

L'expérience contre-intuitive

Un outil au service de l'apprendre ?

Richard-Emmanuel Eastes et Francine Pellaud

Summary

The counter-intuitive experiment: a tool for learning ?

Among all the spectacular experiments used for both the popularization and teaching of science, we pinpoint a specific category of undeniably relevant pedagogic procedures. The counter-intuitive experiment, as we define it, allows us simultaneously to generate amazement, to disrupt learner conceptions and to motivate learners to acquire more knowledge. However, in order to be counter-intuitive and in order for us to attain such aspired objectives, experiments must take place within an environment which fulfills some essential criteria. Moreover, the analysis of this concept within the framework of the allosteric learning model shows us that a counter-intuitive experiment presented without follow-up can be totally useless, even detrimental, to the learner.

Mots-clés

Expérience contre-intuitive, conceptions, modèle allostérique, perturbation, motivation, accompagnement.

Key-words

Counter-intuitive experiment, conceptions, allosteric model, perturbation, motivation, follow-up.

Au-delà du spectaculaire

L'utilisation des expériences amusantes ou spectaculaires pour mettre en scène la science n'est pas nouvelle. Depuis les « magiciens-scientifiques », bateleurs de foire de tous poils qui proposaient contre quelques pièces les expériences les plus étonnantes au Siècle des Lumières, en passant par Tom-Tit (*alias* Arthur Good) qui, dans les années 1900, regroupa en plusieurs recueils les expériences destinées aux enfants, les expériences amusantes ont été largement employées. On les retrouve dans les musées scientifiques et les animations culturelles de toutes sortes – chimie spectaculaire, physique amusante, jeux de logique, etc. –, mais également en classe, proposées par des enseignants désireux de rendre leurs cours plus attrayants. Leurs objectifs sont multiples : distraire le public ou l'auditoire, l'émerveiller pour le mettre en « appétit de science », dramatiser la présentation d'un cours de science ou d'une conférence pour la rendre plus attractive, susciter l'esprit critique ou le questionnement et, si possible, perturber les conceptions¹ des membres de l'assistance [1]. Ainsi, elles sont choisies pour leur esthétique, leur côté effrayant ou impressionnant, leur degré de technicité ou d'inventivité, à moins qu'elles ne soient simplement démonstratives d'un phénomène ou d'un savoir que l'on souhaite présenter.

Parmi elles, un type d'expérience est particulièrement efficace pour atteindre quasiment tous ces objectifs en une seule fois : *l'expérience contre-intuitive*. Elle constitue à ce titre un outil de prédilection pour la plupart des vulgarisateurs et médiateurs scientifiques, qui en font un usage immodéré, aussi bien dans les musées que dans les animations-spectacles.

D'une façon générale, nous choisissons de nommer « expérience contre-intuitive » une expérience qui produit un résultat inverse ou très différent de celui auquel on s'attend, intuitivement, avant que l'expérience ne soit mise en action.



Figure 1 - Exemple d'expérience contre-intuitive particulièrement spectaculaire : la combustion du fer.

En chimie par exemple, la combustion du sodium² que déclenche son immersion dans l'eau est totalement contre-intuitive, qui plus est à double titre : il est en effet communément admis que d'une part « l'eau éteint le feu » et que d'autre part « les métaux ne brûlent pas » (voir également la figure 1). En physique, le phénomène de ségrégation [2] est également hautement contre-intuitif, à double titre encore : secouer un récipient contenant un

mélange de grosses et de petites billes permet non seulement de les séparer au lieu de créer davantage de désordre, mais contre toute attente, ce sont les grosses billes que l'on retrouve « à la surface ».

Les expériences contre-intuitives : un intérêt indéniable, mais...

Comme toute expérience présentant un caractère spectaculaire, l'expérience contre-intuitive constitue en premier lieu un formidable outil pour susciter l'intérêt ou l'émerveillement. Sans nul doute, le public est plus motivé pour écouter l'explication d'un phénomène physico-chimique complexe après la présentation d'une expérience contre-intuitive, même dans le cadre d'une présentation magistrale. Mais il serait dommage de s'arrêter là. Car, par son caractère inattendu, l'expérience contre-intuitive offre, en matière de médiation scientifique, des possibilités bien plus grandes que la simple expérience spectaculaire. Si cette dernière permet d'émerveiller le public, la première constitue à elle seule un puissant outil didactique dont l'utilisation peut réellement faciliter *l'acte d'apprendre* [3]. Cependant, on leur octroie peut-être trop facilement la faculté d'être « auto-formatrices », en supposant que leurs résultats inattendus sont suffisants pour permettre à l'apprenant de découvrir les subtilités des phénomènes qui se cachent derrière elles. Qu'en est-il et qu'apporte réellement l'expérience contre-intuitive ?

A partir de quand une expérience est-elle contre-intuitive ?

Une expérience est rarement contre-intuitive « par nature ». Pour qu'elle le devienne, trois conditions doivent être remplies :

- Pour aller à l'encontre de l'intuition, l'expérience doit avant tout faire appel au vécu du public auquel elle est proposée, ou plus exactement être adaptée à son cadre de référence³. Le matériel qu'elle met en jeu doit en particulier pouvoir être facilement identifié et permettre une mobilisation rapide des connaissances antérieures. Par exemple, dans une expérience contre-intuitive basée sur l'effet Venturi (voir *figure 2* et référence [4]), l'utilisation d'un sèche-cheveux plutôt que d'une trompe à eau permettra au public non



Figure 2 - Exemple d'expérience contre-intuitive illustrant l'effet Venturi : la « lévitation » très stable d'une balle dans le flux d'air d'un sèche-cheveux (Ébulliscience, Vaulx-en-Velin, janvier 2001).

spécialiste d'appréhender plus facilement l'expérience proposée. La trompe à eau n'étant pas connue de ce dernier, elle risque en effet de lui apparaître comme une « boîte noire » dont il ne pourra ni comprendre la fonction, ni percevoir le caractère contre-intuitif.

Il en va de même pour les procédures expérimentales et les liens entre les différentes phases de la manipulation qui devront pouvoir être facilement décodées par l'assistance. Dans le même ordre d'idée, l'expérience contre-intuitive nécessite souvent un niveau de connaissances minimal de la part de l'apprenant. Dans l'expérience de la réaction du sodium avec l'eau, il faut d'une part que le public sache ce qu'est un métal et puisse identifier cet élément comme tel – ce qui n'a rien d'évident, tant pour un public d'adultes que d'enfants – et d'autre part, qu'il ait connaissance du fait que les métaux ne brûlent pas dans les conditions habituelles. A ce sujet, nous avons eu l'occasion de remarquer que peu de personnes, même adultes, savent faire la distinction entre la combustion d'un métal et sa fusion.

- Mais si l'expérience doit être adaptée au cadre de référence du public, elle doit en revanche, pour être contre-intuitive, également aller à son encontre. Cela signifie que le public auquel l'expérience est présentée doit s'être déjà fait une idée du résultat qui pourrait survenir. Montrer que la glace carbonique coule lorsqu'on la plonge dans de l'eau ne devient contre-intuitif que si le public a pris conscience du fait que la glace formée d'eau flotte sur l'eau... ce qui, nous avons pu le constater à plusieurs reprises, n'est pas si évident !

Il en va de même pour l'expérience de ségrégation déjà évoquée ci-dessus : en l'absence de questionnement préparatoire, le résultat en est facilement accepté par le public, sans susciter d'interrogation particulière, alors qu'une discussion préalable montre que l'idée que « les billes les plus lourdes tombent au fond du récipient » est la conception dominante.

Pour conserver l'aspect spectaculaire de l'expérience, il convient donc d'offrir à l'apprenant la possibilité d'anticiper son résultat, de se positionner par rapport à elle, de questionner ses propres conceptions.

Il va de soi dans ce cas, que l'utilisation de « boîtes noires » telles que la trompe à eau évoquée ci-dessus, ne permet pas de faire émerger les conditions nécessaires à l'expression de la contre-intuitivité de l'expérience. Si en outre l'objet en question est identifié par le public comme un instrument spécifique de laboratoire, le résultat de l'expérience dans laquelle il intervient en sera plus difficilement perçu comme étonnant, quel qu'en soit le caractère spectaculaire⁴ ; après tout, l'objet n'a-t-il pas été « fait pour » ?

- Cette « prise de conscience préalable » à laquelle le public devrait parvenir nous amène à la troisième condition, celle de donner à l'expérience un contexte qui favorise ce questionnement. Ce contexte peut très bien être donné par la réalisation d'une expérience préliminaire, destinée à offrir au public ou aux apprenants la possibilité de prendre conscience du phénomène « normal », allant dans le sens de l'intuition, de manière à ce que l'expérience suivante devienne alors très contre-intuitive.

Dans l'expérience de lévitation de la balle représentée sur la *figure 2* par exemple, il est utile de placer en premier lieu dans le flux d'air, non pas la balle, mais de petits copeaux de polystyrène expansé ou des boules de cotillons, afin que le public se rende bien compte que le phénomène « normal » est l'expulsion des objets hors du courant d'air. De même, avant de placer la limaille de fer sur la flamme du bec Bunsen

(figure 1), on pourra y placer une spatule en fer, incombustible à cette température, car trop compacte. Durant cette phase, il est important que le public exprime la manière dont il interprète ce qu'il voit. Malheureusement, les expériences de ce type étant souvent trop axées sur le spectaculaire, ce point est généralement totalement oublié, tant par les concepteurs d'expositions que par les enseignants.

De plus, il faut que l'animateur sache maintenir le suspense en ne donnant pas d'emblée l'explication du phénomène. Ce n'est que par ce genre de stratagème que l'expérience contre-intuitive pourra, non seulement motiver le public à en savoir davantage, capturant ainsi son attention et éveillant sa curiosité, mais également perturber ses conceptions, préparant ainsi l'assimilation ultérieure d'éléments nouveaux.

Perturber ne suffit pas...

Comme nous l'avons déjà évoqué plus haut, dans le contexte plus général de *l'acte d'apprendre* et de l'environnement didactique que propose le *modèle d'apprentissage allostérique* (voir le schéma proposé dans l'article *Faut-il encore enseigner les sciences ?*, *L'Act. Chim.*, juillet 2002, p. 20), une expérience contre-intuitive a une fonction fortement déstabilisatrice face aux conceptions initiales de l'apprenant. Si ce paramètre est un facteur reconnu comme favorable à l'apprendre, car il permet souvent à l'apprenant de se retrouver face aux limites de son propre système explicatif, il faut néanmoins l'utiliser avec modération. En effet, si la perturbation remet trop en cause les convictions profondes de l'observateur sans lui proposer de solution de rechange, elle peut être plus destructrice que formatrice : on s'expose alors davantage au constat d'échec (« *Alors là, je n'y comprends plus rien du tout...* ») qu'à l'illumination soudaine.

Ceci d'autant plus que l'apprenant ne « lâche » pas volontiers ses conceptions, celles-ci étant le seul outil à sa disposition pour donner du sens au monde qui l'entoure [5]. Il s'y accroche et ne les abandonnera que lorsqu'il en aura perçu les limites opérationnelles. C'est pourquoi, même une expérience contre-intuitive peut être analysée par l'apprenant de manière à conforter ses conceptions initiales. Ces dernières jouent un rôle de filtre réducteur, une grille d'interprétation à laquelle l'apprenant tâche d'adapter le réel. En d'autres termes, l'apprenant est capable de donner une explication non rationnelle du point de vue scientifique, mais qui l'est tout à fait du point de vue de ses propres conceptions.

Ainsi, il n'est pas rare d'entendre les apprenants donner des explications qui pour nous peuvent sembler abracadabrantes, afin de conforter leurs conceptions. A titre d'illustration, prenons l'exemple de l'expérience « Plus chaud ou plus froid ? »⁵ dans laquelle les apprenants sont face à une boule de feuille d'aluminium, à une chaussette de laine et à un thermomètre à sonde. Dans ce défi, la question consiste à déterminer quel objet possède la température la plus élevée. Pour la plupart des gens, la température la plus élevée sera mesurée dans la laine. Par suite, lorsque le thermomètre leur indique une température semblable dans les deux éléments, de véritables « explications » fusent pour rendre compte de cette constatation imprévue : « *C'est parce que la laine est faite avec de l'aluminium* » ou « *C'est parce qu'on ne peut pas laisser le thermomètre assez longtemps, la laine n'a pas*

le temps de le chauffer », ou encore « *La laine chauffe, mais l'aluminium aussi : il capte mieux la chaleur des lampes* ».

Devant l'expérience de « lévitation » de la balle citée plus haut par exemple, les adultes avancent souvent l'explication suivante : « *La balle est maintenue par les lignes de courant de l'écoulement d'air* ». Ainsi leurs conceptions, qui leur font voir les lignes du champ de vitesse de l'écoulement laminaire comme un filet ou une cage qui emprisonne la balle, leur fournissent une explication fautive mais tout à fait satisfaisante. Livrés à eux-mêmes, ils passeront probablement à l'expérience suivante en ayant l'impression d'avoir « compris » cette belle et simple expérience, se promettant en outre de la montrer et de l'expliquer à leurs enfants ou leurs amis... Ces exemples montrent bien qu'une conception ne se transforme pas facilement et qu'une seule expérience n'apporte souvent pas les effets souhaités, en même temps déstabilisateurs et formateurs.

Pour parer à ces effets néfastes, tout en conservant la forte motivation que procure l'expérience contre-intuitive, la solution la plus efficace consiste à offrir aux apprenants la possibilité de faire émerger leurs conceptions fautes pour les remettre en question. Pour ce faire, la présence d'un accompagnateur, enseignant ou vulgarisateur, est nécessaire. Ses rôles sont multiples. Outre celui de metteur en scène pour rendre l'expérience contre-intuitive, il consiste également à favoriser la prise de connaissance de plusieurs phénomènes du même type, notamment à travers la répétition et la diversification des expériences. Ce n'est que dans la multiplication des confrontations que l'apprenant acceptera de revoir sa logique explicative... sans toutefois oublier que, comme le rappelle très justement Giordan, « *seul l'apprenant peut apprendre, et personne ne peut le faire à sa place* » !

Enfin, l'accompagnateur devra également permettre la démythification systématique de l'appareillage mis en œuvre. En effet, ce dernier ressemble d'autant plus à une boîte noire ou un « tour de magie » qu'il produit un résultat *a priori* absurde. Ce dernier travail est d'autant plus important que l'expérience contre-intuitive peut être purement et simplement éludée par l'apprenant, tel un épiphénomène sans importance dont il est inutile de s'encombrer l'esprit, si l'expérience est par trop déstabilisante pour lui.

Les vertus de l'accompagnement

Au contraire, si l'animateur parvient à motiver le public pour qu'il s'exprime, l'expérience contre-intuitive pourra constituer un remarquable moyen d'accès aux conceptions de son auditoire et partant, une excellente base pour adapter son niveau de formulation⁶ et construire son discours. Bien plus, s'il interroge à nouveau le public après avoir réalisé l'expérience, ce dernier sera tellement perturbé qu'il se verra contraint de faire appel à toutes les ressources dont il dispose pour fournir une explication rassurante au phénomène qu'il observe et qui dépasse l'entendement. Désinhibé, il laissera alors fleurir les idées reçues les plus étonnantes, les interprétations les plus farfelues et les raisonnements les plus approximatifs, qui seront pour l'animateur autant de pistes ultérieures pour poursuivre ses explications et accompagner son auditoire ou, plus généralement, « faire avec pour aller contre » [6]. Suscitant ainsi en outre largement son questionnement et son esprit critique, il le forcera à adopter une attitude active face à l'élaboration de son propre savoir. C'est pourquoi il convient d'insister sur l'importance que revêt l'accompagnement proposé par l'enseignant ou le

vulgarisateur lors de la réalisation de l'expérience contre-intuitive. Qu'il s'agisse de la manière dont il va contextualiser l'expérience, du questionnement qu'il parviendra à susciter, des diverses confrontations qu'il va proposer, de la mobilisation des savoirs antérieurs qu'il pourra suggérer, de l'appel à l'imaginaire et à la créativité qu'il saura initier, des repères qu'il offrira à travers certains *concepts organisateurs*⁷, l'accompagnateur est indispensable pour que l'expérience contre-intuitive prenne tout son sens.

Pour conclure...

Nous aimerions insister sur le fait que l'expérience contre-intuitive peut être un outil didactique formidable pour peu que, comme tous les outils, l'on sache s'en servir à bon escient, en n'oubliant pas de la mettre en relation avec d'autres expériences plus familières, puis en suivant pas à pas l'évolution qu'elle induit dans les conceptions du public et en n'hésitant pas à la réitérer sous forme de variantes. Dans ce cas seulement, elle procure au public une opportunité extraordinaire d'apprendre en s'amusant, de découvrir les côtés les plus abscons de la science par ses aspects les plus ludiques et les plus spectaculaires.

Notes

¹Si les « représentations » font appel aux images mentales, les « conceptions » incluent tout ce qui permet à l'individu de donner du sens au monde qui l'entoure. Idées préconçues, images mentales, réseau sémantique, modes de raisonnement préexistants : autant de structures mentales à « déconstruire » et sur lesquelles il faut pourtant s'appuyer pour permettre l'appropriation d'un savoir plus élaboré.

²Notons que la flamme est essentiellement due à la combustion du dihydrogène libéré par la réduction de l'eau par le sodium. Cette combustion peut alors initier celle du métal, comme le prouvent la fumée blanche d'oxyde de sodium qui se forme au-dessus de la flamme et la couleur jaune caractéristique de cette dernière (couleur qui devient mauve lorsque l'on emploie le potassium).

³Le « cadre de référence » d'un individu constitue le cadre de pensée et d'interprétation du monde qu'il s'est construit au cours de son vécu. Il est extrêmement dépendant du milieu familial et socioculturel dans lequel l'apprenant a grandi et conditionne la manière dont il reçoit, analyse et stocke les informations nouvelles.

⁴Notons à cette occasion qu'un produit chimique « exotique » peut très bien être perçu comme une boîte noire et ne pas étonner en dépit de propriétés extraordinaires.

⁵Cette expérience fait partie de « L'atelier des expériences impossibles et contre-intuitives » des Atomes Crochus (association loi 1901 ; *Animations de vulgarisation scientifique et expériences spectaculaires*, Paris).

⁶Le « niveau de formulation » d'un locuteur est le degré de technicité et de conceptualisation qu'il confère à son discours.

⁷Les « concepts organisateurs » constituent une sorte de « grille de lecture de la réalité ». Interdisciplinaires et complexes par nature, ils se retrouvent à la base de toutes les connaissances scientifiques. Matière, énergie, temps et espace en constituent les bases. Giordan y ajoute les idées d'évolution, d'organisation, d'identité, de mémoire, de régulation, d'information et de fonction.

Références

- [1] Giordan A., Girault Y., Clément P., *Conceptions et connaissance*, Peter Lang, 1994.
 [2] Guyon E., Troadec J.-P., *Du sac de billes au tas de sable*, éditions Odile Jacob, Paris, 1994 ; Duran J., *La Physique du tas de sable*, *Revue du Palais de la Découverte*, 224, janvier 1995 ; Guyon E., Hulin J.-P., *Granites et fumées*, éditions Odile Jacob, 1997.

- [3] Giordan A., *Apprendre !*, Débat, Belin, 1998.
 [4] Voir par exemple : Dépression sous la coque, *Pour la Science*, 293, mars 2002.
 [5] Giordan A., de Vecchi G., *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ?* Z'édicions, Nice, 1994.
 [6] Giordan A., de Vecchi G., *Les origines du savoir*, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, 1987 ; Giordan A., *An allosteric learning model*, Actes IUBS-CBE, Sydney meeting, 1988 ; Giordan A., *An allosteric learning model*, Actes IUBS-CBE, Moscow meeting, 1989.



R.-E. Eastes

Richard-Emmanuel Eastes

est professeur agrégé de sciences physiques à l'École Normale Supérieure de Paris*.

Francine Pellaud

est docteur en sciences de l'éducation au Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences (LDES) de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de Genève**.



F. Pellaud

Avec Catherine Bied (chimiste et maître de conférences à l'université de Montpellier), ils ont fondé **Les Atomes Crochus**, une association qui propose des activités de médiation scientifique interactives inspirées des recherches du LDES : spectacles, contes scientifiques, ateliers, conférences expérimentales... pour les enfants de 5 à 110 ans !

Retrouvez Molécule, Virgule et Spatule sur le site Internet des **Atomes Crochus** : <http://atomes.crochus.free.fr>

* Département de chimie de l'ENS,
24 rue Lhomond, 75005 Paris.
Tél. : 01 47 40 74 32. Fax : 01 47 40 74 31.
E-mail : Emmanuel.Eastes@ens.fr

** Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation,
Université de Genève, 9 route de Drize, CH-1227 Carouge, Suisse.
Tél. : +41 (22) 705 9758. Fax : +41 (22) 705 9828.
Francine.Pellaud@pse.unige.ch

Informations sur la Toile

- Le site Internet du LDES
<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/>
- La page sur les conceptions
<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/infos/publi/articles/concep.html>
- La page sur le modèle allostérique
<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/rech/allostr/allos.html>
- La page des expériences contre-intuitives
<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/rech/experim/exp.contrint.html>
- La page sur l'effet Venturi
<http://www.pourlascience.com/numeros/pls-293/physique.htm>
- Le site Internet des Atomes Crochus
<http://atomes.crochus.free.fr>