

FAIT, MODÈLE, HYPOTHÈSE

Guide de rigueur épistémologique pour l'enseignement des sciences

À destination des enseignants du primaire et du collège — Espace francophone

« L'éducation scientifique ne consiste pas à transmettre des certitudes, mais à former des esprits capables de distinguer ce que l'on sait de ce que l'on suppose. »

Avant-propos

Ce guide s'adresse aux enseignants de sciences, d'histoire et de philosophie du primaire et du collège dans l'espace francophone. Il n'a pas pour but de remettre en cause l'enseignement des sciences, mais de l'améliorer en réintroduisant une distinction fondamentale que les manuels scolaires ont progressivement effacée : **la différence entre un fait observé, un modèle explicatif et une hypothèse non vérifiée.**

Cette distinction n'est pas une opinion. C'est le fondement même de la méthode scientifique, tel qu'il est enseigné dans toute faculté d'épistémologie et dans tout cursus de philosophie des sciences. Pourtant, une analyse attentive des manuels scolaires révèle que cette frontière est régulièrement franchie : des modèles sont présentés comme des faits, des hypothèses comme des certitudes, des consensus comme des preuves.

Ce guide propose des outils concrets pour corriger ces raccourcis — sans rejeter les modèles enseignés, mais en les présentant pour ce qu'ils sont réellement.

Ce que ce guide est : - Un outil pédagogique pour enseigner avec plus de rigueur - Un recueil d'exemples sourcés issus de la littérature scientifique - Un ensemble de fiches pratiques prêtes à l'emploi en classe

Ce que ce guide n'est pas : - Un plaidoyer pour ou contre un modèle particulier - Un document militant ou idéologique - Une remise en cause de l'enseignement des sciences en tant que tel

PARTIE 1 — LE PROBLÈME

1.1 Quand les manuels confondent fait et interprétation

Ouvrons un manuel de sciences de cycle 3 ou 4 au hasard. Nous y trouverons des formulations comme :

« La Terre est attirée par le Soleil grâce à la force de gravité. »

« La gravité est la force qui fait tomber les objets. »

« Ératosthène a prouvé que la Terre est ronde il y a 2 200 ans. »

« L'Univers est né il y a 13,8 milliards d'années lors du Big Bang. »

Ces phrases ont un point commun : **elles présentent des interprétations comme des faits établis**. Analysons-les une par une.

« **La gravité fait tomber les objets** » — Ce que nous observons, c'est que les objets tombent. C'est un fait reproductible. Que ce phénomène soit causé par une « force » (Newton), par une « courbure de l'espace-temps » (Einstein) ou par un autre mécanisme est une interprétation. Richard Feynman, prix Nobel de physique, l'a dit sans ambiguïté :

« Il est important de réaliser que dans la physique d'aujourd'hui, nous n'avons aucune connaissance de ce qu'est l'énergie. » — Richard Feynman, *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. I, chapitre 4 (1963)

Et concernant la gravité spécifiquement :

« Jusqu'à présent, personne n'a pu donner une description adéquate du mécanisme derrière la loi de la gravité. » — Richard Feynman, *The Character of Physical Law* (1965)

« Ératosthène a prouvé que la Terre est ronde » — Ce qu'Ératosthène a réellement fait, c'est mesurer la différence d'angle de l'ombre du Soleil entre Alexandrie et Syène au solstice d'été. Il en a déduit une circonférence. Mais son expérience repose sur un présupposé : que les rayons du Soleil arrivent parallèles sur Terre, ce qui n'est vérifié que si le Soleil est très loin. Si le Soleil est plus proche, les mêmes mesures produisent des résultats différents. Thomas Heath, historien des mathématiques grecques, note cette dépendance au postulat dans *A History of Greek Mathematics* (Oxford, 1921). Le mot juste n'est pas « prouvé » mais « estimé, dans le cadre d'un modèle donné ».

« L'Univers est né il y a 13,8 milliards d'années » — Le Big Bang est un modèle cosmologique. Il repose sur l'interprétation du décalage vers le rouge comme preuve d'expansion. Mais en 2023, le télescope James Webb a observé des galaxies pleinement formées à des distances qui posent problème au modèle standard. L'astrophysicien Allison Kirkpatrick (Université du Kansas) a déclaré au magazine *Nature* :

« Ça me donne un peu la panique. [...] Nous appelons ça le problème de l'Univers impossible. » — *Nature*, 614, 2023

Le problème n'est pas d'enseigner le Big Bang. C'est de l'enseigner comme un fait, alors que ses propres partisans reconnaissent des tensions majeures.

1.2 Pourquoi c'est un problème pédagogique

L'enjeu n'est pas anecdotique. Quand un élève apprend qu'une hypothèse est un fait, trois choses se produisent :

1. **Il perd la capacité de distinguer les niveaux de certitude.** Il met sur le même plan « l'eau bout à 100°C au niveau de la mer » (fait reproductible) et « l'Univers est en expansion accélérée » (interprétation de données dans un cadre théorique).
2. **Il apprend un rapport d'autorité à la science, pas un rapport de méthode.** Il croit la science parce que le professeur le dit, pas parce qu'il comprend la démarche qui a produit la connaissance. C'est l'exact opposé de l'esprit scientifique.
3. **Il ne sait pas quoi faire quand le modèle change.** Or les modèles changent. Le phlogistique a été remplacé par l'oxydation, l'éther luminifère a été abandonné, la génération spontanée a été réfutée, les continents « fixes » sont devenus des plaques tectoniques. Un élève à qui on a enseigné des modèles comme des faits est intellectuellement démuné quand le paradigme change.

Le physicien et philosophe Thomas Kuhn a documenté ce mécanisme dans *La Structure des révolutions scientifiques* (1962) : les modèles scientifiques ne sont pas des vérités progressives mais des paradigmes qui se succèdent, parfois de manière discontinue.

1.3 Ce que disent les didacticiens des sciences

Ce guide n'invente rien. La confusion entre fait et modèle dans l'enseignement est un problème identifié et documenté par les spécialistes de la didactique des sciences :

André Giordan, professeur de didactique des sciences à l'Université de Genève, a consacré une grande partie de ses travaux à montrer que l'enseignement des sciences transmet souvent des « conceptions-obstacles » — des formulations simplifiées qui empêchent la compréhension réelle. Son ouvrage *Apprendre !* (Belin, 1998) reste une référence.

Gérard De Vecchi et Nicole Carmona-Magnaldi, dans *Faire vivre de véritables situations-problèmes* (Hachette Éducation, 2002), insistent sur la nécessité de présenter les savoirs scientifiques comme des réponses à des questions, et non comme des vérités tombées du ciel.

Le programme de philosophie des sciences de terminale (France) demande explicitement d'aborder « la distinction entre théorie et expérience » et « le statut des hypothèses scien-

tifiques ». Mais si cette distinction n'est jamais faite au primaire et au collège, l'élève arrive en terminale avec 10 ans de certitudes mal fondées.

PARTIE 2 — LES CONCEPTS CLÉS

2.1 Le vocabulaire de la rigueur

Voici les termes que tout enseignant de sciences devrait manier avec précision :

TERME	DÉFINITION	EXEMPLE	NIVEAU DE CERTITUDE
Fait (ou observation)	Ce qui est directement observé ou mesuré, reproductible	Les objets lâchés tombent vers le sol	★★★★★
Loi empirique	Régularité mathématique décrivant des faits, sans les expliquer	La loi de la chute des corps (Galilée) : $d = \frac{1}{2}gt^2$	★★★★☆
Modèle	Représentation simplifiée qui organise les faits dans un cadre cohérent	Le modèle gravitationnel de Newton	★★★★☆
Théorie	Cadre explicatif large, testable, intégrant plusieurs modèles	La relativité générale	★★★★☆
Hypothèse	Proposition non encore vérifiée, formulée pour être testée	La matière noire	★★★☆☆
Conjecture	Proposition non testable en l'état actuel	L'existence du multivers	★★★☆☆
Consensus	Accord majoritaire de la communauté scientifique à un instant donné	Le modèle standard de la cosmologie	Variable

Point crucial : le consensus n'est pas une preuve. C'est un indicateur sociologique, pas épistémologique. L'histoire des sciences est remplie de consensus qui se sont révélés faux :

- **Consensus sur la génération spontanée** — réfuté par Pasteur (1861)
- **Consensus sur l'éther luminifère** — abandonné après Michelson-Morley (1887)
- **Consensus sur les continents fixes** — remplacé par la tectonique des plaques (années 1960)

- **Consensus sur l'ulcère causé par le stress** — réfuté par Marshall et Warren, qui ont montré le rôle de la bactérie *H. pylori* (prix Nobel 2005)

Dans chaque cas, le consensus était défendu avec la même assurance que celui d'aujourd'hui. Ce n'est pas un argument pour rejeter le consensus actuel — c'est un argument pour ne jamais le présenter comme une preuve.

2.2 La distinction modèle / réalité

Un modèle n'est pas la réalité. C'est une carte, pas le territoire. Le statisticien George Box l'a résumé :

« Tous les modèles sont faux, mais certains sont utiles. » — George E. P. Box, *Robustness in the Strategy of Scientific Model Building* (1979)

Cela signifie qu'on peut utiliser un modèle en classe — et on doit le faire — tout en précisant qu'il s'agit d'un modèle. Ce n'est pas une faiblesse pédagogique, c'est une force : l'élève apprend que la science est un processus, pas un catalogue de vérités.

Exemple en classe :

« La Terre tourne autour du Soleil. » « Dans le modèle héliocentrique, la Terre tourne autour du Soleil. Ce modèle permet de prédire avec précision la position des planètes. D'autres modèles ont existé. »

La seconde formulation n'est pas plus longue. Elle n'est pas moins claire. Elle est simplement plus honnête. Et elle ouvre la porte à une question passionnante pour les élèves : « Et les autres modèles, c'étaient lesquels ? Pourquoi on les a abandonnés ? »

2.3 Les trois questions à poser devant toute affirmation scientifique

Nous recommandons d'enseigner aux élèves trois questions réflexes :

1. **Est-ce une observation ou une interprétation ?**
2. « Les étoiles bougent dans le ciel la nuit » → observation
3. « C'est parce que la Terre tourne » → interprétation

4. Peut-on le vérifier soi-même ?

5. « L'eau gèle à 0°C » → oui, vérifiable en classe

6. « Le Soleil est à 150 millions de km » → non, c'est un calcul dans un cadre théorique

7. Y a-t-il d'autres explications possibles ?

8. Former les élèves à chercher des explications alternatives n'est pas du relativisme — c'est la base de la méthode scientifique. Une hypothèse ne devient robuste que quand on a éliminé les alternatives.

PARTIE 3 — ÉTUDES DE CAS

Cas n°1 — La gravité

Ce que dit le manuel : « La gravité est la force qui attire tous les objets vers le centre de la Terre. La Terre attire la Lune, le Soleil attire la Terre. »

Ce que dit la littérature scientifique :

La gravité est l'un des phénomènes les plus familiers et les moins compris de la physique. Newton n'a jamais prétendu expliquer la gravité — il l'a décrite mathématiquement. Dans une lettre célèbre à Richard Bentley (1693), il écrit :

« Que la gravité soit innée, inhérente et essentielle à la matière, de sorte qu'un corps puisse agir sur un autre à distance [...] est pour moi une si grande absurdité que je ne crois pas qu'un homme ayant une faculté de penser compétente puisse jamais y tomber. »

Einstein a proposé un cadre radicalement différent : la gravité n'est pas une force mais une courbure de l'espace-temps causée par la masse. Mais la relativité générale et la mécanique quantique — les deux piliers de la physique moderne — sont incompatibles sur ce sujet. Après un siècle de recherches, aucune théorie de gravité quantique n'a été confirmée expérimentalement.

En 2010, le physicien théoricien Erik Verlinde (Université d'Amsterdam) a proposé que la gravité n'est pas une force fondamentale mais un phénomène émergent d'origine entropique (Journal of High Energy Physics, 2011). Sa proposition reste débattue.

Ce qu'on devrait dire en classe : « Les objets tombent — c'est un fait que tout le monde peut observer. Les scientifiques utilisent des modèles pour décrire ce comportement. Newton a proposé une force d'attraction. Einstein a proposé une courbure de l'espace. Aujourd'hui encore, les physiciens cherchent à comprendre le mécanisme exact. C'est l'une des grandes questions ouvertes de la physique. »

Cas n°2 — Le système solaire

Ce que dit le manuel : « La Terre tourne autour du Soleil en 365 jours. Elle tourne sur elle-même en 24 heures. »

Ce que dit l'histoire des sciences :

Le passage du géocentrisme à l'héliocentrisme est souvent présenté comme un triomphe de la raison sur la superstition. La réalité historique est plus nuancée.

Copernic (1543) n'a pas proposé l'héliocentrisme sur la base de nouvelles observations. Son modèle ne faisait pas de meilleures prédictions que le système de Ptolémée — il était même moins précis sur certains points sans l'ajout d'épicycles. Son argument principal était esthétique : la simplicité mathématique. Il l'écrit lui-même dans le *De revolutionibus*.

Tycho Brahe, le plus grand observateur de son époque, a proposé un modèle intermédiaire (géo-héliocentrique) où les planètes tournent autour du Soleil, mais le Soleil tourne autour de la Terre. Ce modèle est mathématiquement équivalent au modèle copernicien pour toutes les observations de l'époque.

L'expérience de Michelson-Morley (1887), conçue pour détecter le mouvement de la Terre à travers l'éther, a produit un **résultat nul** — aucun mouvement détecté. Ce résultat a été si problématique qu'Einstein a dû reformuler la physique entière (relativité restreinte, 1905) pour l'expliquer. L'historien des sciences Loyd Swenson a documenté ce « résultat le plus célèbre de l'histoire de la physique » dans *The Ethereal Aether* (University of Texas Press, 1972).

L'expérience d'Airy (1871), conçue pour mesurer l'aberration stellaire causée par le mouvement de la Terre, a également produit un résultat inattendu — compatible avec une Terre stationnaire et des étoiles en mouvement. Airy lui-même a qualifié ce résultat de « failure » dans ses écrits.

Point important : Citer ces faits historiques n'est pas « nier que la Terre tourne ». C'est enseigner l'histoire des sciences telle qu'elle s'est réellement déroulée, avec ses résultats inattendus et ses débats. Un élève qui connaît ces épisodes comprend mieux la nature de la science qu'un élève à qui on dit simplement « la Terre tourne, c'est prouvé ».

Ce qu'on devrait dire en classe : « Le modèle héliocentrique est le modèle utilisé aujourd'hui pour décrire le système solaire. Il permet de prédire les positions des planètes avec une grande précision. Mais il a fallu des siècles de débats et d'expériences pour y arriver. D'autres modèles ont existé, et certaines expériences célèbres n'ont pas donné les résultats attendus. C'est comme ça que la science avance : en testant, en se trompant parfois, et en corrigeant. »

Cas n°3 — L'âge et la taille de l'Univers

Ce que dit le manuel : « L'Univers est âgé de 13,8 milliards d'années. Il est né du Big Bang. Il est en expansion. »

Ce que dit la littérature scientifique actuelle :

Le modèle du Big Bang est le modèle cosmologique standard. Mais il traverse ce que les cosmologistes eux-mêmes appellent une « crise » :

La tension de Hubble : Deux méthodes de mesure de la vitesse d'expansion de l'Univers donnent des résultats incompatibles. Les mesures locales (supernovæ, céphéides) donnent environ 73 km/s/Mpc. Les mesures du fond diffus cosmologique (Planck) donnent environ 67,4 km/s/Mpc. L'écart est statistiquement significatif (5σ en 2023) et ne s'explique par aucune erreur connue.

Le prix Nobel de physique Adam Riess a déclaré :

« Il y a quelque chose qui ne va pas. C'est soit dans nos mesures, soit dans le modèle. Et nous avons vérifié les mesures de très nombreuses façons. » — Adam Riess, conférence de presse du prix Nobel, 2023

Le problème du James Webb : Le télescope spatial James Webb (JWST) a observé en 2022–2023 des galaxies pleinement formées à des distances (décalages vers le rouge $z > 10$) où le modèle standard prédit qu'elles ne devraient pas encore exister. L'article de Labbé et al. (Nature, 2023) documente des galaxies avec des masses stellaires étonnamment élevées pour un Univers si jeune.

La matière noire et l'énergie noire : Le modèle standard nécessite que 95% de l'Univers soit composé de matière et d'énergie qui n'ont jamais été directement détectées. La matière noire (27%) n'a jamais été observée malgré des décennies de recherche. L'énergie noire (68%) est un paramètre ajouté au modèle pour expliquer l'accélération apparente de l'expansion. Comme le note le physicien Lee Smolin dans *The Trouble with Physics* (Houghton Mifflin, 2006) : quand un modèle nécessite que 95% de son contenu soit invisible et indétectable, c'est au minimum un signal d'incomplétude.

Ce qu'on devrait dire en classe : « Le modèle du Big Bang est le modèle le plus utilisé par les scientifiques pour décrire l'histoire de l'Univers. Il explique beaucoup de choses, comme le fond diffus cosmologique. Mais il a aussi des problèmes ouverts : les scientifiques n'arrivent pas à se mettre d'accord sur la vitesse d'expansion, et 95% de l'Univers prédit par le modèle n'a jamais été directement observé. C'est un modèle puissant, mais c'est un modèle — pas un fait. »

Cas n°4 — L'évolution

Ce que dit le manuel : « Les espèces évoluent par sélection naturelle. L'homme descend du singe. »

Ce que dit la littérature scientifique :

La théorie de l'évolution par sélection naturelle de Darwin est l'un des cadres les plus influents de la biologie moderne. Mais sa présentation scolaire souffre de raccourcis importants.

« **L’homme descend du singe** » — Cette phrase n’est pas dans Darwin. Ce que la théorie propose, c’est que les humains et les grands singes partagent un ancêtre commun. La distinction est importante : « descendre de » implique une lignée directe, « partager un ancêtre commun » est une hypothèse phylogénétique.

Les mécanismes au-delà de la sélection naturelle : La biologie évolutive moderne reconnaît de nombreux mécanismes en plus de la sélection naturelle : la dérive génétique, le transfert horizontal de gènes, l’épigénétique, la symbiogenèse (Lynn Margulis). Le biologiste Eugene Koonin a écrit dans *The Logic of Chance* (FT Press, 2011) que le modèle darwinien classique est « une simplification excessive de la réalité biologique ».

Les fossiles de transition : Les manuels présentent souvent des séries fossiles linéaires (du poisson à l’humain). En réalité, le registre fossile est marqué par ce que Stephen Jay Gould et Niles Eldredge ont appelé les « équilibres ponctués » (*Paleobiology*, 1977) : de longues périodes de stabilité interrompues par des changements brusques, un schéma difficilement explicable par le gradualisme darwinien classique.

Ce qu’on devrait dire en classe : « La théorie de l’évolution propose que les espèces changent au fil du temps, et que les humains et les singes partagent un ancêtre commun lointain. Ce cadre est soutenu par de nombreuses observations (fossiles, ADN, anatomie comparée). Mais les scientifiques débattent encore des mécanismes exacts : la sélection naturelle seule n’explique pas tout, et d’autres mécanismes ont été découverts. La théorie évolue elle-même — c’est ce qui en fait de la science vivante. »

Cas n°5 — La structure de l’atome

Ce que dit le manuel : « L’atome est composé d’un noyau (protons + neutrons) autour duquel tournent des électrons. »

Ce que dit la physique moderne :

Le modèle planétaire de l’atome (Bohr, 1913) — avec des électrons qui « tournent » autour du noyau comme des planètes autour du Soleil — est celui qui est enseigné au collège. Mais ce modèle est connu pour être **faux** depuis les années 1920.

En mécanique quantique, les électrons n’ont pas de trajectoire définie. Ils existent sous forme de probabilités de présence (orbitales) décrites par l’équation de Schrödinger. Wer-

ner Heisenberg a montré en 1927 (principe d'incertitude) qu'il est fondamentalement impossible de connaître simultanément la position et la vitesse d'un électron.

Pourquoi c'est un bon exemple pédagogique : C'est un cas où tout le monde accepte que le modèle enseigné est une simplification. Personne ne dit « les électrons tournent vraiment autour du noyau ». On dit « c'est un modèle simplifié pour comprendre les bases ». **Pourquoi ne fait-on pas la même chose pour les autres sujets ?** Si on peut dire « le modèle de Bohr est utile mais simplifié » pour l'atome, on peut dire « le modèle héliocentrique est utile mais c'est un modèle » pour le système solaire.

Ce qu'on devrait dire en classe : « On utilise un modèle simplifié de l'atome avec des électrons qui tournent autour du noyau. C'est pratique pour comprendre la chimie de base. Mais en réalité, les physiciens savent depuis 100 ans que les électrons ne se comportent pas comme des planètes — ils se comportent comme des probabilités. C'est un bon exemple de modèle utile mais incomplet. »

Cas n°6 — Les distances astronomiques

Ce que dit le manuel : « Le Soleil est à 150 millions de kilomètres de la Terre. L'étoile la plus proche (Proxima du Centaure) est à 4,24 années-lumière. »

Ce que dit la métrologie :

Ces chiffres sont présentés comme des mesures. En réalité, ce sont des **calculs** qui reposent sur une chaîne de méthodes indirectes, chacune dépendant de la précédente :

1. **La parallaxe** (pour les étoiles proches) : on mesure le déplacement apparent d'une étoile quand la Terre se déplace sur son orbite. Mais cette méthode présuppose que la Terre se déplace — c'est donc un raisonnement circulaire si l'on cherche à prouver ce mouvement. De plus, la parallaxe ne fonctionne que pour les étoiles les plus proches (jusqu'à quelques milliers d'années-lumière avec le satellite Gaia).
2. **Les céphéides** (pour les distances moyennes) : on utilise la relation période-luminosité de certaines étoiles variables. Cette relation a été calibrée par Henrietta Leavitt en 1912 sur les céphéides du Petit Nuage de Magellan, dont la distance a été elle-même estimée par d'autres méthodes.

3. **Les supernovæ de type Ia** (pour les grandes distances) : on suppose que toutes les supernovæ Ia ont la même luminosité intrinsèque (« chandelles standard »). Mais des études récentes remettent en question cette uniformité (Perlmutter et al., Kim et al., 2019).

Cette chaîne est appelée « l'échelle des distances cosmiques ». Chaque barreau dépend du précédent. Si le premier est biaisé, toute l'échelle l'est.

Ce qu'on devrait dire en classe : « Quand on dit que le Soleil est à 150 millions de km, c'est un calcul basé sur plusieurs méthodes indirectes. On ne peut pas tendre un mètre jusqu'au Soleil. Les scientifiques utilisent des techniques ingénieuses — mais ce sont des estimations, pas des mesures directes. Et plus on va loin, plus les estimations deviennent incertaines. »

PARTIE 4 – FICHES PRATIQUES

Comment reformuler : le tableau Avant / Après

FORMULATION ACTUELLE (MANUEL)	FORMULATION RIGOUREUSE PROPOSÉE
« La gravité est une force qui attire les objets. »	« Les objets tombent. Les scientifiques appellent ce phénomène “gravité” et utilisent des modèles pour le décrire, mais le mécanisme exact reste un sujet de recherche. »
« La Terre tourne autour du Soleil. »	« Dans le modèle héliocentrique — utilisé aujourd’hui — la Terre tourne autour du Soleil. Ce modèle permet de faire des prédictions précises. »
« L’Univers a 13,8 milliards d’années. »	« Selon le modèle du Big Bang, l’Univers aurait 13,8 milliards d’années. C’est le modèle le plus utilisé, mais certaines observations récentes le questionnent. »
« Les dinosaures ont disparu il y a 66 millions d’années à cause d’un astéroïde. »	« L’hypothèse dominante est qu’un impact d’astéroïde a contribué à l’extinction des dinosaures il y a environ 66 millions d’années. D’autres facteurs (volcanisme) ont pu jouer un rôle. »
« L’homme descend du singe. »	« La théorie de l’évolution propose que les humains et les grands singes partagent un ancêtre commun très ancien. »
« La lumière va à 300 000 km/s, rien ne va plus vite. »	« Selon la relativité d’Einstein, rien ne peut dépasser la vitesse de la lumière dans le vide. C’est un postulat fondamental du modèle, confirmé par de nombreuses expériences — mais c’est un postulat, pas une observation directe. »
« Les atomes sont composés de protons, neutrons et électrons. »	« Le modèle standard de l’atome décrit trois particules principales. Ce modèle est très utile, mais les physiciens savent qu’il est simplifié — la réalité quantique est plus complexe. »
« L’eau bout à 100°C. »	Ceci est correct tel quel — c’est un fait observable et reproductible (à pression atmosphérique normale). C’est un bon exemple de ce qu’on peut affirmer sans réserve.

Les 5 marqueurs de rigueur à introduire dans le vocabulaire de classe

1. « Selon le modèle... » — Pour introduire toute affirmation théorique

2. « **On observe que...** » — Pour introduire un fait empirique
3. « **Les scientifiques proposent que...** » — Pour les hypothèses
4. « **C'est une question ouverte.** » — Pour ce qui n'est pas résolu
5. « **On peut le vérifier / On ne peut pas le vérifier directement.** » — Pour distinguer le testable du non-testable

Activité en classe : « Fait ou modèle ? »

Durée : 30 minutes **Niveau** : CM2 — 5e **Matériel** : Cartes imprimées (ci-dessous)

Déroulement : 1. Distribuer des cartes contenant des affirmations scientifiques 2. Les élèves doivent classer chaque carte dans l'une des trois colonnes : FAIT / MODÈLE / HYPOTHÈSE 3. Discussion collective : pourquoi avez-vous classé cette carte ici ?

Exemples de cartes :

CARTE	RÉPONSE ATTENDUE	EXPLICATION POUR L'ENSEIGNANT
« L'eau gèle quand il fait froid. »	FAIT	Observable et reproductible par tous
« La Terre tourne sur elle-même en 24 heures. »	MODÈLE	Explique le cycle jour/nuit, mais le mouvement n'est pas directement ressenti
« Les dinosaures ont été tués par un astéroïde. »	HYPOTHÈSE	Hypothèse dominante mais non observée directement
« Un aimant attire le fer. »	FAIT	Observable et reproductible en classe
« Les trous noirs déforment l'espace-temps. »	MODÈLE	Prédiction mathématique de la relativité générale
« Il y a de la vie sur d'autres planètes. »	HYPOTHÈSE	Aucune preuve à ce jour, ni pour ni contre
« L'eau chaude s'évapore. »	FAIT	Observable au quotidien
« La Lune influence les marées. »	MODÈLE	Corrélation observée, mécanisme modélisé par la gravité newtonienne

Objectif pédagogique : L'élève apprend que la science contient différents niveaux de certitude, et que c'est normal — c'est même ce qui la rend passionnante.

Activité en classe : « L'expérience et l'interprétation »

Durée : 45 minutes **Niveau :** 6e — 3e **Matériel :** Un bâton, une lampe de poche, une boule (ballon), un plan (carton plat)

Déroulement : 1. Planter un bâton vertical. Éclairer avec la lampe à différents angles. Mesurer l'ombre. 2. Montrer que les mêmes ombres peuvent être obtenues : - Avec une surface courbe et une source lumineuse très éloignée (rayons parallèles) - Avec une surface plane et une source lumineuse plus proche (rayons divergents) 3. Demander : « Quelle configuration est la bonne ? Comment le sauriez-vous ? » 4. Conclure : une même observa-

tion peut être compatible avec plusieurs modèles. C'est pour ça qu'en science, on ne « prouve » pas — on teste et on élimine.

PARTIE 5 — POUR ALLER PLUS LOIN

5.1 Lectures recommandées pour les enseignants

Épistémologie et philosophie des sciences : - Karl Popper, *La Logique de la découverte scientifique* (1934) — *Le critère de réfutabilité* - Thomas Kuhn, *La Structure des révolutions scientifiques* (1962) — *Les paradigmes et leurs changements* - Paul Feyerabend, *Contre la méthode* (1975) — *Pourquoi il n'y a pas de méthode scientifique unique* - Pierre Duhem, *La Théorie physique : son objet, sa structure* (1906) — *La sous-détermination des théories par l'expérience*

Didactique des sciences : - André Giordan, *Apprendre !* (Belin, 1998) - Gérard De Vecchi, *Enseigner le vrai ou le vraisemblable ?* (Hachette, 2006) - Laurence Viennot, *Raisonner en physique* (De Boeck, 2001)

Problèmes ouverts en physique et cosmologie : - Lee Smolin, *Rien ne va plus en physique* (*The Trouble with Physics*, 2006) - Sabine Hossenfelder, *Lost in Math* (Basic Books, 2018) — *Comment la physique s'est égarée dans les mathématiques* - Alexandre Moatti, *Alterscience* (Odile Jacob, 2013) — *Histoire des sciences alternatives*

5.2 Références pour les études de cas

Gravité : - Feynman, R. *The Character of Physical Law*, MIT Press, 1965, chapitre 2 - Newton, I. *Lettre à Richard Bentley*, 25 février 1693 (disponible dans *Newton's Letters*, Cambridge UP) - Verlinde, E. « *On the Origin of Gravity and the Laws of Newton* », *JHEP*, 2011

Système solaire : - Kuhn, T. *The Copernican Revolution*, Harvard UP, 1957 - Swenson, L. *The Ethereal Aether*, University of Texas Press, 1972 - Michelson, A. & Morley, E. « *On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether* », *American Journal of Science*, 1887

Cosmologie : - Riess, A. et al. « *A Comprehensive Measurement of the Local Value of the Hubble Constant* », *ApJ*, 2022 - Labbé, I. et al. « *A population of red candidate massive*

galaxies ~600 Myr after the Big Bang », Nature, 2023 - Di Valentino, E. et al. « In the realm of the Hubble tension – a review of solutions », Classical and Quantum Gravity, 2021

Évolution : - Gould, S. J. & Eldredge, N. « Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered », Paleobiology, 1977 - Koonin, E. The Logic of Chance, FT Press, 2011 - Margulis, L. Symbiotic Planet, Basic Books, 1998

CONCLUSION

Ce guide ne demande pas aux enseignants de cesser d'enseigner les modèles scientifiques. Il leur demande de les enseigner **comme des modèles** – avec leur puissance explicative, leurs limites connues et leurs questions ouvertes.

Ce n'est pas un affaiblissement de l'enseignement des sciences. C'est son renforcement. Un élève qui sait faire la différence entre un fait et une interprétation, entre une mesure et un calcul, entre un consensus et une preuve, est un élève mieux armé pour comprendre le monde – quel que soit le modèle qu'il choisira plus tard de considérer comme le plus cohérent.

La science n'est pas un dogme. C'est une méthode. Enseignons la méthode.

« Ce qui est affirmé sans preuve peut être nié sans preuve. » – Euclide d'Alexandrie

« Le doute est le commencement de la sagesse. » – Aristote, Métaphysique

Document produit par le projet Terre Étendue Islam www.terre-etendue.com Contact : terreplane25@gmail.com

Version 1.0 – Juin 2026 Ce document est libre de droits. Il peut être reproduit, distribué et adapté librement à condition de ne pas en modifier le sens.
