation obligatoire**
 - ⇒ Naissance de la science de l'éducation
 - 1883: Henri Marion titulaire de la première chaire de science de l'éducation à la Sorbonne.
 - 1884: SE enseignée dans les universités

Discipline scientifique et morale au service de l'art d'enseigner

- **1945: Education de masse** ⇒ **crise de l'éducation**
 - Sollicitation de la psychologie de l'apprentissage, de savoirs pédagogiques pratiques

Formation complémentaire aux disciplines fondamentales
Fondement de la légitimité scientifique: les sciences humaines et sociales (sociologie, psychologie, anthropologie, économie, histoire...)

Que signifie « didactique » ?

Première utilisation : « la grande didactique » de Comenius en 1649

- Synonyme savant de pédagogie
- Désigne « ce qui est propre à instruire »
- Connotation péjorative (critique de cinéma: lourdement didactique)
- Ensemble de recettes et d'astuces pour l'enseignement

Comenius: une méthode plus générale et plus efficace pour enseigner

« Pour moi, je prends le risque de promettre une grande didactique, c'est-à-dire un art universel de tout enseigner à tous, sûr, rapide, solide, c'est-à-dire certain quant au résultat, assez plaisant pour éviter l'ennui des élèves et des maîtres, durable quant à l'acquisition des vrais lettres, des bonnes mœurs et de la piété sincère. Tout le contraire d'un savoir superficiel »

« La barque de notre didactique dirigera sa proue et sa poupe à la recherche et à la découverte de la méthode qui permettra aux enseignants de moins enseigner et aux étudiants d'apprendre davantage. Aux écoles de connaître moins de bruit, moins de dégoût, moins de travail inutile et plus de loisirs, plus d'agrément et de solide profit »

Qu'est-ce que la didactique?

- Acceptations ordinairement associées dans le langage courant:
 - Méthode d'enseignement ?
 - Moyen technique ?
 - Pédagogie spéciale ?
 - Art d'enseigner ?

« En tant qu'adjectif, désigne ce qui a rapport à l'enseignement, ou qui vise à instruire. Mais également, ensemble des méthodes et techniques de l'enseignement qui s'intéresse principalement aux moyens de conduire une classe ou l'enseignement d'une discipline. »

La Pédagogie Moderne



C'est un champ de recherche, pas une méthode, qui donne toute son importance à l'analyse des contenus: la physique, la chimie, les mathématiques...

Définitions (didactique des maths)

Douady (1984): « La didactique des mathématiques est l'étude de processus de transmission et d'acquisition des différents contenus de cette science, et qui se propose de décrire et d'expliquer les phénomènes relatifs aux rapports entre son enseignement et son apprentissage. Elle ne se réduit pas à chercher une bonne manière d'enseigner une notion fixée »

Brousseau (1991): « Science s'intéressant à la production et à la communication des connaissances mathématiques dans ce que cette production et cette communication ont de spécifique de ces connaissances. La didactique des mathématiques étudie la façon dont les connaissances sont créées, communiquées et employées pour la satisfaction des besoins des hommes vivant en société »

Définition

Johsua et Dupin (1989)

« La didactique d'une discipline est la science qui étudie, pour un domaine particulier,

- les phénomènes d'enseignements,
- les conditions de la transmission de la « culture » propre à une institution
- et les conditions de l'acquisition des connaissances par un apprenant. »

La didactique actuelle

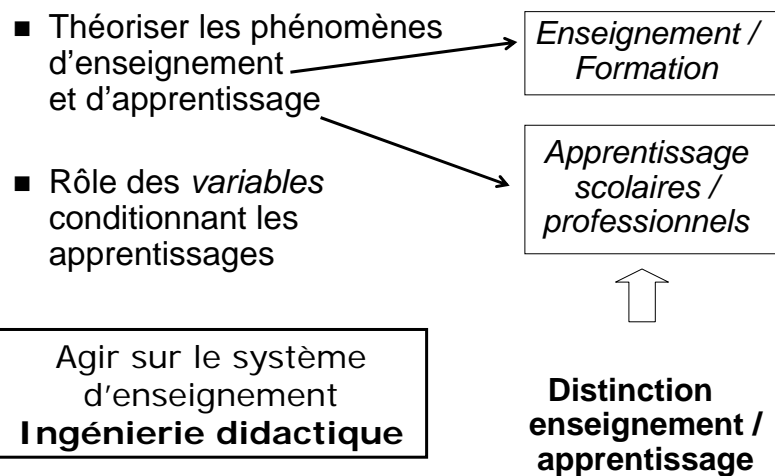
- 1960: émergence progressive de la didactique du FLE (création du CREDIF)
- Didactique des sciences issue de la tradition de la didactique en mathématiques, en 1974 (création des IREM)

*Centre de Recherche et d'Études pour la Diffusion du Français
Institut de Recherches sur l'Enseignement des Mathématiques*

Des objets d'étude

- Opérations relatives à la diffusion des connaissances (théorie des situations didactiques)
- Conditions d'existence et de diffusion de ces connaissances (écologie des savoirs)
- Transformations produites par cette diffusion
 - Sur les connaissances (transposition didactique)
 - Sur les utilisateurs (apprentissage, rapports au savoir)
- Institutions et activités facilitant ces opérations

Projet de la didactique





Modèles et modélisation

**Une approche du savoir
et de l'apprentissage**

Karine Bécu-Robinault – Octobre 2009

Plan de ce cours

- Ce qu'il advient des modèles scientifiques dans l'enseignement: conséquences pour l'apprentissage de la physique
- Les difficultés liées au passage d'un modèle à des modèles
- Exemple de modèles pour enseigner
- La modélisation: un outil pour analyser et/ou favoriser l'apprentissage



**Ce qu'il advient des modèles
scientifiques dans l'enseignement
conséquences pour l'apprentissage de la physique**

Définitions

- Quelle définition donnez-vous au mot « modèle »
 - Dans la vie quotidienne?
 - En physique-chimie?
 - Dans le cadre de l'enseignement?
 - Dans une activité de recherche?

Modèle: définition

"la notion de modèle, bien que fort répandue dans la pratique scientifique comme dans la recherche épistémologique, ne ressort pas d'une définition unique. [...]. La définition du terme n'est donc pas établie, et il n'est pas sûr qu'un consensus même approché existe à ce propos parmi les utilisateurs."

Johsua et Dupin, 1989

Modèle: approche épistémologique

Le modèle est un "instrument d'intelligibilité d'un réel dont la complexité des propriétés ne permet pas l'entière compréhension par la science [...]. Le modèle, copie du réel, serait ou trivial dans la mesure où ce réel est dominé par la connaissance scientifique, ou chimérique dans la mesure où de l'inconnu ou du mal connu subsiste. Loin de fonctionner comme copie, le modèle fonctionne comme opérateur sélectif."

S. Bachelard, 1979

Modèle: approche épistémologique

- Bunge (1975, 1983)
 - l'activité de modélisation est la tâche centrale du physicien.
 - le fonctionnement de la physique est une *"recherche de mise en relation permanente"* entre données expérimentales et constructions théoriques, le modèle étant l'instrument de cette mise en relation.

Modèle: approche épistémologique

"Le modèle, dans son acceptation la plus abstraite, fonctionne d'une manière ostensive et le modèle, dans son acceptation la plus concrète de modèle visualisable, laisse transparaître la dominante théorique. [...] nous avons insisté sur le caractère abstrait-concret de la fonction de modélisation en nous référant aux deux bords extrêmes du spectre du concept de modèle, [...] en suggérant qu'il y a dans toute espèce de modèle, une bipolarité théorique et de l'ostensif."

Bachelard (1979)

Modèle: approche épistémologique

*"Il **représente** non pas les propriétés du réel, mais seulement **certaines propriétés**.*

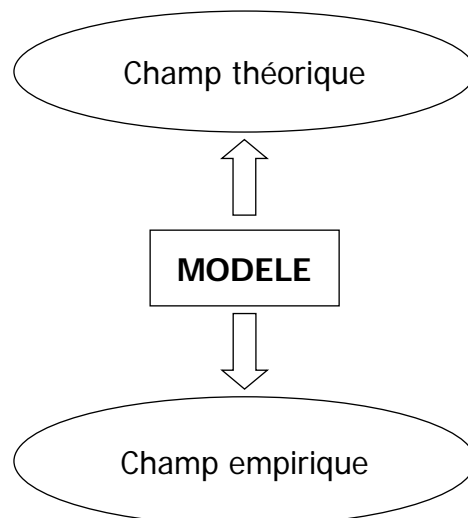
*Il a une **fonction sélective** des données de l'expérience ;*

il sépare le pertinent du non-pertinent par rapport à la problématique considérée.

Il est un instrument d'intelligibilité d'un réel dont la complexité des propriétés ne permet pas l'entière compréhension par la science : disons de façon plus explicite qu'en physique par exemple, la modélisation, par la sélection des données, par la considération exclusive de certains paramètres, par la précision d'hypothèses simplificatrices, permet la mise en œuvre de la mathématisation."

(Bachelard, S. ,1979)

Un point de vue sur le fonctionnement de la physique



Les modèles dans l'enseignement

- Pour une majorité d'enseignants, enseigner les sciences = enseigner la méthode expérimentale
- Et plus encore, méthode expérimentale = processus d'induction

- Inductivisme: point de vue épistémologique de la physique qui a été adopté pour rendre compte des processus d'apprentissage
 - Voie naturelle d'apprentissage de la science
 - Point de vue partagé au niveau international

Lucien Poincaré (1902): la méthode expérimentale

« D'autre part, les expériences trop rares, trop spéciales, trop compliquées que l'on exécutait étaient fréquemment présentées à un mauvais moment; au lieu d'être placées au début, elles venaient presque toujours à la fin; et c'était là, dans l'enseignement, un défaut des plus graves: non seulement parce que l'exposition était rendue plus aride et parce que l'on incitait ainsi l'élève à considérer l'expérience comme un accessoire, une sorte de complément de luxe, mais encore et surtout, parce qu'on enlevait à la science expérimentale son véritable caractère éducatif, son rôle propre dans la formation de l'esprit qui est de développer le sens inductif.

Poser des lois *a priori*, comme si elles provenaient de je ne sais quelle mystérieuse révélation, en tirer par voie de déduction toutes les conséquences qui en découlent, vérifier rarement ces conséquences par l'expérience, c'est prendre le contre-pied de ce qui est réellement dans la nature des choses; c'est le plus sûr moyen de faire servir les études scientifiques à de véritables déformations intellectuelles, en inspirant à certains esprits une vague mysticité, en développant chez d'autres une hypertrophie du sens déductif, en stérilisant chez tous l'imagination, parce que l'on n'a jamais mis en évidence le rôle créateur de l'hypothèse. » □

Lucien Poincaré (1902): la méthode expérimentale

« Il apparaît clairement que les deux changements qui s'imposaient comme les plus pressants et les plus nécessaires étaient d'accentuer, d'une part, le caractère expérimental de l'enseignement et, d'autre part, de revenir dans l'exposition à la méthode inductive. » □

« On a donc demandé aux maîtres, à tous les degrés, de faire des expériences, on leur a demandé d'en faire beaucoup eux-mêmes et d'en faire exécuter à leurs élèves. Le professeur de physique devrait constamment se rappeler que l'un des plus grands savants du commencement du siècle dernier, l'un de ceux qui par leurs admirables découvertes ont le plus contribué à construire le magnifique édifice de la science moderne, l'illustre physicien anglais Michel Faraday, prétendait qu'il n'avait jamais pu comprendre la description d'une expérience qu'il n'avait pas vue réellement ou même qu'il n'avait pas effectuée personnellement. Serait-il donc raisonnable d'exiger de nos enfants plus que Faraday n'aurait pu donner lui-même ?

Inductivisme

"L'expérience (vient) avant toute chose. Dans l'étude d'un sujet quelconque, nous faisons parler l'expérience avant toute chose. Le plus rapidement possible, nous la faisons parler dans ce qu'elle a de plus précis : les mesures. Rassemblés dans des tableaux, les nombres qui résultent des mesures conduisent soit à la détermination d'une constante physique, soit à la construction d'un graphique d'où découlent les lois".

Voisin (1928, cours de physique de seconde)

Piaget

“ Les méthodes d’avenir devront faire une part de plus en plus grande à l’activité et aux tâtonnements des élèves ainsi qu’à la spontanéité des recherches dans la manipulation de dispositifs destinés à prouver ou à infirmer les hypothèses qu’ils auront pu faire d’eux mêmes pour l’explication de tel ou tel phénomène élémentaire. Autrement dit, s’il est un domaine où les méthodes actives s’imposent au sens le plus complet du terme, c’est bien celui de l’acquisition des procédures d’expérimentation, car une expérience qu’on ne fait pas soi même avec toute liberté d’initiative n’est par définition, plus une expérience, mais un simple dressage sans valeur formatrice faute de compréhension suffisante du détail des démarches successives ”.

Peut-on codifier le rapport à l’expérimental?

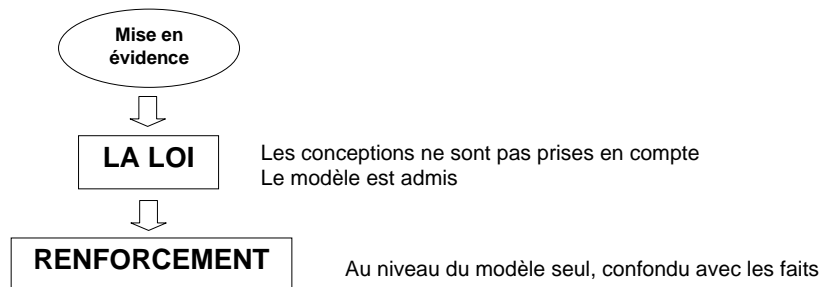
- Démarche expérimentale longtemps codifiée par l’approche dite OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérience, Résultats, Interprétation, Conclusions) proposée dans les années 1970.
- Cette approche reste un modèle pour l’enseignement des sciences
 - rassure l’enseignant,
 - mais propose à l’apprenant une vision de la recherche scientifique linéaire et idéalisée (reconstitution *a posteriori* d’une « découverte »)

⇒ Monstration: montrer en même temps les phénomènes pertinents à prendre en compte, le cadre où ils se manifestent, les éléments saillants objet de l’enseignement

Schéma de l'inductivisme

EXPERIENCE PROTOTYPIQUE

Stricte correspondance avec le phénomène
Le modèle affleure
Elle présente un fait unique
Les grandeurs pertinentes sont désignées



Expérience et modèle enseigné

- Dans le cadre d'un enseignement inductiviste
 - L'expérience de classe est conçue pour coller au modèle
 - Les expériences, au caractère prototypique, tendent à enseigner directement le modèle en même temps qu'elles montrent les faits.

L'objectif de cette démarche est l'enseignement du modèle et non pas la modélisation

Principes fondamentaux

- l'observation fournit une base sûre et objective à partir de laquelle peuvent être extraits des énoncés singuliers constituant les faits.
- L'observation est première et indépendante de la théorie.
- Le raisonnement par induction et généralisation est légitime pour valider les énoncés généraux que sont les lois à partir d'énoncés singuliers constituant les faits.

Principes fondamentaux

L'option inductiviste vise à transmettre les représentations du maître. Elle ne s'appuie pas, elle ignore même, celles de l'élève.

« Toute la recherche en didactique de cette dernière décennie montre à quel point les représentations naïves des élèves résistent à un tel enseignement expérimental ».

(Johsua et Dupin 1985).

Conséquences pour l'apprentissage

- L'élève est spectateur d'un raisonnement construit pour lui sans lui.
- L'expérience est conçue pour coller au modèle: elle est artificielle et déconnectée du quotidien de l'élève.
- L'élève ne va pas s'approprier un problème qui n'est pas le sien.
Les représentations initiales de l'élève n'ayant pas été sollicitées et remises en causes subsisteront.

Objectivité scientifique

- Quelle confiance accorder à une observation faite par une personne isolée ?
- Toute hypothèse suppose l'existence d'une théorie (scientifique ou non).

« s'informer, ce n'est pas recevoir une entité extérieure qui serait l'information, c'est interpréter le monde reçu dans un univers commun de langage. »

G. Fourez

Point de vue de l'institution

BO HS n°2, 30 Aout 2001

[...] une place privilégiée est accordée aux activités expérimentales, qu'il s'agisse d'expériences de cours ou de travaux pratiques. Ces activités permettent en effet d'établir le rapport particulier que les sciences expérimentales établissent avec le monde réel, d'où se dégagent une vision et une compréhension unifiées de phénomènes *a priori* très divers. Il faut cependant insister sur le fait que la pratique expérimentale dans l'enseignement ne favorise la formation de l'esprit scientifique que si elle est accompagnée d'une pratique du *questionnement et de la modélisation*.

Point de vue de l'institution

BO HS n°2, 30 Aout 2001

On entend par là le travail d'élaboration d'une *représentation abstraite* simplifiée d'un phénomène, nécessitant d'identifier les paramètres pertinents et ceux qui sont négligeables dans la situation donnée, activité qui peut fournir une compréhension qualitative du phénomène et déboucher éventuellement sur une mise en équation dont la résolution fournira des évaluations quantitatives. [...] cette activité de modélisation, difficile quel que soit le niveau considéré, est au cœur des sciences expérimentales.

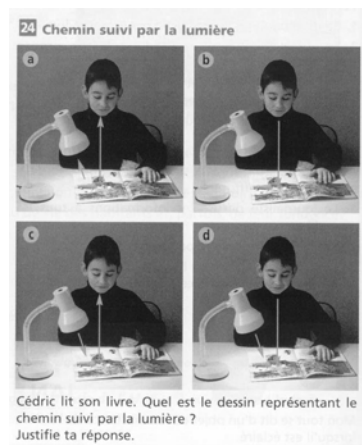
<http://www.education.gouv.fr/bo/2001/hs2/default.htm>

Point de vue de l'institution: Implications pour l'évaluation

- Grille de suivi des compétences mises en jeu lors de séances de travaux pratiques:
 - Proposer une expérience susceptible de valider ou d'infirmer une hypothèse
 - Analyser des résultats expérimentaux, les confronter à des résultats théoriques.
 - Déterminer le domaine de validité d'un modèle.

Implications pour l'enseignement

- Réviser le rôle de l'expérience dans l'enseignement
- Distinguer le modèle enseigné et les faits



Le discoptique: un modèle réifié

2nde Nathan

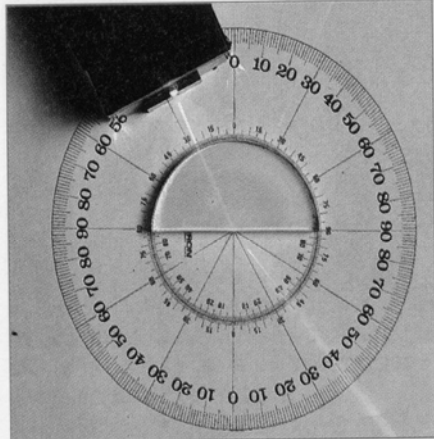


Fig. 6 Passage de la lumière du Plexiglas dans l'air ($i = 26^\circ$ et $r = 40^\circ$).

Le dispositif a été conçu avec l'intention de gommer au maximum l'opération de modélisation :

- en réduisant l'écart entre la situation matérielle et la façon dont en rend compte la physique.
- en mettant en évidence ce qui est pertinent pour la modélisation.

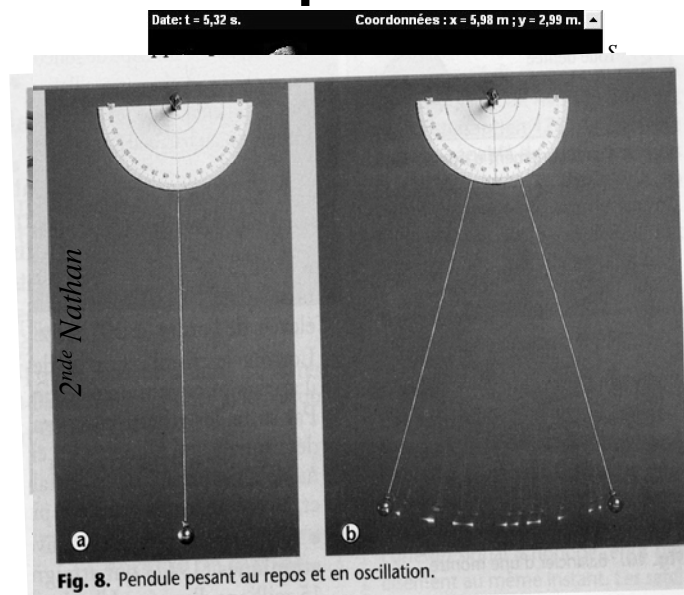
Choix pour la conception

- Choix du matériau : très peu dispersif
- Choix de la forme hémicylindrique;
 - Surface plane confondue avec la surface de séparation air/verre (dioptré)
 - Choix de la forme cylindrique: la lumière n'est pas déviée et la marche de la lumière est visible du dessus
- La position du centre de la graduation est confondue avec la position du point d'incidence;
- le zéro de la graduation du rapporteur est confondu avec la normale au plan d'incidence;
- Le plan du rapporteur est confondu avec le plan d'incidence
 - La marche de la lumière est visualisée et elle se confond avec la représentation des rayons incident et réfracté du modèle

Conséquences

- Ce qui est donné à voir est pratiquement identique à la représentation que l'optique géométrique fait de la situation, y compris l'angle d'incidence et l'angle réfracté. Il y a quasiment bijection entre l'expérience et sa représentation.
- Si ces différents choix ne sont pas expliqués, l'impression d'arbitraire que donne à l'élève l'enseignement de la physique sera renforcée.

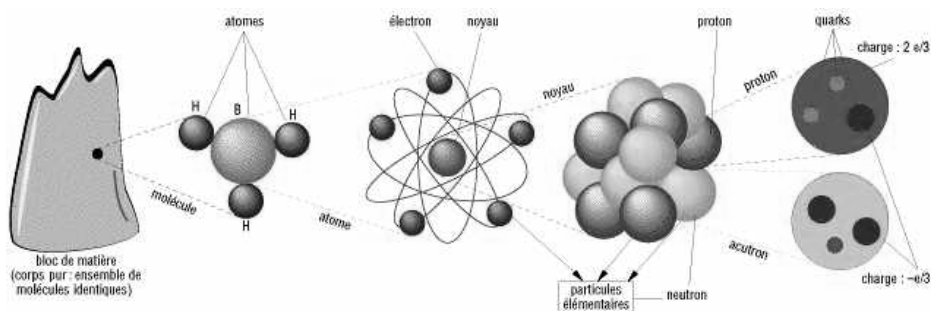
Autres exemples



Les difficultés liées au passage d'un modèle à des modèles

Cas de l'atome et de la molécule

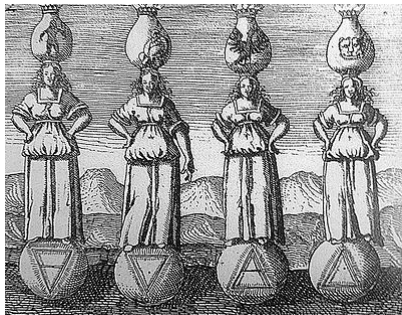
- De quoi la matière est-elle composée ?



- Evolution des modèles de l'atome au cours du temps

Les modèles antiques

- la philosophie cosmique grecque (500 à 450 av JC)
 - Ce qui existe a toujours existé et existera toujours.
 - Sauf que tout change.
 - Les choses de la vie sont composées de différentes proportions des quatre éléments qui sont transformés.



La terre, l'eau, l'air et le feu

Daniel Stolz von Stolzenberg,
Viridarium chymicum (1624)

Les modèles antiques

- les atomistes (450 à 400 av JC)
 - Le plein, ou le solide, est constitué de particules qui sont parfaitement solide et ne peuvent pas être divisées, les *atomos*.
 - Les atomes sont trop petits pour être vus.
 - Il y a plusieurs types d'atomes qui se déplacent dans la vide. Ils se différencient en taille, masse et forme.
 - Quand les atomes se rencontrent, ils peuvent soit se repousser, soit s'attacher grâce à des crochets et des boucles présents à leur surface.
 - Cadre atomiste rejeté d'abord par Aristote, en suite par l'Eglise.

l'atomisme pendant la renaissance

« Il arriva qu'en 1624 deux chimistes parurent à Paris. La chimie était une science assez nouvelle. Ces chimistes admettaient cinq éléments différents des quatre éléments d'Aristote. Ils n'étaient pas non plus de son avis sur les catégories ni sur les formes substantielles. Ils publièrent des thèses contre ces opinions du philosophe grec. L'université cria à l'hérésie; elle présenta requête au parlement. La rumeur fut si grande que les nouveaux docteurs furent mis en prison, leurs thèses lacérées en leur présence par un huissier, les deux délinquants condamnés au bannissement du ressort du parlement; enfin il fut défendu par le même arrêt, sous peine de la vie, de soutenir aucune thèse sans la permission de la Faculté. »

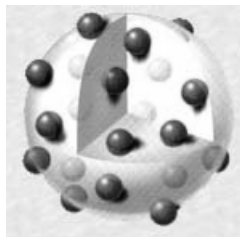
(Voltaire)



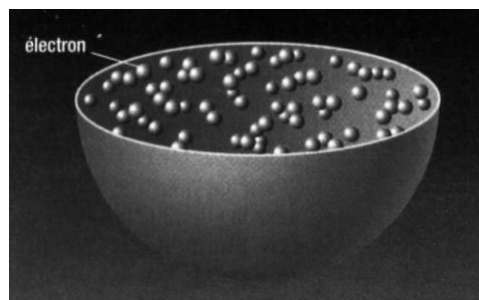
Fondement de la physique moderne: la théorie atomique de John Dalton

- Les éléments sont constitués d'atomes, très petits et indestructibles.
- Tous les atomes d'un élément donné ont la même masse.
- Les atomes de différents éléments ont des masses différentes.
- Les atomes peuvent s'associer pour former des molécules que dans des rapports simples des numéros entiers.

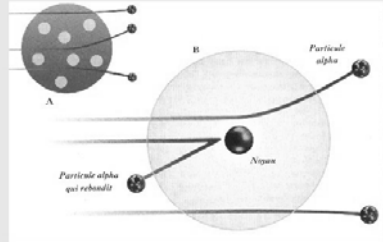
- 1808: « *Un nouveau système de philosophie chimique* »
 - liste des masses atomiques de certains éléments connus par rapport à la masse de l'hydrogène.
 - base de la table périodique des éléments



**Atome de
Thompson (1897)**

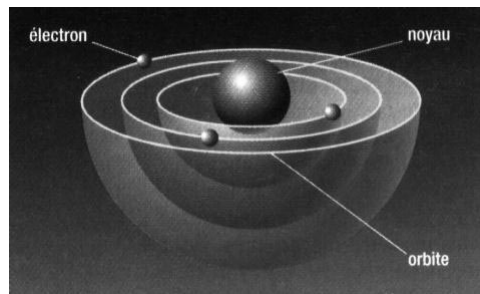
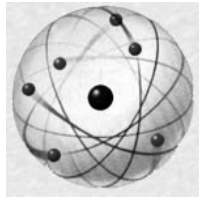
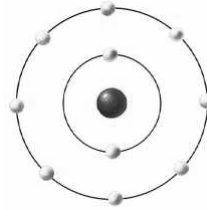


L'expérience de Rutherford 1911

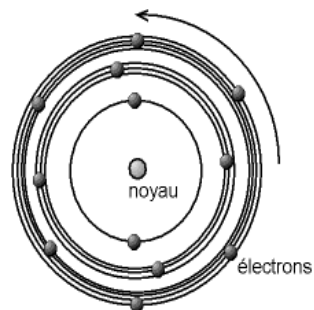
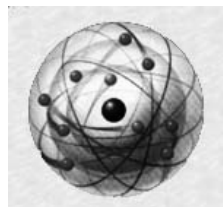
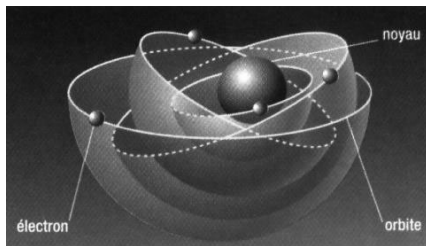


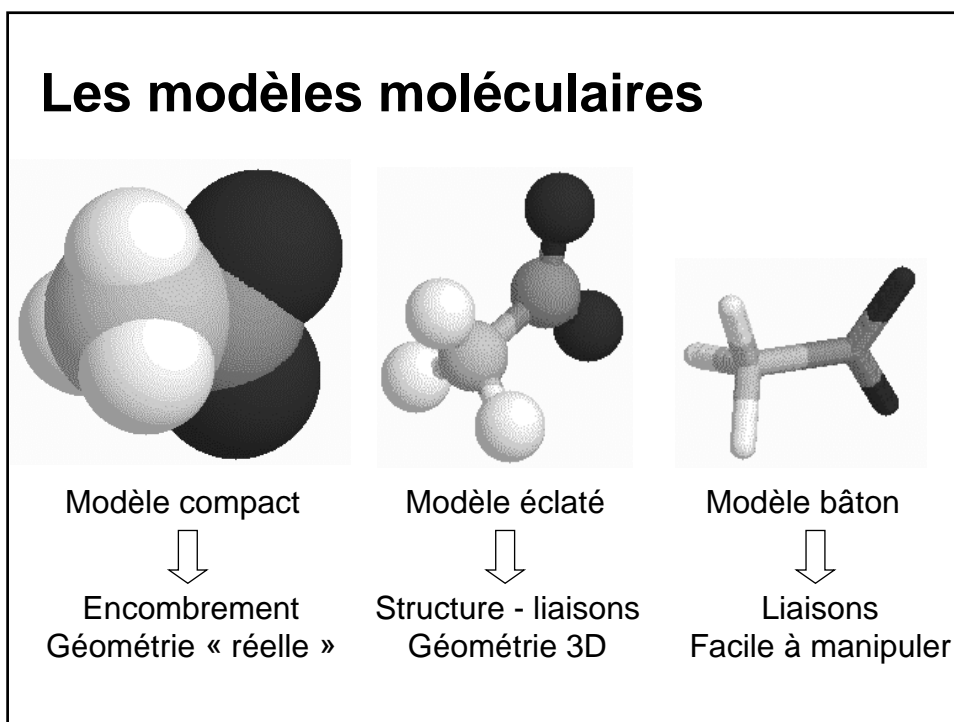
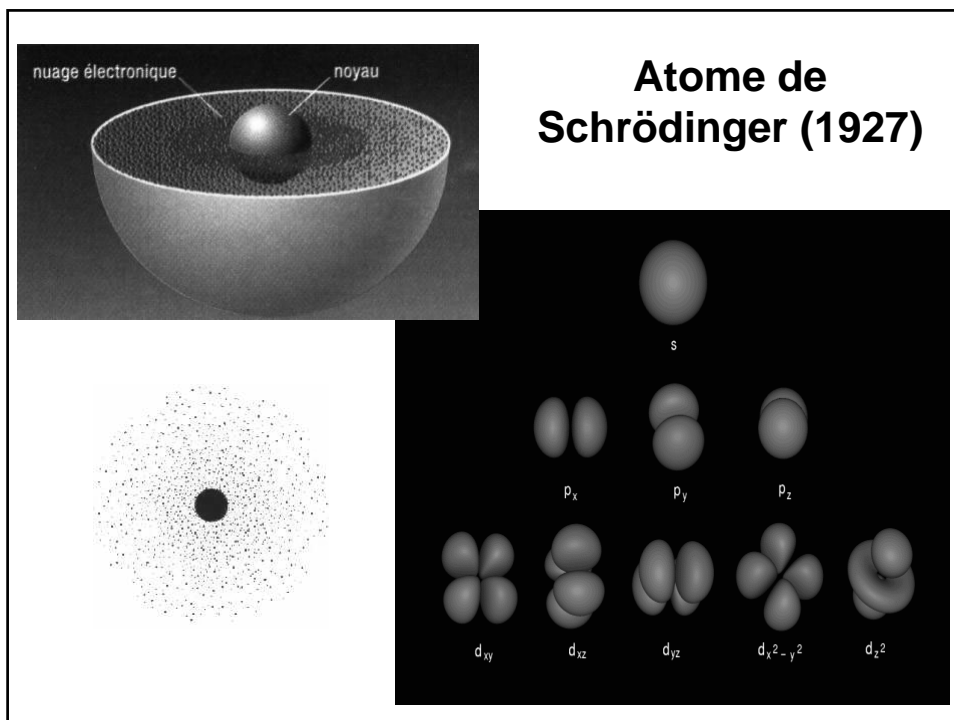
Il existe au centre de l'atome un noyau chargé positivement

Atome de Rutherford (1912)

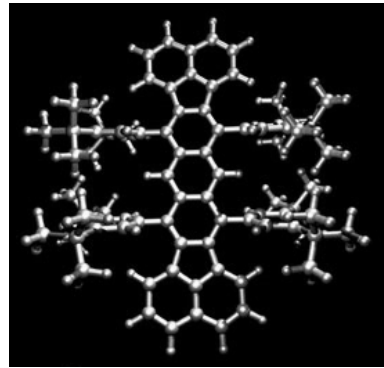
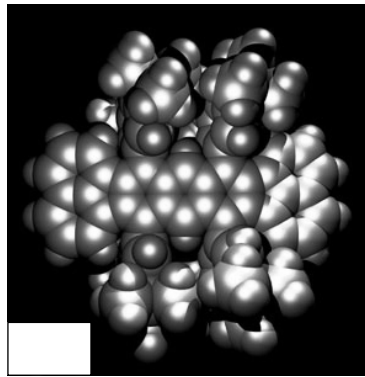


Atome de Bohr (1913)

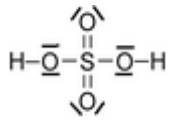
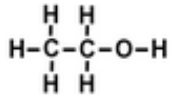





Modélisation de la molécule "Lander" (C₉₀H₉₈)

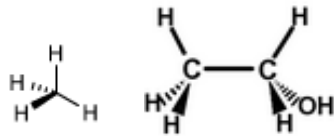


Différentes formules (ex: éthanol)

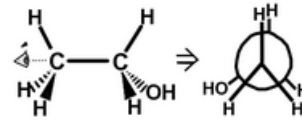
- Formule brute: nature et nombre des atomes C₂H₆O ou C₂H₅OH
- Formule de Lewis: représentation en 2 dimensions: position approximative des atomes, topologie des liaisons covalentes, et allocation des électrons

- Formule développée plane: agencement des atomes en 2 D.

- Formule semi-développée: simplification de la formule développée plane, sans les liaisons carbone hydrogène CH₃-CH₂OH
- Formule topologique: on ne fait pas figurer les atomes de carbone et d'hydrogène


Représentations - projections

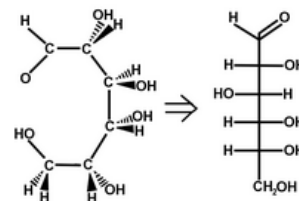
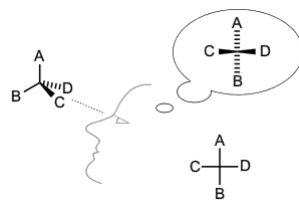
Représentation de Cram



Projection de Newman



Projection de Fischer

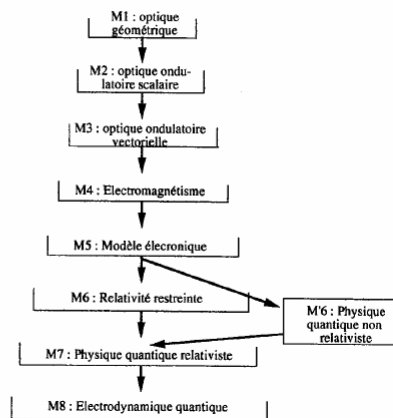


Emboîtements de modèles un exemple en physique

PROBLÈME À RÉSOUDRE

- Trajets de rayons lumineux,
Formation d'images
- Interférences, diffraction
- Polarisation rotatoire,
anisotropie des cristaux
- Propagation,
équations de Maxwell
- Milieux continus de Maxwell,
"moyennes" corpusculaires (Lorentz)
- Electromagnétisme
à grande vitesse ($\approx c$)
Spectres d'émission,...
- Microphysique
et grandes vitesses (Dirac)
- Relations matière - lumière

NIVEAUX DE MODÈLE



Halbwachs F. (1974) La pensée physique chez l'enfant et le savant, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, pp. 88-117

Point de vue de l'institution

BO HS n°2, 30 Aout 2001

Restituer la dimension historique du développement des sciences peut jouer ici un rôle spécifique essentiel. En effet, [...] il est toujours possible techniquement d'enseigner une discipline scientifique en faisant abstraction de son histoire : dans la mesure où les théories nouvelles sont construites par une démarche critique concernant les plus anciennes, les connaissances sont régulièrement réactualisées et la discipline peut se raconter au présent. Mais la curiosité pour les sciences et pour les mécanismes de la création en générale se nourrit à l'évidence de connaître les controverses passées, les longues impasses comme les avancées brutales, les grandes synthèses qui surprennent le bon sens et bouleversent la perception immédiate et intuitive du monde.

Implications pour l'enseignement

- Enseigne-t-on des modèles - et quels modèles?

ou

- Enseigne-t-on la modélisation - et à partir de quel modèle?

Modélisation – morceaux choisis

- L'enseignement du lycée doit être construit comme un tout, donc indépendant de l'enseignement fait au collège qui ne se place pas sur le même registre de modélisation et de formalisation.
- La logique pédagogique que sous-tendent ces nouvelles approches est que le développement des sciences se fait par un va-et-vient entre l'observation et l'expérience d'un côté, la conceptualisation et la modélisation de l'autre, et que **l'exposé axiomatique de la science déjà faite** ne correspond pas au **mouvement de la science en train de se faire**.
- L'exercice de modélisation du réel est sans doute la démarche la plus importante et aussi la plus difficile dans la démarche scientifique.
- La modélisation fait appel à des langages symboliques qui, suivant les cas, peuvent être des diagrammes, des schémas ou des expressions mathématiques. Le professeur doit s'efforcer sur des exemples simples de montrer comment se fait la modélisation, ceci dans toutes les sciences.

Modèles – morceaux choisis

Commentaires:

L'enseignant sensibilise l'élève à la notion de modèle et à ses limites : modèle de l'atome, modèle du cortège électronique pour l'atome et modèle de Lewis de la liaison covalente pour les molécules. Les modèles mis en place permettent de rendre compte de la formule et de la géométrie des molécules (et éventuellement de les prévoir).

CONTENUS

1.1. Un modèle de l'atome Noyau (protons et neutrons), électrons : Nombre de charge et numéro atomique Z . Nombre de nucléons A . Charge électrique élémentaire, charges des constituants de l'atome. Electroneutralité de l'atome Masse : masses des constituants de l'atome ; masse approchée d'un atome et de son noyau, considérée comme la somme des masses de ses constituants. Dimension : ordre de grandeur du rapport des dimensions respectives de l'atome et de son noyau.
1.2. L'élément chimique Définitions des isotopes. Définitions des ions monoatomiques Caractérisation de l'élément par son numéro atomique et son symbole. Conservation de l'élément au cours des transformations chimiques.
1.3. Un modèle du cortège électronique Répartition des électrons en différentes couches, appelées K, L, M. Répartition des électrons pour les éléments de Z compris entre 1 et 18.

Modèles – morceaux choisis

- La physique de cette partie n'utilise que le modèle de l'optique géométrique pour la loi de la réfraction de Descartes. Aucun modèle ne sera présenté concernant l'optique physique.
- Les élèves doivent utiliser les outils de résolution comme le modèle du gaz parfait et l'origine de la force pressante pour parvenir à interpréter les situations observées.

Enseigner la modélisation à partir d'un modèle

Un exemple à méditer: la réaction chimique

- Dans les annexes: la "réaction chimique" comme modèle de la transformation chimique d'un système
- Dans les programmes

CONTENUS
2.1. Modélisation de la transformation : réaction chimique Exemples de transformations chimiques. Etat initial et état final d'un système. Réaction chimique. Ecriture symbolique de la réaction chimique : équation. Réactifs et produits. Ajustement des nombres stoechio-métriques.

Modèles ou modélisation?

- Des propositions autour de l'enseignement de la modélisation:
 - Analogies modélisantes (Johsua et Dupin)
 - Germes de modèles que les élèves doivent compléter (Chomat, Larcher et Méheut)
 - Utilisations de représentations pour modéliser des phénomènes non perceptibles (Lemeignan et Weil-Barais)
 - Et bien d'autres...



Points de vue d'élèves sur les modèles

Quelques résultats de recherche

Grosslight & al., 1991; Vasquez et Manassero, 1999; Aikenhead & al., 1992)

- Point de vue dominant: les modèles sont des objets matériels construits pour copier la réalité
- Pour une minorité: les modèles permettent la compréhension des phénomènes réels à partir d'hypothèses susceptibles d'évoluer avec le temps.

Résultats mémoire (L. Toix, 2004)

Points de vue d'élèves de seconde sur les modèles et la modélisation en Sciences Physiques

Affirmation A	%	%	%	%	Affirmation B
Un phénomène peut être décrit par plusieurs modèles.	43	35	15	8	Un phénomène ne peut-être décrit que par un unique modèle.
43%		35%		15% 08%	
Affirmation A	%	%	%	%	Affirmation B
Un modèle est figé, il ne peut pas évoluer dans le temps.	02	13	29	57	Un modèle peut être modifié, il est susceptible d'évoluer dans le temps.
13%		29%		57%	
Affirmation A	%	%	%	%	Affirmation B
Un modèle ne peut jamais être utilisé pour faire des prévisions sur un objet ou un événement.	09	20	54	19	Un modèle peut toujours être utilisé pour faire des prévisions sur un objet ou un événement.
09%		20%		54% 19%	
Affirmation A	%	%	%	%	Affirmation B
Les modèles sont des concepts abstraits .	14	28	31	27	Les modèles sont des objets concrets .
14%		28%		31% 27%	

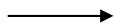
Des modèles pour enseigner

le modèle énergétique

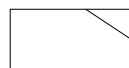
- L'énergie est caractérisée par ses propriétés de
 - stockage
 - transformation
 - transfert (travail, chaleur, rayonnement)
- et son principe fondamental de conservation
- On représente une chaîne énergétique avec les symboles suivants :



Réservoir



Transfert



Transformateur

Règles

- Une chaîne énergétique commence et se finit par un réservoir
- Le réservoir final est différent du réservoir initial

Le modèle du mouvement 1

1. Représentation d'un objet par un point.

En général, pour étudier le mouvement d'un objet, on étudie le mouvement de l'un de ses points. Souvent, on choisit de représenter l'objet par ce point pour que l'étude du mouvement de l'objet se ramène à l'étude du mouvement du point.

En physique, il est souvent intéressant d'étudier le mouvement du centre de gravité. Dans ce cas, on représente l'objet par ce point auquel on peut attribuer la masse de l'objet.

2. Trajectoire du point représentant un objet.

La trajectoire est l'ensemble des positions occupées par le point au cours de son mouvement. On dit que cette trajectoire est la trajectoire de l'objet.

3. Vitesse du point représentant un objet.

La vitesse moyenne du point entre A et B est égale à la longueur du trajet AB divisée par la durée t mise pour parcourir AB.

Unités:

AB en mètre (m)

t en seconde (s)

v en mètre par seconde (m.s⁻¹)

Lorsque les positions A et B du point sont très proches, cette vitesse est la vitesse du point en M.

Le modèle du mouvement 2

4. Caractérisation du mouvement du point représentant un objet.

Le mouvement du point est caractérisé par :

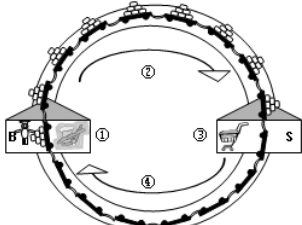
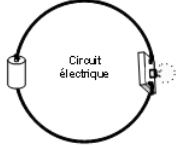
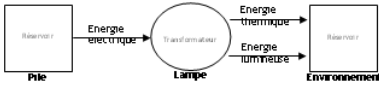
- sa direction.
 - la direction du mouvement du point ne change pas sur les parties rectilignes de sa trajectoire.
 - la direction du mouvement du point change :
 - aux endroits où la trajectoire cesse d'être rectiligne ;
 - en tout point des parties courbes de la trajectoire.
- son sens.
- la vitesse du point.

Principaux types de mouvements :

- Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite.
- Le mouvement d'un point est circulaire quand sa trajectoire est un cercle ou une portion de cercle.

Lorsque la valeur de la vitesse du point ne change pas on dit que le mouvement est uniforme.

Electrocinétique en cinquième

Le circuit des wagons et la chaîne de distribution des pains...	...correspond au circuit électrique et à la chaîne énergétique											
	 <p>Le circuit électrique est fermé, la lampe brille : le courant électrique circule.</p> <table border="1" data-bbox="815 667 1193 725"> <tr> <td>Dans le circuit électrique :</td> <td>Dans le circuit des camionnettes :</td> </tr> <tr> <td>Une pile</td> <td>↔</td> <td>une boulangerie</td> </tr> <tr> <td>Une lampe</td> <td>↔</td> <td>un supermarché</td> </tr> <tr> <td>Le courant électrique</td> <td>↔</td> <td>la file des wagons</td> </tr> </table>	Dans le circuit électrique :	Dans le circuit des camionnettes :	Une pile	↔	une boulangerie	Une lampe	↔	un supermarché	Le courant électrique	↔	la file des wagons
Dans le circuit électrique :	Dans le circuit des camionnettes :											
Une pile	↔	une boulangerie										
Une lampe	↔	un supermarché										
Le courant électrique	↔	la file des wagons										
<p>1- Chaque boulangerie dispose d'un stock d'ingrédients qui lui permet de fabriquer un nombre limité de pains. Après fabrication des pains, le boulanger charge le même nombre de pains dans les wagons pour transférer les pains au supermarché. Le boulanger pousse les wagons pour les faire circuler. Il adapte la vitesse des wagons en fonction de la commande du supermarché et des ingrédients qui lui restent.</p> <p>2- Tous les wagons sont les uns derrière les autres, ils avancent tous à la même vitesse avec leur chargement de pains.</p> <p>3- Arrivés au supermarché, les pains sont livrés. Ils sont transformés en sandwichs et vendus aux clients.</p> <p>4- Après la livraison, les wagons retournent les uns derrière les autres à vide à la boulangerie pour un nouveau chargement.</p>	<p>La pile transfère de l'énergie électrique à la lampe qui la transforme en énergies lumineuse et thermique. Ces énergies sont transférées à l'environnement.</p> <p>Chaîne énergétique</p>  <table border="1" data-bbox="836 943 1166 976"> <tr> <td>Dans la chaîne énergétique :</td> <td>Dans la chaîne des pains :</td> </tr> <tr> <td>l'énergie électrique</td> <td>↔</td> <td>les pains/pains</td> </tr> </table>	Dans la chaîne énergétique :	Dans la chaîne des pains :	l'énergie électrique	↔	les pains/pains						
Dans la chaîne énergétique :	Dans la chaîne des pains :											
l'énergie électrique	↔	les pains/pains										



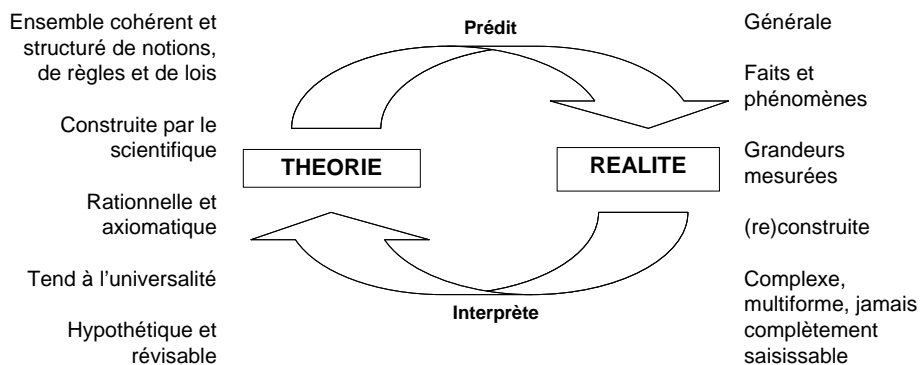
La modélisation

un outil pour analyser et/ou favoriser
l'apprentissage

Modélisation

- « Opération par laquelle on établit le modèle d'un système complexe, afin d'étudier plus commodément et de mesurer les effets sur ce système des variations de tel ou tel de ses éléments composants » (TLF)
- Du point de vue didactique, il s'agit d'un processus
 - qui donne du sens aux activités des élèves
 - qui prend en compte les conceptions des élèves
 - qui vise des objectifs d'apprentissage

Modélisation



Modélisation

- Martinand: existence de deux niveaux
 - le référent empirique qui contient les objets, les phénomènes et leur connaissance phénoménologique
 - le niveau des modèles construits sur ces référents empiriques.

- Ces deux niveaux doivent être
 - Distingués
 - Explorés
 - pour eux-mêmes
 - pour les relations qu'ils entretiennent.

Définir la modélisation

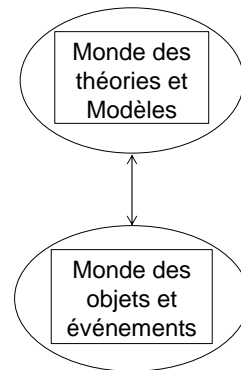
« En physique par exemple, la modélisation, par la sélection des données, par la considération exclusive de certains paramètres, par la précision d'hypothèses simplificatrices, permet la mise en œuvre de la mathématisation. » (S. Bachelard)



Qu'est-ce que la modélisation pour les élèves ?

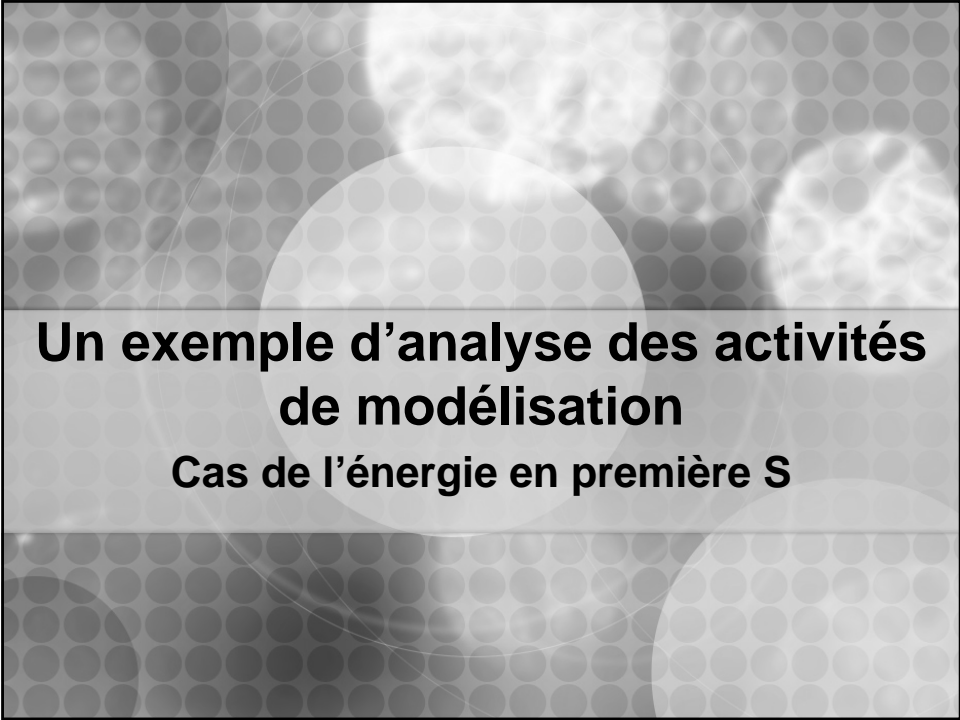
Les activités de modélisation des élèves

- **Éléments constitutifs de la physique**
 - **Recours à l'expérience**
 - Les objets, les événements
 - Les mesures
 - **Le formalisme théorique**
 - Le modèle numérique
 - Le modèle physique
 - Les principes



Dialectique théorie/événements

- la physique n'est pas seulement formelle
 - la prise en compte d'un objet, d'un événement, qui appartient à un monde que nous pouvons qualifier de monde des choses. Les rapports permanents à ce monde des choses sont au cœur de la démarche du physicien.
- pour interpréter le monde des choses
 - le physicien utilise les connaissances de sa communauté. Ces connaissances forment les instruments théoriques permettant de donner un sens physique aux éléments du monde des choses et à leurs relations. Elles appartiennent au monde des théories et des modèles.



Un exemple d'analyse des activités de modélisation

Cas de l'énergie en première S

Théorie

- Système explicatif de l'élève
- Le critère d'appartenance à ce niveau est à la fois sémantique et contextuel.
 - les paradigmes au sens de Kuhn (1983), les principes, les lois, mais également la causalité (Viennot 1993).

*Béatrice : Bon alors les interactions se compensent...
Analyser ce résultat à l'aide du principe d'inertie...*

Modèle physique

- Intermédiaire entre la théorie et le champ expérimental nécessaire à l'interprétation en termes de la physique.
- Le critère de classement est d'ordre lexical et sémantique.
 - grandeurs physiques, de relations entre ces grandeurs, de représentations symboliques (symbole, unités, etc).

Cédric : Voilà, mais quand V augmente, eh ben t'as, t'as E_p qui diminue. // Donc, si elle diminue, c'est pas en rapport, en rapport, avec l'expression qu'on a avant.

Paul : Heure, une heure c'est 3600 secondes ! et 1 watt heure c'est égal à 3600 joules !

Modèle numérique

- Éléments numériques sélectionnés et traités dans l'expérience
- Le critère de classement est d'ordre lexical.
 - Valeurs des mesures converties dans un autre système d'unités, opérations effectuées sur les valeurs mesurées, calcul de coefficients, approximations...
 - Absence d'unité ou de symboles permettant un lien avec les grandeurs physiques en jeu.

Sarah : Bon, je mets 11,75 ben là tu peux mettre 11,75 et ici 0,89 tu mets six zéro...

Béatrice : Et puis en ordonnée ça va nous faire euh en abscisse ça va nous faire à peu près dix centimètres. Onze centimètres

Mesure

- Recueil d'informations quantitatives concernant les objets et événements.
- Le critère d'appartenance à ce niveau est d'ordre lexical et sémantique.
 - grandeurs mesurées sur les appareils de mesures ou fournies par le professeur, non modifiées.
 - mesure lue sur appareil, mesure lue sur papier après avoir été lue sur appareil ou mesure fournie par la consigne écrite.

Marc : Ben attends euh... 16 degrés... T initial 16. Mmh !

Paul : Top, 45 secondes ! (Marine) : et il est exactement, il fait 18 degrés / Combien le temps, 45 secondes ?

Objets / événements

- Eléments matériels avec lesquels les élèves vont interagir.
- Le critère de classement des propositions est lexical.
 - les appareils, les objets, les événements sur lesquels l'expérience va porter.

Jean : Il va falloir brancher ça !

Marc : Il faut le truc qui tourne là, je ne sais pas comment ça s'appelle.

Marine : Attends, ton ampèremètre il va au thermoplongeur

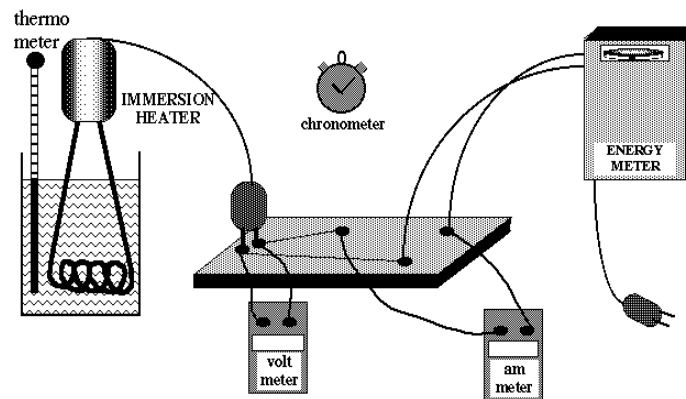
Mise en œuvre des niveaux de modélisation par les élèves

- Dans les dialogues, après découpage en interventions / proposition
 - Une proposition peut mettre en œuvre un niveau *seul*. C'est le cas lorsque la proposition ne relève que d'un seul niveau.
 - Une proposition peut relever d'un seul niveau dont les éléments sont mis en relation sous des formes différentes. C'est ce que nous nommerons une *relation interne*.
 - Une proposition peut prendre en compte plusieurs éléments relevant de niveaux différents mis en relation. C'est ce que nous appellerons une mise en *relation externe*.

Hypothèses fondamentales

- Un élève réalise une tâche de façon cohérente si nous nous plaçons de son point de vue. Cette cohérence peut faire appel à des aspects extérieurs aux connaissances en jeu dans la tâche. Cette première hypothèse permet l'étude du fonctionnement cognitif de l'élève.
- La construction du sens physique d'un concept se fait à travers la mise en œuvre non consciente et/ou consciente des différents niveaux de modélisation et de leurs relations.
- Les activités portant sur les mises en relation entre les niveaux de modélisation sont nécessaires pour l'apprentissage de la physique.

Introduction du concept de puissance



À partir des extraits de dialogues fournis...
Analyse en termes d'activités de modélisation mises en œuvre

Quelques conclusions...

- Les activités des élèves très différentes d'une phase à l'autre du TP (activités proposées)
- L'activité de manipulation riche en ce qui concerne les niveaux de modélisation utilisés, mais pauvre en ce qui concerne les relations établies (problème de la construction du sens)
- il n'y a jamais remise en cause des mesures effectuées une fois qu'elles ont été intégrées dans le modèle physique (les mesures ne sont jamais utilisées pour soutenir une conclusion). L'activité de mesure constitue en elle-même un but de l'expérience

Quelques conclusions...

- la construction du sens est plus facile à partir des objets et des événements qu'à partir des mesures
- les procédures mises en jeu par les élèves sont fortement dépendantes des questions qui leur sont adressées (problème du guidage et de la forme des questions adressées)