

Chapitre VI. Se donner des modèles simples pour comprendre, communiquer et agir

Pourquoi enseigner cette compétence

Quand un spécialiste (médecin, garagiste, économiste, enseignant, etc.) ne veut pas dérouter son interlocuteur, il doit utiliser intelligemment des représentations simples, mais pertinente par rapport à la situation. Parfois, certains lui reprocheront d'être simpliste, et d'autres le diront jargonant.

La terre est-elle une sphère ? Evidemment oui, répondront tous ceux qui ont compris qu'elle n'était pas plate. Evidemment non, répondront ceux qui veulent voir de plus près. Le diabète existe-t-il ? Evidemment oui, répondront en chœur les médecins, les biologistes, les patients. Evidemment non, s'empresseraient de dire ceux qui tiennent compte du fait qu'il y a autant de diabètes que de patients.

Que penser de l'enfant qui habite une station de sport d'hiver qui prétend que son professeur de physique manque totalement de rigueur quand il affirme que l'eau se présente sous trois formes (gazeuse, liquide et solide) alors que lui sait bien qu'il y a au moins une quinzaine de neiges différentes.

Dans la vie quotidienne, mais aussi dans les sciences les plus élaborées, on cherche sans cesse à trouver des modèles simples, que ce soit des comportements humains ou des phénomènes naturels. Cette simplification est au centre de la démarche scientifique qui implique une économie de pensée. Comment apprendre aux jeunes à inventer des modèles simples et à savoir discerner lesquels sont valables ? Par exemple, comment mettre en scène le soleil tournant autour de la terre tout en étant conscient des limites du modèle ?

Certaines personnes sont comme des promeneurs sans carte : ils n'ont pas d'autonomie. Avoir une carte - pas trop compliquée- c'est intéressant. Se représenter le soleil qui tourne autour de la terre ou la chaleur comme des couples sur une piste dansant le slow ou le rock n' roll, ce sont des représentations simples, très pratiques dans un certain nombre de cas et désastreuses dans d'autres. Apprendre à inventer et bien utiliser de tels modèles, tel est l'enjeu de cette compétence. Elle rassemble plusieurs sous compétences : savoir inventer un modèle simple, savoir le tester, en faire un bon usage, tenir compte de son champ de validité, etc.

D'autres situations où cette compétence est en jeu

Quand un médecin explique à un patient son état de santé.

Quand on se trouve dans un hall d'ascenseur et on ne sait pas sur quel bouton pousser.

Entre une cruche en fer et en grés on voudrait savoir laquelle garde l'eau fraîche le plus long temps

Quand on ne comprend pas pourquoi un avion vole alors qu'on a appris à l'école que les objets, plus lourds que l'air, tombent.

Quand un jeune se demande la différence entre l'amour et l'amitié.
Quand, dans une maison où il y a beaucoup de plantes, on se demande quand les arroser.
Quand on choisit un régime alimentaire pour ne pas avoir de bedon.
Un copain me tire la tête, j'essaie de comprendre pourquoi.
On tâche de savoir quand on a des chances de voir de voir un arc-en-ciel.
On cherche des critères simples pour reconnaître des styles architecturaux.
Etc.

1. Présentation de la compétence

- Dire que la terre est une sphère, c'est utiliser un modèle et il n'est pas trop compliqué. La terre est-elle une sphère ? Évidemment oui, répondront tous ceux qui ont compris qu'elle n'était pas plate. Évidemment non, répondront ceux qui voient la terre comme un ellipsoïde ou qui sont conscients de ce que les montagnes mettent en péril le caractère sphérique de notre planète.
- Dire que le « surmoi » est la voix de l'adulte intériorisé, est-ce correct ?
- Dire que Dieu est Père, Fils et Esprit ? Qu'est-ce que cela veut dire ?
- Comparer de l'eau qui chauffe à une salle de danse où l'on est passé d'un slow à une danse moderne, est-ce valable ?
- L'eau bout-elle à 100 degrés ? Évidemment oui, dirait l'élève qui a bien compris son cours de sciences. Évidemment non, rétorquera le chimiste qui sait que, comme l'eau pure n'existe jamais, aucune eau concrète ne bout à 100 degrés.
- Le diabète existe-t-il ? Évidemment oui, répondront en chœur le médecin, le biologiste et le patient. Évidemment non, s'empresseront de dire ceux qui croient que chaque patient est différent et qu'il n'y a pas deux diabétiques qui souffrent de la même façon.
- Dire qu'une ville est composée d'un centre et d'une périphérie, c'est assurément un modèle... et il est assez simple... Trop simple ? Cela dépend de l'usage qu'on veut en faire...
- La distinction entre le poids et la masse est-elle importante ? Bah, répond le physicien théoricien, la physique s'est bien portée pendant plusieurs siècles quand poids, pesanteur et masse étaient souvent confondus. C'est très important, riposte l'élève qui vient de se faire recalier parce qu'il négligeait cette importance.
- Lors de la consultation d'un médecin, l'usage, par celui-ci, de modèles simples est souvent souhaitable. Certains médecins excellent à expliquer simplement à leurs patients ce qu'il en est ; ce qu'ils disent est pertinent et clair ; d'autres en restent toujours à leur jargon. Ces derniers ne sont guère compétent dans l'usage des modèles simples (du moins dans ce contexte, car ils pourraient être parfaitement capables d'utiliser des modèles simples pour expliquer un mach de Basket.
- En cuisine, il faut sans cesse utiliser des modèles simples. Par exemple, en faisant de la mayonnaise, le ou la cuisinier(ère) se donne une représentation de ce qui se passe. Ce modèle mobilise des concepts comme « huile », « tourner », « épaisseur », etc. C'est bien différent de la représentation du physicien ou du chimiste qui y verra une émulsion.
- De même, la représentation qu'un mécanicien se fait d'un moteur de voiture est bien différente de celle du thermodynamicien. Mais y en a-t-il une qui serait meilleure que l'autre, plus correcte ? ... La vraie ?
- On a montré que le modèle de Bohr n'était pas correct, dit l'étudiant de candidature, tout fier de pouvoir valoriser sa connaissance récente de l'atome de Sommerfeld. Mais

c'est un modèle rudement pratique quand on doit penser vite, énonce timidement le physicien de profession.

- Il faut être rigoureux dans l'établissement des mesures tout en se souvenant qu'une précision qui va au-delà des moyens, des instruments, de la technologie ou des limites du modèle n'a pas de sens.
- Le physicien méprise les ingénieurs qui «manquent totalement de rigueur », tandis que ceux-ci trouvent que l'académicien confond les choses importantes dans la vie et les lubies du théoricien abstrait.
- Distinguer entre différents types de livres conduit à se donner divers modèles : celui du roman, de la poésie, du livre pratique, scientifique, etc. On utilise ces modèles dans toute librairie et toute bibliothèque. Est—ce suffisamment rigoureux ?

On pourrait continuer longtemps cette énumération de dialogues de sourds. Il se fait que la rigueur de l'un n'est pas toujours celle de l'autre. Dans certains cas, l'usage de modèles simples est tout à fait pertinent et dans d'autres pas. Ainsi, s'il s'agit de se représenter la vapeur qui sort d'une casserole à pression, il est essentiel pour la cuisinière de distinguer la vapeur qui sort à haute pression de celle à basse pression en sachant que, contrairement au « bon sens », la plus dangereuse est celle qui paraît la plus innocente.

Ces exemples indiquent que la rigueur ne peut être mesurée en elle-même, mais qu'on est toujours plus ou moins rigoureux par rapport à un projet ou par rapport à des instruments de mesure. Autrement dit, la question n'est pas de se rapprocher d'une vérité sans aucun lien avec ce que l'on veut, mais d'inventer des modèles adéquats pour la situation et le projet qui nous habitent. Face à une même situation, il y a une infinité de modélisations possibles. Leur valeur est relative à ce qu'on veut faire avec elles. Ainsi, une carte routière ne perd pas en rigueur si on fait varier son échelle, mais une standardisation des points de vue (par exemple, les cartes routières au 200 millièmes et non une au 173 millièmes, une autre au 124 millièmes, etc.) contribue à rendre les cartes plus efficaces. L'objectif poursuivi en se donnant une représentation d'une situation n'est pas de refléter ce qui existe, mais de faire une mise en scène qui conduise à pouvoir maîtriser un environnement. La simplification de réponse à un problème est alors vue comme quelque chose de positif et non comme une simplification qu'un état plus avancé des connaissances éliminerait. Cependant, il existe des manières de voir qui sont très peu efficaces par rapport à un projet donné. De la même façon qu'il y a des avions qui n'ont jamais pu voler, il y a des modèles qui ne « tiennent pas la route ».

Par ailleurs, il arrive que l'on se contente de répondre à des prescriptions, par facilité ou par manque de dynamisme. Or il est parfois judicieux de remettre en question des injonctions et de se demander ce qui explique ou justifie ces commandements.

Quelle différence entre utiliser un modèle et travailler à la recette ou à la prescription ? On a un modèle quand on peut répondre à la question « Comment se représenter ce qui se passe ? » Par exemple, si je marche dans un pré couvert de rosée, on peut me donner l'injonction (la prescription ou la recette) de marcher à grands pas en levant fort les genoux. Je puis le faire et, ainsi, j'ai une connaissance ; « Je peux obéir sans me demander quelle est la raison de cette injonction. ». Cela donne une certaine connaissance de ce qu'il faut faire mais ne donne aucune représentation de ce qui se passe. Par contre, si je puis répondre à la question plus haut ; « En évitant les pas rasants on ramasse moins de rosée et donc, on se mouille moins mes chaussures », j'ai un modèle (c'est-à-dire une représentation de ce que je fais). Cela me donne aussi une explication de l'injonction et, ainsi, plus d'autonomie, car alors je puis juger de la pertinence de l'injonction, et éventuellement l'adapter. Un autre cas d'une

approche sans représentation est celui de la multiplication d'essais, par exemple en essayant tous les boutons pour faire démarrer une machine. En somme, se construire une représentation d'une situation, c'est commencer à la comprendre. Et travailler à la prescription, cela revient à travailler sans compréhension de ce qui se passe.

Exercice : comment sortir du règne de la recette et prescription face à l'injonction : « On ne peut interrompre un traitement aux antibiotiques. ». Ou, encore, face à la « norme » : « Tu ne recongèleras pas un produit dégelé. »

Le bon usage de modèles simples est une compétence importante car lorsqu'on a un modèle valable de quelque chose, on gagne en compréhension et en autonomie. On a aussi une base d'explication dont il est possible de discuter. Mais si certaines simplifications améliorent l'efficacité du modèle par rapport à certains buts, il en est d'autres qui ne mènent nulle part (du moins à un moment donné)⁸. Théoriser, modéliser, conceptualiser cela implique de simplifier, organiser et sélectionner, et ce en fonction d'un projet. Certains croient que c'est manquer de rigueur, mais à ce jeu-là, tout le monde manquerait de rigueur. L'important n'est pas de trouver un modèle « vrai », mais un modèle « approprié » à la situation, c'est-à-dire entre autres au projet que l'on a.

La simplicité d'un modèle dépend des connaissances de la personne qui l'utilise : ce qui est simple pour l'un peut paraître très complexe pour l'autre. Un modèle trop simple peut être désastreux, mais un trop compliqué aussi.

Il s'agit de faire comprendre aux élèves ce qui vient d'être dit de sorte qu'ils puissent relier tout cela à leurs conceptions des modèles simples et de la rigueur. Pour cela, un tour de rêves et de cauchemars (cf. le module sur le cœur et la raison) ferait jaillir, en plus de leurs définitions implicites, ce que celles-ci signifient pour eux.

Les objectifs poursuivis dans le bon usage d'un modèle simple sont donc de parvenir :

- à dépasser le stade de la recette et à acquérir le réflexe de conceptualiser suffisamment pour comprendre ;
- à oser inventer des modèles adéquats aux situations dans lesquelles ils sont impliqués ;
- à savoir les tester et que cela devienne pour eux un savoir être
- à être capables d'intégrer les savoirs disciplinaires dans leurs recherche inventive de modèles simples et vice-versa ;
- à acquérir une liberté adéquate face à ceux qui prescrivent indûment.

Pour comprendre ces objectifs, il peut être utile de se rappeler les points suivants.

- Pour réaliser certains projets, le modèle simple peut être aussi valable qu'un autre (et parfois plus pour certains projets) trop compliqué ou trop savant.
- Même lorsqu'il s'agit de comprendre, tous les modèles peuvent avoir leur pertinence (mais, dans notre société, les disciplines scientifiques sont incontournables, même si, pour skier je me ferais plus à la compréhension d'un petit gars de Chamonix qu'à celle de son professeur de physique).
- Il faut faire attention à ne pas utiliser un modèle simple à mauvais escient. (Par exemple, après avoir vu l'eau éteindre le feu, il ne serait pas insensé de penser qu'un

⁸ Par exemple, le modèle corpusculaire du son (les phonons) a été rejeté pour donner de l'importance à certains aspects du son (comme ondes), mais a été revalorisé quelques dizaines d'années plus tard.

liquide arrête la combustion. Ce modèle aurait l'avantage d'être simple mais aussi l'inconvénient majeur de provoquer un incendie si on veut éteindre un feu en y jetant de l'essence – qui est pourtant bien un liquide. Cet exemple fait prendre conscience que des modèles simples, s'ils sont mal utilisés en dehors de leur champ d'activité peuvent être très dangereux.)

- Le bon usage des modèles simples implique qu'on les teste et qu'on prenne conscience de leur champ de validité.

Bref, la formation au bon usage des modèles simples implique une compétence spécifique : être capable de faire se croiser des savoirs, des savoir-être et des savoir-faire dans la poursuite d'un projet. Et cependant, cela ne signifie pas qu'il faille toujours comprendre, ni tout conceptualiser, ni même être toujours très rigoureux ou très savant... Mais la compétence que nous abordons ici vise le réflexe d'essayer de comprendre, c'est-à-dire de se donner des modèles pertinents, testables et testés, souvent standardisés mais parfois personnels et extrascientifiques, et liés aux projets qui nous portent.

Enfin, la compétence «bon usage des modèles simples » est fort proche de «savoir modéliser à bon escient en vue d'un projet », au point que l'une entraîne pratiquement l'autre.

2. Conceptualisation

Cette méthode demande que les élèves soient partie prenante à chaque moment de la démarche. Le professeur adoptera le plus possible une attitude d'écoute et de guide pour que les jeunes soient impliqués dans la construction de la compétence.

Nous développerons le module selon les étapes suivantes (transférables à d'autres compétences non disciplinaires).

Tenir compte de la dimension affective et du processus métacognitif tout au long de la démarche	<ol style="list-style-type: none"> 1. S'appuyer sur son expérience (positive ou frustrée) pour expliciter les représentations spontanées et ses réactions affectives. 2. Essayer une première définition spontanée de la compétence. 3. Raconter une série de situations où cette compétence pourrait être applicable (situations qu'on peut considérer comme analogues selon certains critères, qui présentent un "air de famille"). 4. Approfondir la conceptualisation (définition) de la compétence sur un cas particulier et tenir compte de la dimension affective des situations évoquées. 5. Se donner une définition plus affinée et plus transférable de la compétence (la conceptualiser et poser des attributs caractéristiques de son occurrence). 6. Tester la pertinence de la définition. 7. Élargir l'usage de la compétence suite à de nouveaux transferts et confrontations à la vie quotidienne et aux disciplines. 8. Évaluer, dans une perspective formative, ce qu'on a appris et estimer le chemin à parcourir encore. 9. Développer une métacognition. 10. Evaluer de manière certificative.
---	---

Etape 1. S'appuyer sur son expérience positive ou frustrée pour expliciter les représentations spontanées de la compétence et ses réactions affectives

Dans cette première étape, pour aider les élèves à se rendre compte de ce qu'est un modèle simple, il est utile de leur faire prendre conscience qu'ils les utilisent tout le temps. Par exemple, lorsqu'ils disent que la terre est sphérique et non plate (mais à d'autres moments, ils diront que le sol sur lequel ils marchent est plat). Un autre exemple bien parlant est celui du soleil qui tourne autour de la terre. Ou encore, quand on dit que les astronautes de leur cabine sont en dehors du champ de la pesanteur... alors que tout physicien répliquera qu'ils ne ressentent pas la pesanteur, mais qu'ils sont bien dans son champ et qu'elle s'applique à eux. Un modèle simple de ce qui se passe pourrait être de voir en cette situation le satellite et ses astronautes tombant sans cesse... mais à côté de la terre du fait de leur mouvement latéral...

Des exemples plus parlant pour beaucoup peuvent être tirés de la vie quotidienne ou professionnelle : le mécanisme d'un frein de vélo, la façon de réparer une crevaison, le fonctionnement d'un fusible, la croissance d'une plante en temps de sécheresse, une mayonnaise qui tourne, etc. remarquons que certains modèles simples peuvent être très sensés et très utiles, même s'ils font se hérissier certains enseignants. Ainsi le modèle « un corps que l'on porte s'alourdit avec le temps » est un modèle parfaitement sensé et efficace dans un champ d'application même s'il risque d'empoisonner l'enseignement de la pesanteur.⁹ Ou, plus proche encore de la vie des élèves :

- un étudiant se demande comment la mémoire fonctionne pour mieux étudier ses cours ;
- une élève s'interroge sur la façon de construire sa propre page web pour mettre ses photos de vacances à disposition de ses copains ;
- un élève se demande comment résoudre une énigme policière ;
- un élève se demande comment construire un plan de travail ;
- dans une salle de concert, je me suis demandé pourquoi il y avait des caissons agencés d'une manière particulière... et, dans une salle de banquet, pourquoi on avait pendu des bannières au plafond ;
- une étudiante se demande pourquoi son copain est si tendu quand elle lui parle de sa famille (qui est très heureuse).

L'objectif de cette étape est d'enrichir pour les élèves la notion de « modèles simples » et pour cela les faire raconter l'une ou l'autre histoire qui les implique dans leur usage.

Dans la foulée, on peut faire remarquer aux élèves qu'il y a plusieurs démarches qui tournent autour de notre question :

- Jusqu'à quel point sommes-nous capables d'inventer de nouveaux modèles ?
- Quelle valorisation donnons-nous à la simplicité des modèles ?
- Par quels tests pouvons-nous mettre à l'épreuve les modèles que nous avons inventés ?

⁹ Ce risque sera plus fort si l'enseignant ne croit pas à la possibilité de coexistence pacifique de deux modèles contradictoires.

Etape 2. Essayer une première définition spontanée du bon usage des « modèles simples »

Après cette première étape, il s'agit de verbaliser une première représentation de ce qu'on va étudier. Mais il ne faut pas vouloir produire des définitions trop abstraites. Par contre, il est utile d'insister sur le fait qu'il y a plusieurs définitions possibles, notamment en fonction des projets que l'on a.

Pour rendre plus vivante la notion, on peut faire « un tour de rêves et de cauchemars » autour de questions comme : quand nous songeons à l'usage de modèles simples face au projet d'un bon usage des médicaments, quels sont les cauchemars qui viennent à l'esprit et quels sont les rêves qui nous habitent ? (Un exemple de cauchemar pour un médecin pourrait être une automédication généralisée ; un autre exemple consisterait dans la vision d'une diète plus constituée de médicaments que de légumes ; ou encore pourrait s'exprimer comme cauchemar la simplicité de certains modèles médicaux qui prescrivent ou non, sans autre explication, la prolongation d'un traitement. Un exemple de beau rêve serait de se savoir capable de percevoir soi-même quand et pourquoi il faut prendre un médicament ou pas). Rappelons qu'un rêve ou un cauchemar ne doit pas nécessairement être réaliste ; l'intérêt des « tours de rêves » provient de ce qu'ils indiquent certaines de nos aspirations profondes.

Une autre approche pourrait être de se situer face à la cuisine et de nous demander quels sont les rêves et les cauchemars qui nous viennent à l'esprit par rapport aux modèles simples relatifs à l'hygiène. Ou par rapport à l'équilibre de l'alimentation, ou encore par rapport aux dates de péremption.

De même, face à la conquête de l'espace, ou face à l'énergie nucléaire, ou face à un raz-de-marée, on peut se demander quels sont les rêves ou les cauchemars qui sous-tendent les explications simples que nous en avons.

Il importe de faire comprendre aux élèves que chaque choix de modèle simple, de même que chaque rêve ou cauchemar, est lié à un projet explicite ou implicite.

Par exemple, encore, dans l'école, ce pourrait être un cauchemar que la vie scolaire ne soit faite que de modèles simples ou même simplistes. Ou, à l'inverse, ce serait un cauchemar si l'enseignement n'était fait que de modèles compliqués et très savants. Un rêve pourrait être que les élèves parviennent à se faire rapidement une idée globale de ce qu'on leur demande.

Des exemples de définitions d'un modèle simple qui pourraient résulter de tout cela sont :

- un modèle compréhensible par les non spécialistes (inspiré par le projet de démocratisation du savoir)
- une explication qui utilise des mots rencontrés par tout le monde
- une manière de parler qui simplifie les explications scientifiques
- etc.

Lorsqu'une définition spontanée aura été enrichie d'une série d'exemples concrets de ce genre, on pourra passer aux mini-récits relatifs aux multiples situations concernées.

Etape 3. Raconter une série de situations où « savoir inventer et utiliser des modèles simples » peut être utile. Etablissement d'une relation d'analogie entre ces situations.

Il importe de faire un assez long échange de façon à ce que les élèves perçoivent que les situations qu'ils peuvent modéliser sont extrêmement nombreuses. En voici une série (assez longue, de façon à ce que le lecteur puisse en trouver qui rejoigne ses intérêts) :

- On se demande, face à un ascenseur, s'il faut pousser sur le bouton « flèche vers le haut » ou « flèche vers le bas » pour éviter de faire arrêter l'ascenseur pour rien.
- On se demande pourquoi le ciel est rouge le soir car c'est intrigant.
- On se demande pourquoi on fait souvent des tables à trois pieds pour servir de table de jardin.
- Parce qu'on a envie de bien écouter, on se demande pourquoi, quand l'interlocuteur reflète ce qu'on a dit et les émotions qu'on a, on se sent en confiance.
- Quelqu'un s'est fâché après qu'on l'a traité de « voleur » et essaie de comprendre pourquoi.
- Comprendre pourquoi quelqu'un, qui a eu un père très sévère, est, en général, fort sévère pour ses enfants.
- On veut comprendre le mécanisme du copier coller parce qu'on se rend compte que cela peut servir dans différents types d'ordinateur.
- On se demande pourquoi une cruche en grès poreux est plus intéressante qu'une cruche en métal s'il s'agit de maintenir de l'eau bien fraîche.
- Un médecin spécifie qu'il ne faut pas arrêter un traitement d'antibiotique avant la fin, mais j'ai aussi entendu dire qu'il fallait éviter de prendre trop d'antibiotiques.
- Pour éviter de faire des montages techniques qui ne fonctionneront pas, on se demande pourquoi certaines pompes ne peuvent marcher que si le puits n'atteint pas dix mètres de profondeur.
- Pour une campagne de publicité, on se demande pourquoi et dans quel contexte, le bikini est plus sexy que la nudité.
- Parce qu'on est intrigué, on se demande pourquoi Tintin sur la lune sautait beaucoup plus haut que sur terre.
- Une militante contre le machisme se demande pourquoi beaucoup d'hommes sont plus forts que la moyenne des femmes.
- Lors de l'établissement d'un profil d'engagement, on se demande pourquoi un ingénieur dit souvent que son boulot est plus difficile que celui du physicien.
- Parce qu'on a perdu ses allumettes, on se demande pourquoi un papier sous la loupe prend feu.
- Quand on demande de ne pas battre le rythme dans une tribune, on se demande pourquoi c'est dangereux.
- Dans le cadre de son procès contre le producteur de son four à micro-ondes, on se demande pourquoi une dame a eu une drôle de surprise en mettant sécher son chien dans un four à micro-ondes.
- En essayant une recette de cuisine, on se demande pourquoi la côtelette a brûlé.
- A la lecture d'une poésie, on se demande pourquoi, quand les blés sont mûrs, ils sont dorés.
- Pour la préparation d'une salade en période chaude, on se demande comment on fait une vinaigrette qui ne va pas tourner à la chaleur.

- Intrigué par la formation des bulles, on se demande comment l'eau bout.
- Alors qu'on a appris à l'école que les objets plus lourds que l'air tombent, on se demande comment un avion peut voler.
- Alors que la force de pesanteur qui s'exerce sur un satellite est pratiquement la même sur terre que sur son orbite, on se demande pourquoi il ne tombe pas sur la terre.
- Pour augmenter la production des vaches laitières, on se demande comment l'herbe mangée se transforme en lait que nous buvons.
- Entendant parler tout le temps d'inflation, on se demande comment les économistes définissent ce phénomène.
- On est brûlé en prenant de l'acide et on veut comprendre pourquoi on dit que c'est une brûlure.
- Un copain ayant le sida, on se demande ce que c'est : faut-il le regarder d'abord comme un phénomène biologique ou comme un phénomène psychosocial ?
- Passionné par la poésie moderne, on se demande comment les gens ont pu aimer les sonnets.
- Un adolescent amoureux se demande ce qu'on appelle une amitié, de l'amour, ou de l'égoïsme.
- Rentrant de la mer et entendant toujours son bruit quand on met un gros coquillage contre l'oreille, on s'interroge sur ce phénomène.
- Pour apprendre à écouter, on veut comprendre ce qu'on veut dire par refléter ce que l'autre a exprimé.
- Après avoir peint ma chambre en rouge, je me demande pourquoi on dit que certaines couleurs sont agressives et d'autres apaisantes.
- Sachant qu'un avion utilise la force de son moteur pour se tenir dans l'air, je me demande pourquoi un satellite ne tombe pas quand il n'a plus de moteur.
- Ayant compris qu'il y a des choix techniques et d'autres politiques, on se demande les raisons qui ont fait que les Français ont mis leur base spatiale en Guyane.
- Pour pouvoir comprendre ce que le journal dit, je me demande ce qu'on appelle une dépression économique.
- Ayant lu une notice explicative, je me demande pourquoi il ne faut pas mélanger deux déboucheurs de WC.
- Mon surgélateur ayant été débranché pendant deux jours, je me demande pourquoi on conseille de ne pas regeler de la nourriture décongelée.
- Après avoir été grondé à ce propos, je demande pourquoi il ne faut pas mettre quelque chose de chaud dans le surgélateur.
- Après avoir fait du jardinage avec une brouette, je me demande pourquoi il vaut mieux tirer que pousser un caddy ou une brouette quand on veut passer une bordure ou quand on se trouve sur un terrain fort irrégulier.
- Après avoir vu les événements de mai 68 au cours d'histoire, je me demande ce qu'on appelle un mouvement de masse.
- Quand on veut verser de la confiture qu'on vient de préparer dans des petits récipients, pourquoi est-il pratique de faire d'une bouteille en plastique un entonnoir.
- Après une visite des sources de Spa, quand on veut comprendre la différence de perméabilité des sols.
- Ayant reçu une casserole à pression en cadeau, je me pose la question de son fonctionnement.
- Suite à une remarque du pharmacien, on veut comprendre pourquoi il faut prendre certains médicaments avant ou après le repas, ou à une heure précise.

- Ayant observé l'eau qui s'écoule de la baignoire, on se demande comment elle tourbillonne.
- Comment faire fonctionner le percolateur que je viens d'acheter.
- En entendant toujours parler de la guerre en Irak, on désire comprendre la défaite des Etats-Unis au Vietnam.
- Une ménagère se demande pourquoi les casseroles sont en métal.
- Pourquoi on dit que les casseroles de cuivre font de meilleures confitures.
- Je veux entamer un régime et je désire savoir comment certains aliments sont des « mangeurs de graisse ».
- Quand on veut comprendre pourquoi les gens sont étonnés quand on utilise un sécateur comme coupe-ongle.

Le but de cette étape est de faire comprendre aux élèves qu'on peut modéliser l'ensemble des situations qui se présentent quotidiennement et à l'école.. Certaines de ces situations se rapportent à l'action : il faut se trouver une représentation de ce qu'on va faire ; d'autres se rapportent à un souhait culturel : on désire trouver un modèle explicatif.

Etape4. Approfondir l'analyse de la compétence sur un cas particulier en prenant en compte la dimension affective.

Choisissons une situation parmi les précédentes : « Comment l'électricité chauffe-t-elle un aliment dans un four à micro-ondes ? », et tâchons de répondre à cette interrogation d'ailleurs liée à une série de situations relatives au four à micro-onde comme celles-ci :

- Après avoir complètement desséché une tranche de pain dans un four à micro-ondes, on se demande comment l'électricité y chauffe les aliments ?
- Comme je dois souvent faire un repas rapidement, je me demande quand et pourquoi il est plus pratique et plus rapide de cuire une patate au four à micro-ondes que dans une casserole remplie d'eau ?
- Ayant entendu dire qu'on peut, dans certaines occasions, mettre du fer dans un four à micro-ondes, on se demande quelles sont ces occasions ?
- Après avoir vu un œuf exploser dans un four à micro-ondes, on se demande pourquoi ?
- Avant d'acheter et d'utiliser un four à micro-ondes, on se demande quelles en sont les règles de fonctionnement.

Il est probable que beaucoup d'élèves ne savent pas trop bien comment réagir.

Un certain nombre diront qu'ils n'ont aucune connaissance et ne pensent même pas qu'ils pourraient avoir une réponse : pour eux, construire un modèle simple, ou en recevoir un, ne leur vient pas à l'esprit. Automatiquement, ils pensent fonctionner à la recette. Ils « savent » qu'il ne faut pas mettre de l'inox dans le four à micro-ondes mais ils ne savent pas pourquoi - ce qui fait qu'ils n'osent pas en mettre, même dans les situations où cela ne poserait aucun problème.

Quelques élèves diront sans doute qu'ils ont entendu que cela avait quelque chose à voir avec l'eau des aliments qu'il faut cuire. Mais il est probable qu'aucun ne parviendra à aller beaucoup plus loin. Il faudra qu'ils aillent trouver quelqu'un qui s'y connaît ou lire un article, ou un mode d'emploi. Là, ils peuvent plus ou moins bien tomber. Il est à craindre en

effet que le physicien qu'ils auraient été trouver les embarque dans des théories telles qu'ils estiment qu'il vaut mieux ne pas essayer de comprendre.

Parfois, suite à leur demande insistante, le physicien consent à utiliser des mots simples. Mais il y a des cas où c'est peine perdue : les élèves n'obtiendront rien des spécialistes des disciplines. Peut-être se tourneront-ils alors vers un praticien de la question : un(e) cuisinier(ère). Suivant leur chance, elle leur indiquera que cela a quelque chose à voir avec des ondes et de l'eau. Il est possible aussi qu'elle les renverra en disant qu'il faut savoir faire marcher un appareil sans vouloir tout comprendre. Finalement, ils trouveront peut-être quelqu'un qui parviendra à leur faire comprendre que cela a à voir avec des électrons qui secouent la nourriture à chauffer. S'ils vont raconter cela, tout fiers, à leur physicien, ils risquent de se faire renvoyer avec la remarque que ce ne sont pas les électrons qui secouent, mais des ondes électromagnétiques et que, de toute façon, c'est trop compliqué pour eux... jusqu'au jour où ils rencontrent quelqu'un qui veut bien leur parler. S'ils n'ont pas été trop déçus par leur expérience précédente, ils seront prêts à écouter. Pourtant ce n'est pas sorcier ...

Le four à micro-ondes fonctionne grâce à un appareil qui émet des ondes électriques des milliers de fois par seconde. Les ondes d'un four à micro-ondes sont un peu comme la lumière : elles traversent certains matériaux (comme la lumière traverse le verre) et d'autres pas. Par exemple, les micro-ondes du four traversent fort bien la porcelaine, une bonne partie des plastiques, mais elles sont absorbées par l'eau et les conducteurs (comme le fer ou le cuivre). Résultat des courses : les objets qui contiennent de l'eau ou des métaux reçoivent l'énergie des ondes qu'ils absorbent ; ils chauffent tandis que les matériaux qui laissent passer les micro-ondes restent froids. Par conséquent, on ne parviendra pas à chauffer une assiette en porcelaine, mais la soupe qu'elle contient chauffera. De plus, on mettra les aliments sur un plateau tournant pour les exposer tous aux ondes (mais le centre recevra moins de chaleur parce que les ondes seront déjà absorbées par les aliments tout autour).

Toutes ces considérations peuvent amener la classe à s'intéresser à la raison pour laquelle on ne peut pas cuire un œuf dans sa coquille au micro-ondes.

Le modèle explicatif est beaucoup plus simple que le précédent. L'eau de l'œuf va chauffer et, assez vite, produira de la vapeur. Celle-ci occupe beaucoup plus de place que l'eau liquide ; elle va faire pression sur la coquille jusqu'au moment où l'œuf éclatera. Il en ira de même d'une patate à moins que l'on ait eu la précaution de percer sa peau de trous.

Pour tester ce modèle, on peut procéder à quelques expériences du genre de celles suggérées au paragraphe précédent pour voir si le modèle fonctionne de façon satisfaisante.

A la fin de ces explications, le lecteur peut aussi avoir un test de sa compétence du bon usage des modèles simples. Si très vite il a abandonné de comprendre en disant qu'il n'y arrivera jamais, cela pourrait être un indicateur de ce qu'il a une difficulté affective à s'approprier des modèles simples. Cependant, il ne s'agit que d'un indicateur et non d'un diagnostic car il pourrait y avoir beaucoup d'autres raisons de ne pas vouloir conceptualiser le fonctionnement du four à micro-ondes. Ce serait d'ailleurs assez opprimant de vouloir forcer les gens à conceptualiser tout ce qu'ils font ou voient. Tout le monde fonctionne parfois à la recette et c'est bien ainsi. Être compétent dans le bon usage des modèles simples n'implique pas que l'on doive toujours s'acharner à comprendre ce que l'on fait.

Autre exemple : comment comprendre par un modèle simple pourquoi, quand l'interlocuteur reflète ce qu'on a dit et les émotions qu'on a, on se sent en confiance. Ce modèle pourrait être exprimé comme ceci : « On a confiance quand on se sent compris ; sinon on a tendance à se méfier. Pour que quelqu'un se sente compris, il sera important que la personne qui veut inspirer la confiance veille à ré-exprimer à l'autre ce que celui-ci lui a dit, d'une façon la plus objective possible. Cependant ce « reflet » ne peut se limiter à être littéral ou mécanique car un tel reflet ne communique guère que l'on ait compris ce que l'autre ressentait. Il faut aussi refléter les sentiments qui ont été manifestés.»

Etape 5. Se donner une définition plus affinée de la compétence (la conceptualiser et poser des attributs et indicateurs)

En utilisant ce qui est déjà apparu dans les étapes précédentes, et notamment dans le cas qui a été développé à l'étape 4, on peut arriver à quelques attributs pouvant représenter la compétence que nous étudions.

- Identifier le projet qui sous-tend l'usage du modèle simple (dans le cas du four à micro-ondes, c'est l'utilisation de celui-ci pour la cuisson ou le réchauffement des aliments qui est central).
- Avoir assez d'audace pour inventer une représentation ou pour utiliser (et généralement aussi adapter) un modèle qui existe déjà ailleurs. Dans ce cas-ci, on a emprunté à la physique quelques principes utiles au projet.
- Avoir le courage de se poser des questions
- Tester la représentation obtenue (le modèle simple) en fonction du projet que l'on a.
- Avoir une précision adéquate au projet et refuser les complications quand elles n'apportent rien (par exemple, il n'y a, dans ce cas-ci, guère d'intérêt à distinguer entre l'inox et d'autres conducteurs).

Ainsi, on s'est donné cinq attributs et on peut dire que, s'ils décrivent suffisamment ce qui se passe pour ce qu'on veut faire, c'est une modélisation valable. Nous avons obtenu ces 5 attributs en examinant le cas particulier du réchauffement dans un four à micro-ondes ; il faut maintenant tester ce modèle pour voir s'il est transférable à la plupart des situations que nous avons évoquées.

Etape 6. Tester la pertinence de la définition

Pour tester la représentation qu'on vient d'exposer, prenons le cas où l'on se demande pourquoi un satellite ne retombe pas sur terre.

Pour le premier attribut, on précise le projet qui sous-tend la question. Il s'agit d'éliminer le paradoxe du satellite qui semble ne pas obéir aux lois de la chute des corps. Ce que l'on recherche donc, c'est une représentation du phénomène qui explique cette apparente contradiction. Un certain nombre de personnes préféreront en rester là et abandonneront la recherche d'une solution.

Pour mettre en pratique le deuxième attribut, on peut constater que, souvent, face à cet exemple, un élève plus audacieux que les autres proposera l'idée que le satellite est si loin de la terre qu'il n'est pratiquement plus dans son champ d'attraction. Cette solution est tout à fait

plausible mais, en interrogeant un physicien, les élèves apprendront vite que le satellite est encore dans le champ de la pesanteur et que la force de celle-ci est presque la même sur la terre et à quelques milliers de kilomètres de plus. Il faut donc laisser de côté cette solution et en chercher une autre. Il se peut alors que certains élèves abandonnent la recherche et soient prêts à accepter le fait sans comprendre. Ils ont eu suffisamment d'audace pour proposer un modèle mais manquent de persévérance. Le fonctionnement de ce test peut alors nous faire prendre conscience de ce qu'il ne faut pas seulement l'audace mais aussi la persévérance. Ce qui amènera à corriger le second attribut qui deviendra « avoir assez d'audace et de persévérance pour inventer une représentation ou pour utiliser (et généralement aussi adapter) un modèle qui existe déjà ailleurs. »

Le troisième attribut (avoir le courage de se poser des questions) vaut pour toute recherche de modélisation qui ne soit pas trop naïve.

Le quatrième attribut renvoie à des tests de comparaison avec des écrits dans une revue ou une encyclopédie, ainsi qu'à la consultation de spécialistes.

Le cinquième attribut concerne l'adéquation du modèle produit (sa suffisance et sa simplicité) face au destinataire du modèle, au projet qu'on a et au contexte.

Ce test nous ramène au problème déjà cité « inventer ou découvrir un modèle adéquat ». Il se pourrait que les élèves trouvent un physicien qui, maîtrisant cette compétence, leur refile un modèle approprié (cela pourrait se faire en considérant que le satellite tomberait en ligne droite s'il n'avait pas une grande vitesse transversale qui fait qu'il tombe toujours à côté de la terre). Ce modèle, pourtant, demande sans doute à être repris et simplifié et, pour cela, on peut considérer une colline à partir de laquelle quelqu'un pourrait lancer une pierre. Celle-ci amorcera une trajectoire à partir du sommet de la colline. La pierre que lance le personnage serait tombée beaucoup plus vite sur terre si elle n'avait pas commencé à suivre la courbe de la pente.

Cet exemple test montre qu'il y a moyen de maintenir les attributs face à plusieurs tests et l'exemple de la pierre lancée de la colline éclaire ce qui se passe pour le cas étudié. Il indique, entre autres, qu'une représentation très simple peut tenir la place du phénomène de la trajectoire du satellite qui paraissait si compliqué. La difficulté que l'on peut éprouver en essayant de tester le modèle que nous avons représenté par les 5 attributs ci-dessus indique qu'il n'est pas toujours facile d'inventer un modèle simple pour certaines situations. Elle montre aussi que la capacité de modéliser de multiples situations dépend en bonne partie de la manière dont on maîtrise certains cas semblables.

Ayant sélectionné quelques attributs de la compétence, comment trouver une série d'indicateurs pour chaque attribut lorsqu'on est confronté à une situation précise ? Nous le ferons en considérant la modélisation du fonctionnement physique d'un four à micro-ondes pour l'utilisateur, pour la modélisation d'une ville par un touriste et pour l'utilisation d'un fax à l'usage d'une équipe, comme nous le montre le tableau qui suit. Il ne s'agit, évidemment pas, d'une modélisation complète mais d'une illustration de la façon dont les attributs restent généraux, tandis que les indicateurs sont marqués par des particularités des situations. Le tableau réalisé est à prendre de façon purement exemplative, il veut uniquement indiquer le genre de « bidule » qu'est un indicateur relatif à un attribut. Notons qu'un indicateur étant un événement « indiquant » la façon dont un attribut apparaît dans le cas particulier, c'est en examinant les attributs qu'on repèrera des indicateurs.

Attributs	Indicateur(s) four à micro-ondes	La ville modélisée pour un touriste qui veut la visiter et qui a des intérêts spécifiques.	Modéliser l'usage du fax par une équipe : « utiliser le fax, pour cette équipe, de qui s'agit-il ? »
Identifier le projet	On s'est informé sur l'usage habituel d'un four à micro-ondes. On a fait une liste des questions suscitées par l'usage du four à micro-ondes.	On a fait une liste des intérêts touristiques les plus marquants de ce touriste. On s'est informé de la manière dont il entendait se déplacer : transports publics voiture, autrement...	La description produite concerne aussi bien des aspects sociaux du fax que son fonctionnement physique. Le projet implique qu'on obtienne une certaine capacité d'intervention technique sur le fax et que l'on sache quand il est préférable de faire appel à une technicienne ou un technicien.
Audace, persévérance, adaptation pour inventer	On a essayé des explications simples et compréhensibles pour nous.	On n'a pas eu peur de sélectionner ce qui paraissait important pour lui.	On s'est rendu compte que la description marque la politique de l'équipe 10.
Poser des questions	On a interrogé un physicien, un ingénieur, un cuisinier et un commerçant... On a fait une liste des questions soulevées.	On a interrogé un ami du touriste. On a consulté un guide touristique.	On a interrogé tous les membres de l'équipe. On interroge un spécialiste de l'information.
Tester	On a expliqué à un physicien comment nous comprenions le fonctionnement. On a fait deux ou trois expériences guidées par le module.	On a fait une visite de la ville avec les documents produits pour lui. On a discuté avec lui pour voir si le choix lui convenait.	On regarde le fonctionnement de l'équipe pour vérifier que cela correspond à la description du fonctionnement du fax.
Précision adéquate	On a cherché une précision qualitative.	On n'a pas essayé de tout planifier et on	On a pris une décision concernant

¹⁰ L'accès à un fax programme une série de relations au pouvoir dans une équipe.

	On ne s'est pas intéressé à la loi de la gravitation universelle.	lui a produit des documents de façon à ce qu'il conserve de l'initiative.	la longueur du document produit. On ne s'est pas intéressé à la technique du fax.
--	---	---	---

Etape 7. Elargir l'usage de la compétence à d'autres situations et trouver des compétences semblables

L'extension du champ d'application du modèle qui nous concerne (i.e. du bon usage du modèle simple) est immense, car on peut pratiquement conceptualiser n'importe quoi qui peut être objectivé. A cette étape il peut être bon de faire l'exercice consistant à reprendre les situations évoquées aux premières étapes et d'en construire une représentation.

On pourra ainsi voir que les compétences « pouvoir mettre en récit », « faire un schéma ou un dessin » et « observer » sont pratiquement des formes d'invention de modèles simples. Pour s'en convaincre, on peut faire un exercice consistant à construire un modèle simple d'une casserole à pression, et ensuite à mettre en récit son fonctionnement, et enfin à observer celui-ci.

Pour ce groupe de compétences, des attributs semblables peuvent être posés :

- identifier le projet qui sous-tend l'usage du modèle simple (du récit, de l'observation) ;
- avoir assez d'audace pour inventer (ou emprunter) une représentation (un récit ou un protocole d'observation) ;
- tester le modèle simple obtenu, (le récit, le protocole d'observation) en fonction du projet que l'on a ;
- avoir une précision adéquate au projet et refuser les complications quand elles n'apportent rien.

Finalement, la construction d'une représentation d'une situation revient à donner une réponse aux questions : « De quoi s'agit-il ? » ou « Que s'est-il passé ? » ou « Qu'a-t-on pu observer ? » Pour y répondre de façon plus approfondie, on peut aussi utiliser la méthode des îlots¹¹.

Un excellent exercice consisterait à travailler une série de situations qu'il est possible de conceptualiser. On peut espérer ainsi que modéliser presque automatiquement des situations dans lesquelles on est impliqué devienne un savoir être.

Et les mêmes approches s'avèrent aussi adéquates dans l'apprentissage des disciplines . Il est possible, par exemple, de se donner un modèle simple de la question royale en Belgique ou de la fin du règne de Louis XVI, de se représenter la démographie mondiale, de faire un dessin d'une cellule animale, de schématiser la circulation sanguine, de comprendre le système immunitaire, de raconter la vie d'Einstein ou de tout autre personnage célèbre... Il s'agit chaque fois d'inventer un modèle simple.

¹¹ Cf. Maingain A., Dufour B., Fourez G. : *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*, ed. De Boeck, Bruxelles, 2002.

Etape 8. Evaluer dans une perspective formative ce qu'on a appris et estimer le chemin à parcourir encore

Il y a deux types d'évaluations possible. La première portera sur l'intérêt des modèles inventés par rapport aux projets que l'on poursuit ; pour cela il faut tester ces modèles comme on l'a indiqué plus haut. Pour cette évaluation, il est possible de regarder en détail la différence d'attitude qui pourrait être survenue chez les élèves suite aux parcours de ces étapes. L'évaluation dont on parle ici peut concerner aussi bien les progrès des individus que ceux d'une équipe.

Un exercice d'évaluation peut être de décrire plusieurs comportements face à une difficulté et de répartir ceux-ci en deux. D'une part, ceux qui ont été abordés par l'élève par une prescription et d'autre part, ceux qui ont été conceptualisés. Par exemple, la règle de l'accord du participe passé dans la langue française peut être donnée de façon prescriptive et algorithmique, ou peut être modélisée. La prescription serait que l'accord se fait avec le complément direct dans la mesure où celui-ci précède l'auxiliaire « avoir ». Par exemple : « les notes de cours que j'ai perdues ». Une modélisation s'exprimerait en explicitant les mécanismes de la langue. Ainsi l'accord se fait parce qu'on peut re-écrire la phrase sous la forme : « mes notes de cours sont perdues ». Au contraire, le bout de phrase : « les personnes à qui j'ai écrit » n'aura pas d'accord parce qu'une autre formulation donnerait quelque chose comme : « j'ai écrit à des personnes et elles ... ». Le premier exemple donne une prescription tandis que le second construit un petit modèle.

Un autre exemple viendrait de la façon d'indiquer le chemin. Pour expliquer comment on quitte un chalet situé sur une colline pour rejoindre la ville proche. Le mode prescriptif dirait : « tournez à gauche au carrefour, au suivant encore à gauche, et puis à droite, et puis encore à droite, jusqu'au moment où vous rencontrez la grande route. Une réponse plus conceptualisée pourrait être : « Descendez toujours jusqu'au moment où vous trouverez la grande route qui longe la rivière. » La seconde manière consiste à transmettre un modèle représentant la route à suivre. Il permet de comprendre et de se faire une image. Tandis que le premier n'est que recette.

Etape 9. Développer une métacognition

A travers toutes les étapes précédentes il importe de prendre conscience de la façon dont on construit le savoir. Cette étape recommande un regard rétrospectif au cas où, emporté par la tâche, on ait oublié d'avoir l'œil sur la façon dont on travaillait.

Etape 10. Certifier

Il n'est pas facile d'établir les critères pour une évaluation certificative de la maîtrise que les élèves ont de cette compétence. Et dans la mesure où les chemins du savoir sont mal standardisés, une évaluation certificative sera toujours ambiguë. Cependant il est possible de reconnaître une différence entre ceux et celles qui, face à une situation, en imaginent

immédiatement une modélisation et ceux qui cherchent presque uniquement des prescriptions plutôt que des conceptualisations. Il est possible aussi d'examiner si l'on a des indicateurs des attributs que nous avons mis en évidence.

Exercices.

1. Mettre en modèle simple un chien découvrant un chevreuil (ou « mettre cela en récit » ou « l'observer ») et examiner ensuite si l'on a identifié le projet qui porte cette modélisation, si on a usé d'audace et de persévérance, si on a posé des questions, si l'on a testé la représentation construite.
2. Observer diverses attitudes (par exemple : jalousie, avarice, honnêteté, précision, tester, ...) et les mettre en modèle simple ou en récit.
3. Observer diverses pratiques disciplinaires et les mettre en modèles simples ou en récits.
4. Se donner un modèle simple pour dépasser le stade de la recette : « On ne peut arrêter un traitement d'antibiotiques avant terme ».
5. Dans chacune de disciplines, repérer quelques modèles simples intéressants permettant une compréhension d'un phénomène. Par exemple :
 - en morale un modèle simple du vol
 - en religion, un modèle simple du baptême
 - en géographie, un modèle simple d'une carte
 - en histoire un modèle simple de la révolution française
 - en latin un modèle simple de l'ablatif absolu
 - en grec, un modèle simple de l'aoriste
 - en français un modèle simple d'une dissertation
 - en géométrie, un modèle simple de la tangente
 - en science, un modèle simple d'une fleur, d'une réaction chimique, de la chaleur
 - en éducation physique, un modèle simple de la fatigue
6. Discuter des relations entre la production de modèle simple et différents types de popularisation (appelée parfois aussi vulgarisation) des savoirs.