



HAL
open science

Traduire la Physique

Daniel Suchet

► **To cite this version:**

| Daniel Suchet. Traduire la Physique. Écritures, 2017, Indiscipliner la traduction, 9. hal-01675746

HAL Id: hal-01675746

<https://hal.science/hal-01675746>

Submitted on 4 Jan 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Traduire la Physique

Daniel Suchet

Janvier 2017

LIA NextPV, Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo, 4-6-1 Komaba,
Meguro-ku, Tokyo 153-8904, Japan
daniel.suchet@polytechnique.org

Résumé

De la physique à la traduction l'écart peut sembler grand. Néanmoins, le physicien navigue entre trois mondes, qu'il imagine souvent séparés par des frontières bien définies : le monde réel, celui des phénomènes naturels qui constituent ses objets d'étude – le monde mathématique, dans lequel il est armés d'outils théoriques – et la société humaine, vers laquelle tendent ses efforts de diffusion de la connaissance. Réfléchir à la traduction offre un éclairage particulier sur les interactions et la hiérarchisation implicite que nous adoptons entre ces mondes et permet d'interroger des frontières que nous avons tendance à prendre pour évidentes.

LA MODÉLISATION PHYSIQUE COMME TRADUCTION DU RÉEL : DÉPERDITION OU RÉALITÉ AUGMENTÉE ?

Pour toute considération pratique, le monde physique qui nous entoure est d'une horrible complexité. Le moindre objet est truffé de particularités, de défauts, de creux ou de bosses qui le singularisent. Ce constat peut apparaître décourageant pour qui veut comprendre ou maîtriser son environnement : comment analyser le moindre phénomène naturel ou envoyer une fusée sur la Lune alors qu'il est fondamentalement impossible de connaître quoi que ce soit avec une précision arbitraire ?

Il nous faut relâcher l'exigence d'une connaissance parfaite, et chercher à la place une connaissance suffisamment précise, doublée d'une estimation correcte des inévitables erreurs. Pour le physicien, la production de cette connaissance passe par un travail de modélisation, qui consiste à ne retenir d'un système que les ingrédients qui paraissent pertinents pour l'étude à mener – l'objet est traduit en une liste de paramètres mathématiques. Prenons l'exemple d'une pomme et ses différentes traductions par modélisation. Pour la gravité de Newton, une pomme est un objet ponctuel de masse donnée, immergé dans le champ gravitationnel de la Terre. La couleur, la taille (ainsi que le goût, l'histoire...) de la pomme ne sont pas pris en compte. Par contraste, pour l'électromagnétisme de Maxwell, la pomme est une sphère de rayon donné, capable d'absorber et de réémettre de la lumière rouge (lorsqu'elle est mure). Ici, la masse de la pomme n'est pas un paramètre pertinent et n'apparaît pas dans le modèle.

C'est ce système virtuel, modélisé, qui est soumis aux lois de la physique et dont on peut prévoir le comportement. L'objet mathématique passe dans la moulinette des lois théoriques, qui déterminent ce qui va lui arriver : si l'objet réel était en réalité l'objet modélisé, et si la théorie est correcte, alors dans telle circonstance l'objet devrait réagir de telle façon.

La validité du modèle et des règles qui le régissent est enfin mise à l'épreuve en confrontant les prédictions qui en découlent aux données expérimentales. La pomme a-t-elle mis le temps prévu à chuter du pommier au sol ? A-t-elle chauffé comme attendu sous l'influence d'une lampe UV ? Sinon, c'est qu'une des prémisses du raisonnement, modèle ou théorie, est manifestement insatisfaisant.

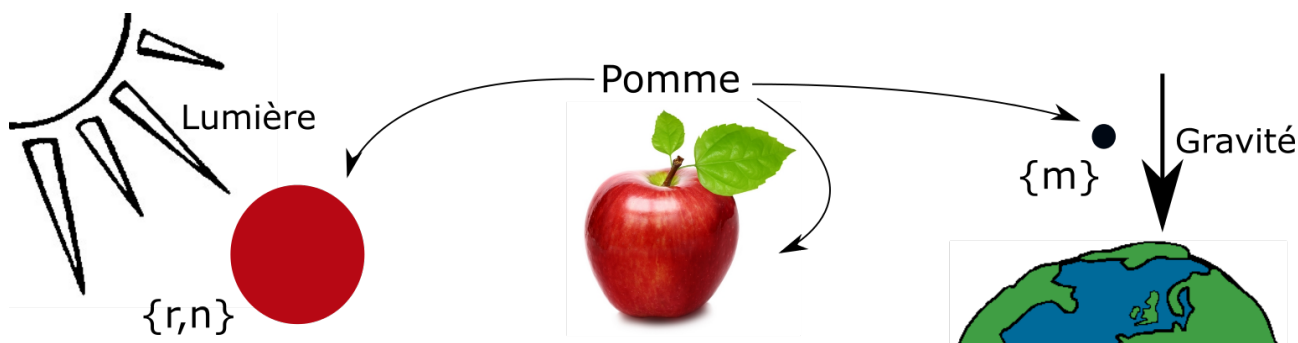


FIGURE 1 – Modélisation : une pomme (au milieu) est transformée en un ensemble de paramètres qui apparaissent pertinent pour le traitement d'un problème. Pour prévoir le mouvement d'une pomme qui tombe (à droite), on assimile le fruit à un point matériel de masse m soumise à la gravité terrestre. Pour décrire l'apparence visuelle de la pomme (à gauche), on la considèrera comme une sphère de rayon r , dotée d'un indice optique n et éclairée par la lumière du soleil.

Par de nombreux aspects, la modélisation ressemble à une traduction. Peut-on considérer que la physique cherche à traduire la réalité dans un langage mathématique, adapté au traitement théorique qui permet d'aboutir à des prédictions? Dans quel sens entendre, alors, cette opération de « traduction »? Cette approche peut donner l'impression d'une activité par défaut : si on traduit d'une langue à une autre, de la réalité expérimentale au modèle mathématique, n'est-ce pas parce qu'on est incapable de comprendre la langue de départ? Cette incapacité entraîne alors une distance irréductible entre le modèle et son objet d'étude, tout comme un énoncé dans une langue n'est jamais équivalent à sa traduction dans une autre. Le physicien, chimiste, historien et épistémologue Pierre Duhem résume la situation ainsi ¹ :

Mais qui traduit, trahit ; traduttore, traditore ; il n'y a jamais adéquation complète entre les deux textes qu'une version fait correspondre l'un à l'autre. Entre les faits concrets, tels que l'[expérience] les observe, et les symboles numériques par lesquels ces faits sont représentés dans les calculs du théoricien, la différence est extrême.

La traduction permet cependant d'échapper à cette vision réductrice. Et si, au lieu de trahir le réel, sa transposition dans un langage mathématique offrait à la modélisation une profondeur d'investigation supplémentaire? La physique donne en effet à voir des liens entre des phénomènes aussi distincts que des aimants accrochés à la porte d'un frigidaire, du courant électrique alimentant un ordinateur ou des cheveux dressés sur la tête, tous trois soumis aux lois de l'électromagnétisme (figure 2). Qui plus est, l'établissement théorique des liens entre électricité et magnétisme a permis la prédiction de nouveaux phénomènes jusqu'alors inobservés, comme les ondes radio.

Au-delà de la capacité de prédiction qu'elle confère, la modélisation du réel met ici en évidence des liens invisibles à l'œil nu, mais révélées au physicien qui « traduit » le réel en en reproduisant les paramètres sous la forme d'un modèle. La traduction/modélisation n'est donc pas une simple *trahison* de l'origine, mais permet d'établir des relations au sein de la langue/monde de départ, dans un mouvement d'aller-retour entre la source et l'objet. Ce n'est donc pas simplement notre absence de maîtrise de la langue source qui rend la traduction nécessaire. Cette idée me semble pouvoir être développée en regard d'un autre outil cher aux physiciens, l'*analogie*.

L'ANALOGIE, FORME TRADUCTIONNELLE DE/DANS LA « LANGUE » ?

Le raisonnement par analogie consiste à établir une équivalence formelle entre les équations qui régissent deux modèles de natures distinctes. Si les deux objets appartiennent à des cadres théoriques bien différents (il ne s'agit pas ici de révéler des liens cachés), la proximité des formes mathématiques qui le décrivent permet

1. DUHEM Pierre, « Théorie physique, déduction mathématique, expérience » [1906], in *La théorie Physique. Son objet, sa structure, présentation et édition* par Sophie Roux, ENS Editions, Lyon, 2016, p. 140

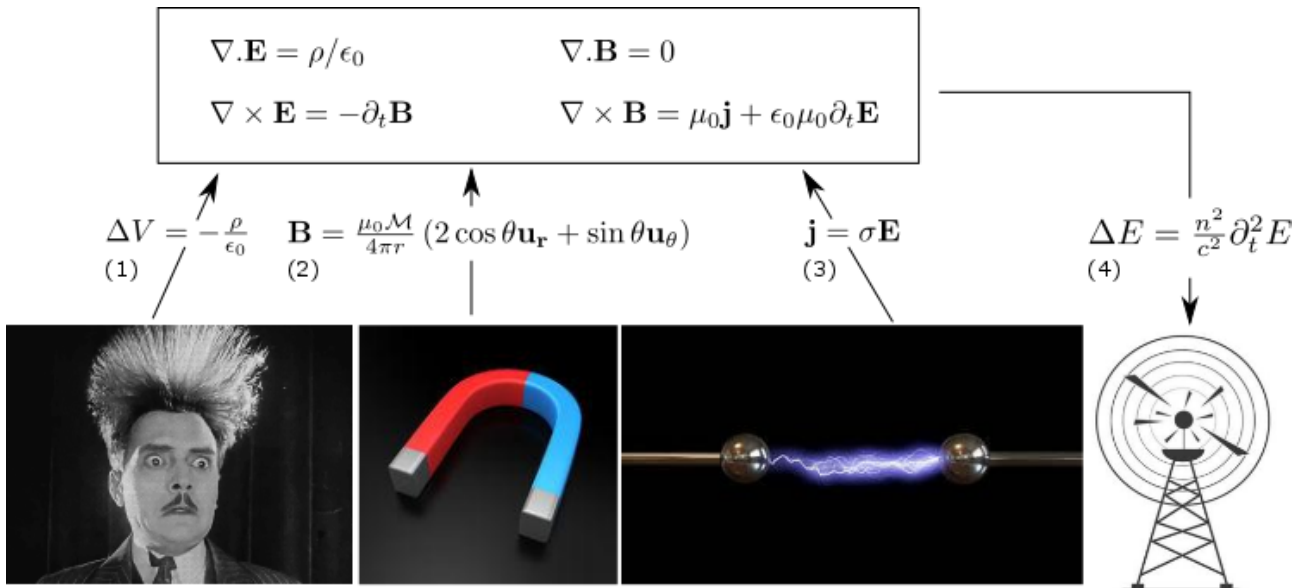


FIGURE 2 – La Nature donne à voir des phénomènes complètement distincts, que les physiciens ont appris à modéliser. Les cheveux frottés font apparaître une charge électrique ρ , qui à son tour génère et subit un potentiel électrique V , qui les pousse à l'éloigner les uns des autres. L'équation de Poisson (1) décrit comment la répartition de charge, notée ρ , engendre le potentiel V . Un aimant peut-être vu comme l'association d'un pôle Nord et d'un pôle Sud, formant un dipôle caractérisé par un moment magnétique \mathcal{M} , qui caractérise la force de l'aimant. L'équation (2) exprime la valeur du champ magnétique \mathbf{B} créée par l'aimant en tout point de l'espace en fonction du moment \mathcal{M} de l'aimant. Enfin, un éclair correspond à un courant électrique \mathbf{j} engendré par une tension suffisamment importante pour rendre conducteur un milieu habituellement isolant – on parle alors de claquage. Le courant en question dépend de la conductivité σ du milieu et peut, en première approximation, être relié directement au champ électrique \mathbf{E} qui génère le claquage par la loi de Joule (3). Si ces trois phénomènes ont l'air complètement différents, ils appartiennent en réalité au même cadre théorique de l'électromagnétisme, régit par les 4 équations de Maxwell (encadrées). Ces lois, établies par James Clerck Maxwell en 1865, expriment la façon dont les champs électrique (\mathbf{E}) et magnétique (\mathbf{B}) sont reliés l'un à l'autre ainsi qu'à la présence de charges (ρ) et de courant (\mathbf{j}). Outre leur remarquable simplicité (quelques caractères un peu ésotériques pour décrire une multitude de phénomènes), ces équations unifient pour la première fois électricité et magnétisme, deux domaines considérés jusqu'alors comme distincts. Cette unification implique l'existence d'autres phénomènes, tels que les ondes radio (4) mises en évidence quelques années plus tard. Il y a ici un mouvement d'aller-retour entre les phénomènes et leur modélisation. On part de phénomènes distincts qu'on modélise, on réalise des liens entre les modèles dans le cadre théorique, on retraduit ces résultats théoriques en nouveaux phénomènes à observer dans la nature. Loin de trahir la réalité, la traduction de plus en plus fine de ces phénomènes permet de faire émerger un lien sous-jacent qu'il est difficile de mettre au jour (24 siècles séparent les équations de Maxwell des premières observations de magnétisme qui nous soient parvenues, attribuées à Thalès de Milet).

$$d\mathbf{V} = \frac{\Gamma}{4\pi} \frac{d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3} \quad \longleftrightarrow \quad d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\mathbf{C} \times \mathbf{r}}{r^3}$$



FIGURE 3 – Les deux phénomènes sont modélisés dans la même langue mathématique, dans deux cadres théoriques bien distincts (hydrodynamique et électromagnétisme). A gauche, l’expression de la vitesse de propagation du rond de fumée ($d\mathbf{V}$, en gras pour indiquer que cette quantité est un vecteur et contient des informations sur la direction de propagation) en fonction de la taille r de l’anneau et de la vitesse $\Gamma d\mathbf{l}$ avec laquelle il tourne sur lui-même. A droite, l’expression du champ magnétique $d\mathbf{B}$ créé par une bobine circulaire, en fonction du rayon r de la bobine, du courant électrique $d\mathbf{C}$ qui la parcourt et d’une constante universelle μ_0 . La similitude de la forme mathématique caractérisant chacun des phénomènes permet d’établir une analogie entre eux. Les deux expressions sont en effet très proches ; remarquez en particulier le rôle de la position notée r : dans les deux cas apparaît la forme $\times \mathbf{r}/r^3$, qui caractérise à la fois la direction et la dépendance spatiale de la grandeur décrite par l’équation. A partir de cette similitude de forme, on peut associer une à une les grandeurs du modèle de gauche à celles du modèle de droite : la vitesse de propagation du vortex ($d\mathbf{V}$) apparaît comme le champ magnétique créé par la spire ($d\mathbf{B}$), la circulation de la fumée ($\Gamma d\mathbf{l}$) correspond à un élément de courant électrique ($d\mathbf{C}$) etc.

de traduire les propriétés de l’un dans le langage de l’autre, et de mobiliser ainsi la connaissance acquise sur un système au profit de l’étude du second.

Considérons par exemple des ronds de fumée soufflés par un fumeur expérimenté, et qui peuvent se propager sur plusieurs mètres en gardant sensiblement le même diamètre. La branche de la physique adaptée à l’étude de ce phénomène s’appelle l’hydrodynamique, ou mécanique des fluides. Elle montre que la fumée tourne sur elle-même dans l’épaisseur de l’anneau, de l’extérieur vers l’intérieur, et que la vitesse avec laquelle le rond avance dans son ensemble peut être reliée à cette rotation (figure 3). Dans un tout autre cadre théorique, celui de l’électromagnétisme, Christian Orsted a observé en 1820 qu’un courant électrique circulant dans un fil engendrait un champ magnétique capable de perturber une boussole. Ce même effet (qui apparaît également dans les équations de Maxwell mentionnées plus tôt) est utilisé aujourd’hui dans les plaques à induction par exemple. Il est parfaitement décrit par la loi de Biot et Savard (1820), qui exprime la direction et l’intensité du champ magnétique induit par le courant électrique. Nous envisageons ici deux phénomènes (ronds de fumée et induction magnétique) bien distincts, correctement décrits par deux modèles appartenant à deux cadres théoriques (mécanique des fluides et électromagnétisme) différents, domaines d’expertises de deux communautés séparées (un laboratoire d’hydrodynamique ne ressemble pas à un laboratoire d’électromagnétisme). Cependant, l’expression mathématique de la vitesse avec laquelle le rond de fumée avance dans l’air ressemble exactement à celle du champ magnétique créé le fil. Dès lors, on peut relier les grandeurs d’un problème à celles de l’autre (figure 3).

Il ne s’agit pas ici d’établir des liens profonds entre deux cadres théoriques, mais de remarquer une si-

milarité entre deux expressions mathématiques équivalentes. Cette opération permet d'apporter un éclairage original, hors cadre, sur un problème donné. Elle offre la possibilité d'utiliser des réflexes, des façons de penser, propres à un domaine (et à une communauté scientifique) dans un domaine différent. Le mouvement qui nous intéresse n'est plus ici des phénomènes naturels vers la langue mathématique (modélisation) : l'analogie apparaît comme une traduction de la langue dans la langue, établissant une correspondance entre deux modèles mathématiques préalablement développés, deux objets appartenant déjà au même monde.

DU LABORATOIRE AU RESTE DU MONDE

La recherche n'est pas cantonnée au laboratoire mais implique nécessairement une diffusion et un partage de la connaissance, au sein de la communauté scientifique ou à destination d'un plus large public. Ce faisant, nous adaptons nos discours à nos interlocuteurs – pour évoquer un aspect technique de mon expérience, je parle différemment à mes collègues de laboratoire (« the Unicorn »), aux membres de mon équipes de recherches moins familiers avec la machine sur laquelle je travaille (« la DL pro à 767 nm »), aux membres de ma communauté de recherche en général (« le laser maître verrouillé sur la raie D2 du potassium ») ou à un public non initié à mes problématique de recherche (« le laser à partir duquel nous créons les faisceaux pour ralentir, piéger, manipuler et photographier les atomes »). C'est à ce dernier cercle que je voudrais m'intéresser à présent, car il me semble que la traduction peut également éclairer la façon dont la science interagit avec la société, hors de la salle d'expérience.

On y retrouve facilement un rapport hiérarchique implicite entre une langue source (technico-mathématique) complexe et une langue cible compréhensible par le « commun des mortels ». Ici aussi, le passage d'une langue vers l'autre, rendu nécessaire par l'incapacité de l'auditeur à comprendre la langue source, apparaît souvent comme une simplification, une déformation du message initial. Cette hiérarchie me semble claire dans le nom de *vulgarisation* donnée à la démarche, et l'on préfère souvent parler de *médiation scientifique* pour favoriser une approche moins descendante du partage de connaissance.

Si la traduction n'est pas qu'une trahison par défaut, mon activité de vulgarisation m'amène à m'interroger sur les limites qui peuvent néanmoins demeurer entre les langues que j'utilise. Lorsque je raconte un phénomène physique sur une scène, ou dans un texte comme celui-ci, je ne démontre aucun des résultats que j'affirme. Je me contente de créer un discours cohérent avec des propriétés que je sais être justes par ailleurs. Pour établir la véracité d'un résultat de manière rigoureuse, je suis contraint de passer par un formalisme adapté, qui nécessite un traitement mathématique. La différence qualitative de nature entre un résultat rigoureux et une affirmation non démontrée pourrait-elle nécessiter l'usage d'une langue particulière ? Il y a en tout cas un plaisir intellectuel et une saveur épistémologique particuliers dans la façon implacable avec laquelle une démonstration mathématique se déroule, et je n'ai pas connaissance de modalités de vulgarisation qui permette de préserver cette rigueur formelle. Face à ce constat, une réponse possible est peut-être d'interroger l'objet de la traduction, plutôt que les modalités de traduction. Si je ne sais pas conserver les spécificités du raisonnement scientifique en traduisant des équations mathématiques en langage courant, je peux tenter de vulgariser la méthode scientifique en elle-même pour transmettre sa saveur épistémologique particulière, indépendamment de son objet d'étude.

Je mène plusieurs activités de médiation dans cette direction, qui pourront peut-être illustrer cette idée.

1. Parler de science avec la fiction – le Tractatus des Gentils Commentateurs Multidisciplinaires (TGCM)²

Le TGCM est un court manifeste qui défend l'intérêt et la légitimité d'une analyse scientifique des œuvres de fiction. Si la démarche scientifique a pour objectif d'établir des lois qui rendent compte de la Nature, elle peut aussi bien être menée dans un univers imaginaire que dans notre univers physique. On peut alors s'interroger sur les règles, toujours nombreuses et strictes, qui régissent l'emploi de la magie, sur les modèles économiques qui peuvent exister dans un empire galactique ou sur les conditions naturelles qui favoriseraient une biodiversité radicalement différente de la nôtre.

2. Suchet Daniel et Elghozi David, « Cent ans de Physique et de Magie, une illustration du Tractatus des Gentils Commentateurs Multidisciplinaires », *Alliage* n° 76, 2015

Sous prétexte de fiction, cette approche offre une occasion souvent ludique de décortiquer la méthode scientifique, de l'expliquer avant de pouvoir l'appliquer dans un monde imaginaire. En ne présentant que des résultats évidemment faux, l'accent est mis sur la démarche qui permet de les établir. Voici deux illustrations de cette activité

(a) Cent ans de Physique et de Magie³

est un court métrage dessiné, réalisé en collaboration avec le dessinateur David Elghozi. Lauréat du festival CURIOSITAS de la Diagonale Paris-Saclay, il a pour objectif d'illustrer la démarche du TGCM. Il propose une histoire des sciences dans un XXI^{ème} siècle marqué par l'apparition de la magie. Comment évoluerait la physique si, demain matin, l'impossible devenait réalité ?

(b) La Physique de Star Wars

est une conférence inspirée par Roland Lehoucq, soutenue par la Société Française de Physique et régulièrement présentée à des audiences scientifiques comme non scientifiques (lycée, théâtre de la Reine Blanche...). Et si nous vivions il y a longtemps, très longtemps, dans une galaxie lointaine, très lointaine, dans l'Univers de Star Wars, la célèbre trilogie de sept films (bientôt neuf) de Georges Lucas ? Et qu'au lieu d'être des guerriers jedi comme les héros des films, nous étions des chercheurs ? Que chercherions nous ? Comment rédigerait-on des demandes de financement ? Qu'enseignerait-on à nos étudiants ?

2. Sortir la science (et les scientifiques) des labos

De façon complémentaire, j'ai participé des projets destinés à favoriser les échanges directs entre des chercheurs et des non-chercheurs, en cherchant à éviter la situation transmissive du savant (en général debout sur une scène) parlant aux non-savants (en général beaucoup plus nombreux et assis sur leurs chaises). L'objectif de cette démarche est double. Il s'agit à la fois de faire sortir des laboratoires des citoyens formés à la démarche scientifique, mais parfois peu mobilisés par des questions de société, et d'encourager des citoyens déjà sensibilisés à ces questions à se saisir des outils offerts par le raisonnement scientifique.

(a) Science Debout

à l'occasion du mouvement Nuit Debout, de nombreux groupes et commissions thématiques se sont formés pour offrir des espaces de discussions et d'échanges. En Avril 2016 Adrien Jeantet a lancé l'initiative Science Debout, regroupant sur la place de la République (et ailleurs) des chercheurs armés de panneaux : « Je suis physicien (ou historien, climatologue, sociologue, ...), posez moi vos questions – Science Debout ». Au-delà de la spécificité disciplinaire, le message se voulait une invitation à la discussion sur la place de la science et des scientifiques dans la société.

(b) « Aux Sciences, Citoyens ! »

est un projet en cours d'élaboration, destiné aux Universités qui souhaitent contribuer à la formation scientifique hors de leurs murs. « Aux Sciences, Citoyens ! » propose une initiation par la pratique à la méthode scientifique. Des petits groupes de travail sont constitués par des chercheurs, des étudiants et des membres extérieurs à l'Université avec un sujet de recherche simple (Quels sont les principaux postes de consommation énergétique d'un ménage ? Quelles informations peut-on déduire sur un individu à partir des données collectées par son téléphone ?). L'objectif n'est pas tant de produire un résultat nouveau que de participer à l'ensemble des étapes d'un processus de recherche (problématisation, élaboration d'un protocole, prise, traitement et analyse des données, rédaction d'un rapport, présentation des résultats).

Envisagée sous l'angle de la traduction, l'activité du physicien apparaît sous un jour inhabituel et interroge les limites que nous avons tendance à imaginer entre les mondes. Au lieu de constituer une opération par défaut, une trahison rendue nécessaire par notre incapacité à parler la langue de la Nature, la modélisation devient un moyen de faire émerger des liens entre des phénomènes d'apparences distinctes. Ces liens établis,

3. Suchet Daniel et Elghozi David, « Cent ans de Physique et de Magie ». [Disponible ici : www.penangol.fr/TGCM/].

le mouvement d'aller-retour entre monde réel et modélisation offre la possibilité d'envisager de nouveaux phénomènes, changeant notre rapport au monde. Le raisonnement par analogie donne également à voir une situation de traduction particulière, reliant deux propositions appartenant déjà à la même langue pour enrichir la compréhension de chaque phénomène – et démontrant du même coup qu'il n'est pas nécessaire de ne pas comprendre une langue pour que l'opération de traduction soit intéressante. Enfin, au travers de l'échange avec un public non scientifique, la médiation scientifique laisse apercevoir des différences fondamentales bien existantes entre différentes modalités d'expression (démonstration mathématique et discours vulgarisé). Elle demande donc de réfléchir sur l'objet réel de la traduction (veut-on traduire un résultat scientifique, ou la méthode qui a permis de l'établir?), et ouvre ainsi la voie à de nouvelles formes d'échanges entre chercheurs et société.

*Ce texte a été soumis à la revue *Ecritures* pour parution dans le volume 9 « Indiscipliner la traduction ».*