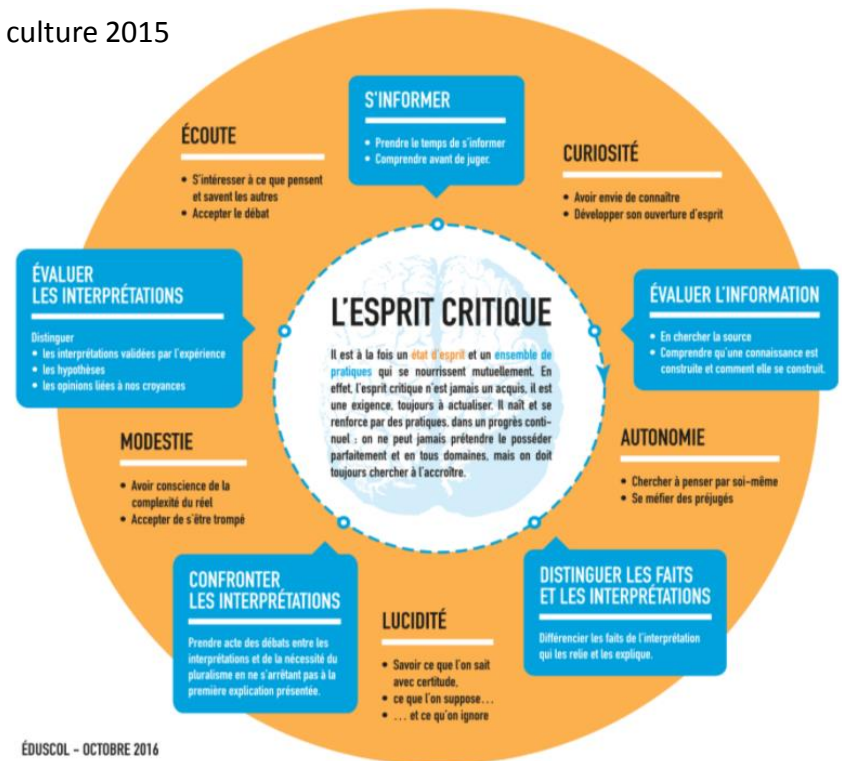
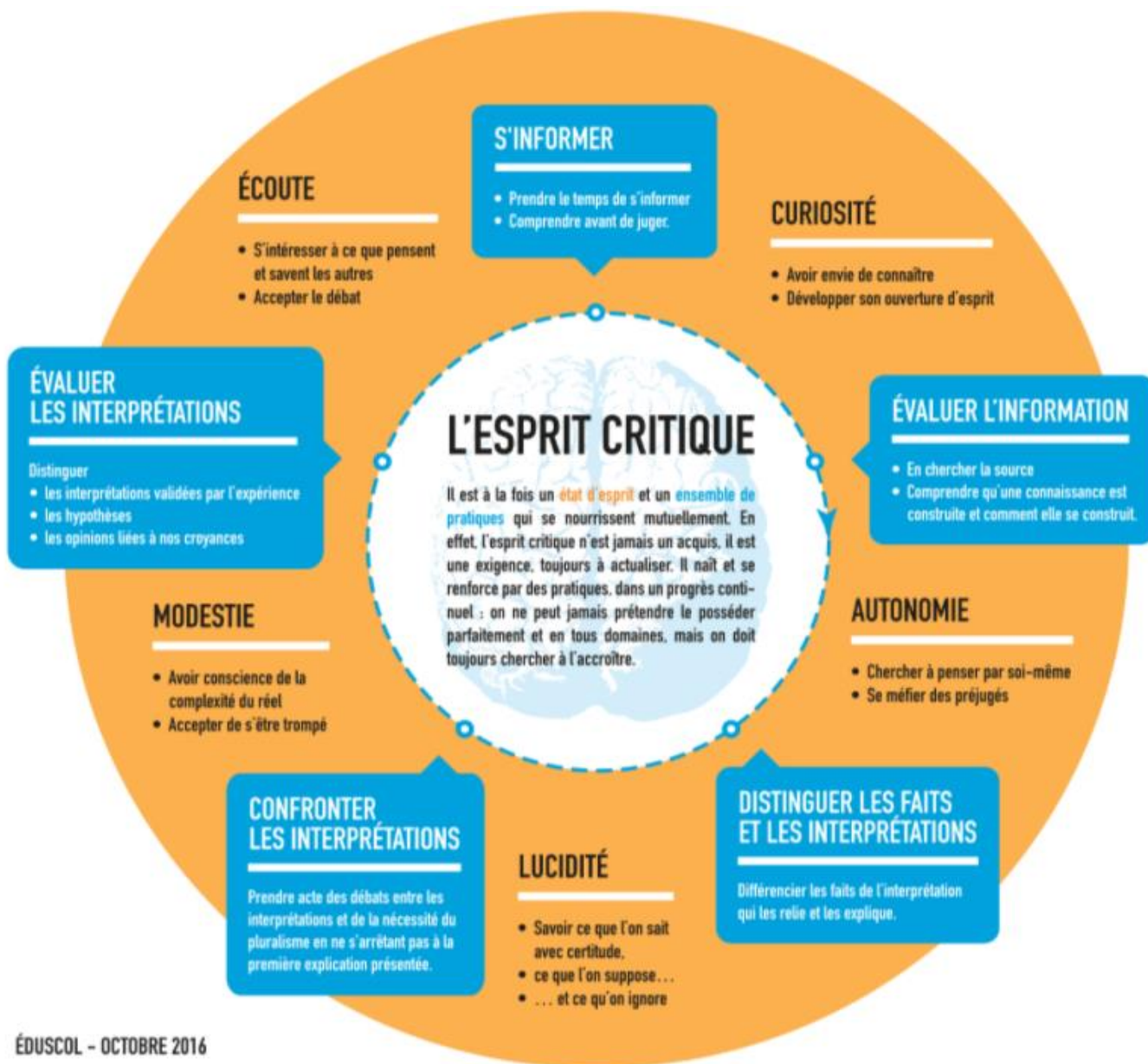


L'expérimental dans  
l'enseignement des sciences,  
des aubaines pour encourager  
l'esprit critique ?  
Philippe Handtschoewercker

« **Fondées sur l'observation, la manipulation et l'expérimentation, utilisant notamment le langage des mathématiques pour leurs représentations, les démarches scientifiques ont notamment pour objectif d'expliquer l'Univers, d'en comprendre les évolutions, selon une **approche rationnelle privilégiant les faits et hypothèses vérifiables**, en distinguant ce qui est du domaine des opinions et croyances. Elles développent chez l'élève la rigueur intellectuelle, l'habileté manuelle et l'esprit critique, l'aptitude à démontrer, à argumenter.** »

Extrait du socle commun de connaissances, de compétences et de culture 2015





↳

- Mise en commun en groupe et classe après l'expérience

↳

En (Enseignant) : Alors qu'observez-vous ?

Alice : Ça devient vert.

Modibo : Non moi ça devient bleu.

Théo : As-tu trompé Alice et la doit devenir bleu.

En : Pourquoi penses-tu que cela doit devenir bleu ?

Théo : Ben les ions cuivre c'est bleu.

Sofia : Oui et en plus on est plusieurs à avoir une couleur bleue mais moi c'est plus foncé.

Sarah : Et si sur la feuille ça dit que les ions cuivre sont bleus, y'a rien de vert.

En : Comment pourrait-on vérifier qu'il s'agit d'ions cuivre ?

Modibo : Il faut faire le test de reconnaissance avec l'hydroxyde de sodium.

↳

↳

- Les élèves réalisent le test par binôme. Exemples de résultats

↳

Paul : Ça devient bleu foncé.

Alice : Oh moi y'a un truc tout bizarre on dirait du savon mouche bleu.

Paul : Ce n'est pas pareil moi j'ai un truc homogène.

Sofia : Mais moi c'est pareil on observe un précipité bleu.

Théo : Oui ça prouve qu'on avait bien des ions cuivre.

En : Qu'en pensez-vous tous ? Vous êtes d'accord ?

(Elèves acquiescent)

En : Bon alors on note dans la case conclusion qu'il s'est formé des ions cuivre.

↳

↳

■ Réactions des élèves pendant l'expérience :

Clara : Ça chauffe !

Modibo : ah j'ai compris ça chauffe pour que la réaction puisse se faire.

Pierre : moi y a plus d'ions cuivre, bizarre pas les autres

Fatima : y a des bulles, c'est un gaz qui s'est formé.

Clara : le zinc est devenu rouge.

Paul : moi marron mais c'est pas normal. Ça devrait être orange.

Clara : pourquoi ?

Paul : ben c'est devenu du métal cuivre. Si c'est obligé. (...).



# Comprendre avec la pratique de l'observation en sciences expérimentales :



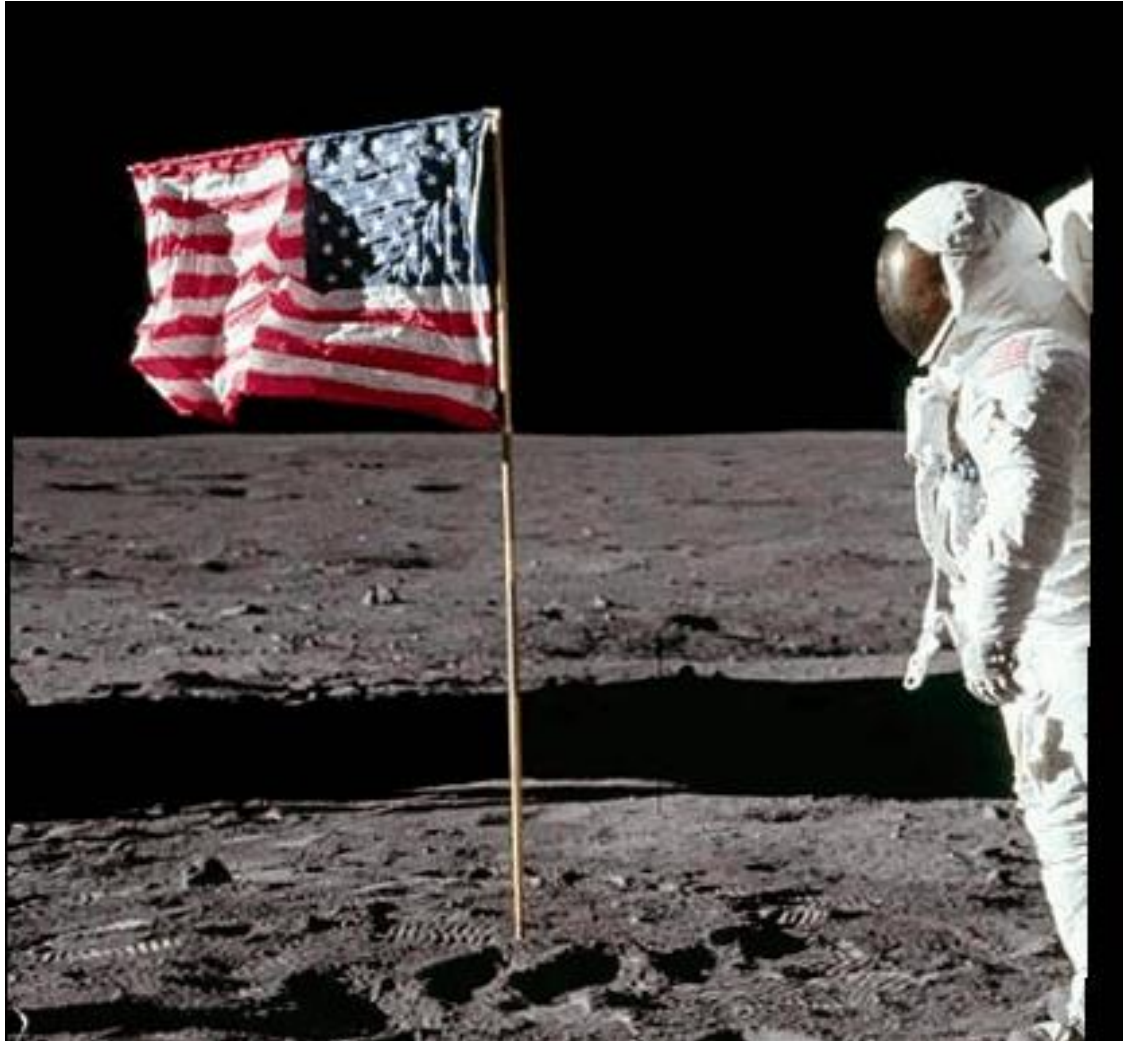
- que nos sens peuvent nous tromper
- qu'on observe différemment suivant sa culture, ses préoccupations ou intérêts, ses connaissances déjà présentes
- qu'observer c'est déjà **avoir un projet** :
- « *pour apporter une observation de quelque valeur, il faut déjà, au départ, avoir une certaine idée de ce qu'il y a à observer. Il faut avoir décidé de ce qui est possible* ».

François Jacob (prix Nobel de médecine 1965)

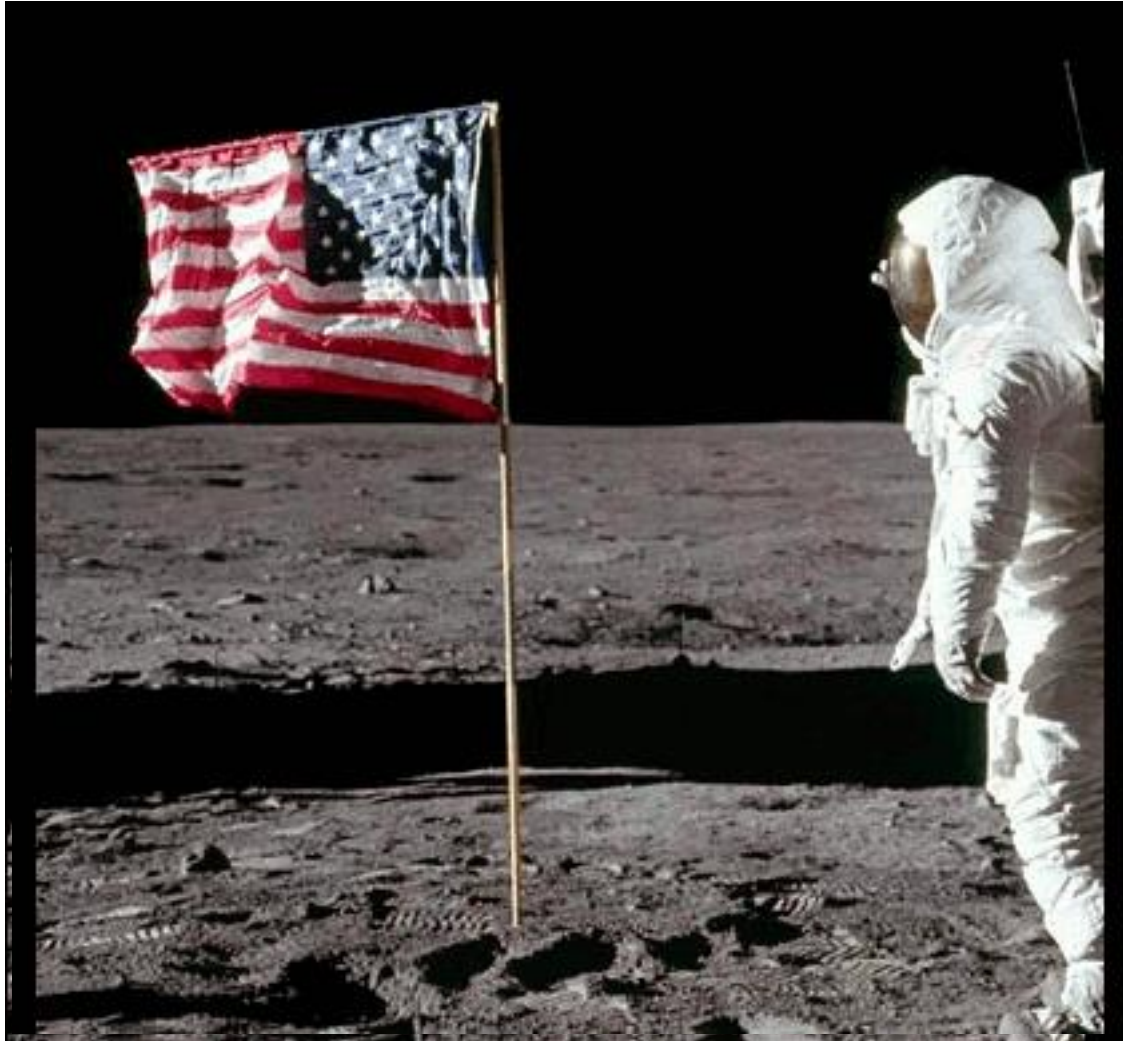
- qu'il est souvent difficile de séparer l'observation de l'interprétation.



Observer ou interpréter ?  
« Un drapeau flotte sur la Lune »



Observer ou interpréter ?  
« Un drapeau flotte sur la Lune »



# Raisonner en sciences expérimentales

- Distinguer faits et interprétations.

« *j'observe la formation d'ions cuivre* » ....?

- Distinguer causalité et corrélation.

« *il y a une réaction chimique car cela chauffe* »

- Apprendre à comparer : identifier et isoler un paramètre, mener une expérience témoin.

- Avoir de la modestie « *Interpréter* », « *conclure* », « *prouver* », « *déduire* » ?



Se confronter à la complexité et à la résistance du réel en testant des hypothèses ou des modèles, par des expériences, des mesures qui contiennent elles-mêmes leurs lots d'incertitudes.

Renforcer une attitude de modestie, de lucidité sur ce que l'on sait, qu'on ne sait pas, qu'on suppose...

Savoir = Vérité absolue ou modèle valide, fiable ?

Les différentes sciences participent à « **l'incessant dévoilement du réel** » (Pierre Léna).

Mesurer, c'est évaluer des incertitudes et des causes d'erreurs.

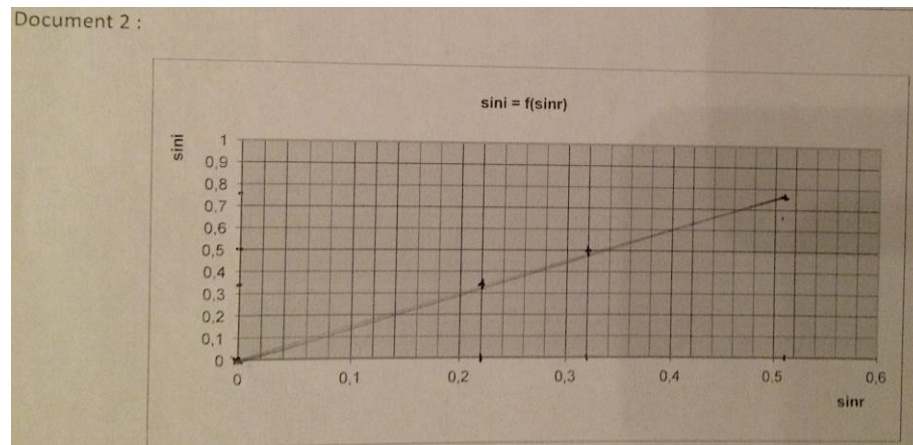
On réalise une série de mesures de la réfraction de la lumière au passage de l'air dans un milieu transparent d'indice  $n$  et l'on obtient les valeurs suivantes ( $i$  est l'angle d'incidence de la lumière provenant de l'air et  $r$  l'angle de réfraction) :

Sin $i$	0	0,34	0,5	0,76
Sin $r$	0	0,22	0,32	0,51

1) Tracer la courbe  $\sin i = f(\sin r)$  sur le document 2.

2) Que peut-on dire, d'après la courbe, de la relation entre  $\sin r$  et  $\sin i$  ? Justifier d'après la courbe.

Extrait de compte-rendu  
d'élève :



1) ~~Sin  $i$  et sin  $r$  ne sont pas proportionnels~~, la droite ne passe pas exactement sur tous les points

Mesurer, c'est évaluer des incertitudes et des causes d'erreurs.

Résultats regroupés au tableau des valeurs de la célérité du son dans l'air (obtenues après mesures du temps de déplacement du son sur une distance d'un mètre à l'aide d'un logiciel d'enregistrement sonore, d'une règle, d'un micro et d'une source sonore) :

Groupe	1	2	3	4
Valeur de la célérité du son (en m.s <sup>-1</sup> )	362,37	300	340	3,25 10 <sup>2</sup>

*Enseignant : « Que pensez-vous de ces valeurs ?*

*Justine : c'est notre groupe 2 qui a bon, on a une valeur exacte.*

*Paul : non c'est le groupe 3 on a dû se tromper, je me rappelle on l'a vu l'année dernière c'est 340.*

*Justine : ça ne marche pas bien l'expérience, personne ne trouve pareil. » (...).*

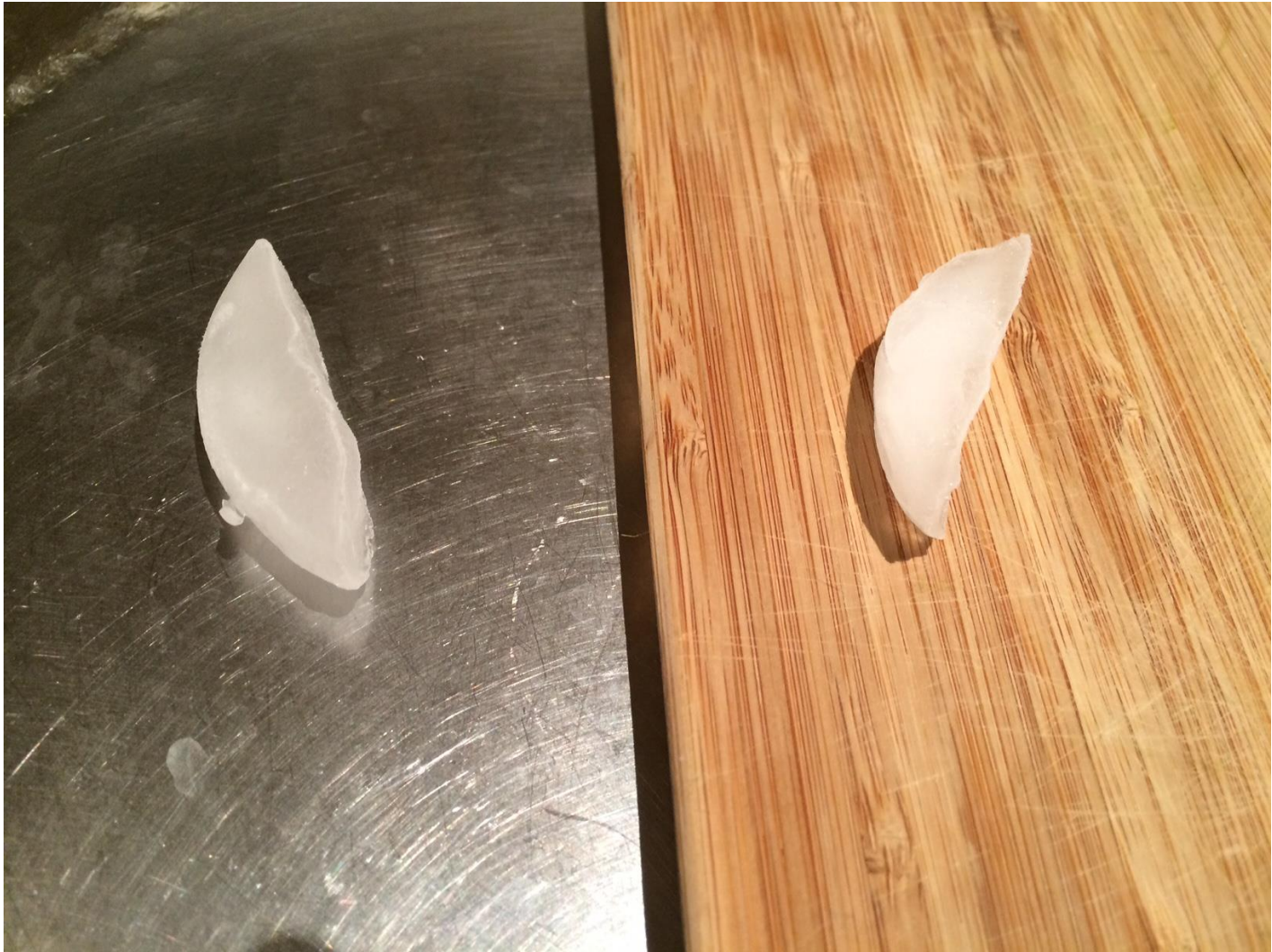
# Pratiquer le doute scientifique

« Un point s'avère saillant dans cet ensemble hétérogène qu'est la pensée critique : le doute.

Un doute raisonnable et méthodique cependant car *''douter de tout ou tout croire, ce sont deux solutions également commodes, qui l'une et l'autre nous dispensent de réfléchir » nous avertit Henri Poincaré''*. »

Caroti, Guillaud, Monvoisin. *Plaidoyer pour l'autodéfense intellectuelle au cœur de l'enseignement des sciences*.

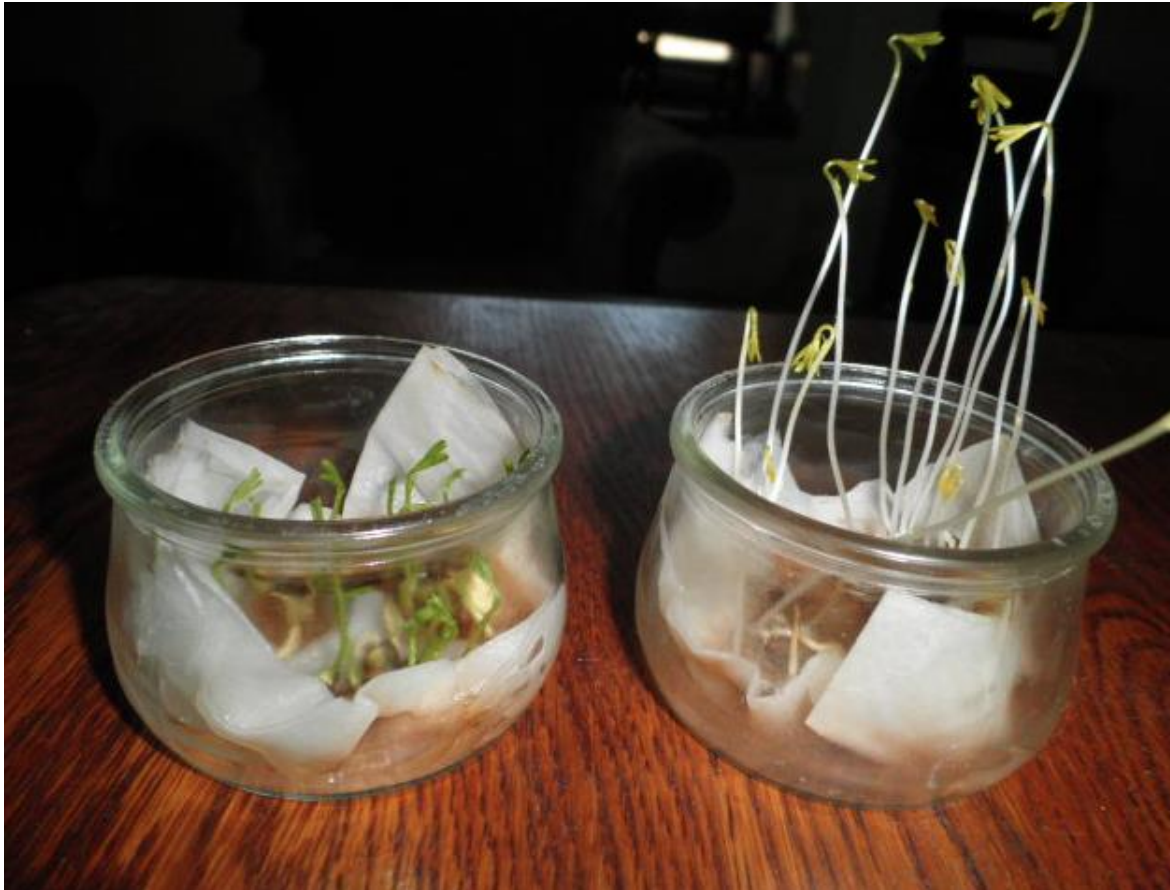
- Favoriser l'autonomie de pensée.
- Tenir compte des savoirs collectifs.
- S'affranchir du *raisonnement sous influence*, de la *bonne réponse*. Accepter l'erreur.
- Interroger le réel au risque de déplacer sa pensée.
- Tester des hypothèses, ne pas affirmer arbitrairement ou trop rapidement.
- Se méfier des pensées réflexes : *bon sens* et autres *a priori*.



Se méfier du *bon sens* et des *a priori*.  
Un outil de défense contre les pensées réflexes :  
la vertu des **expériences contre-intuitives** .



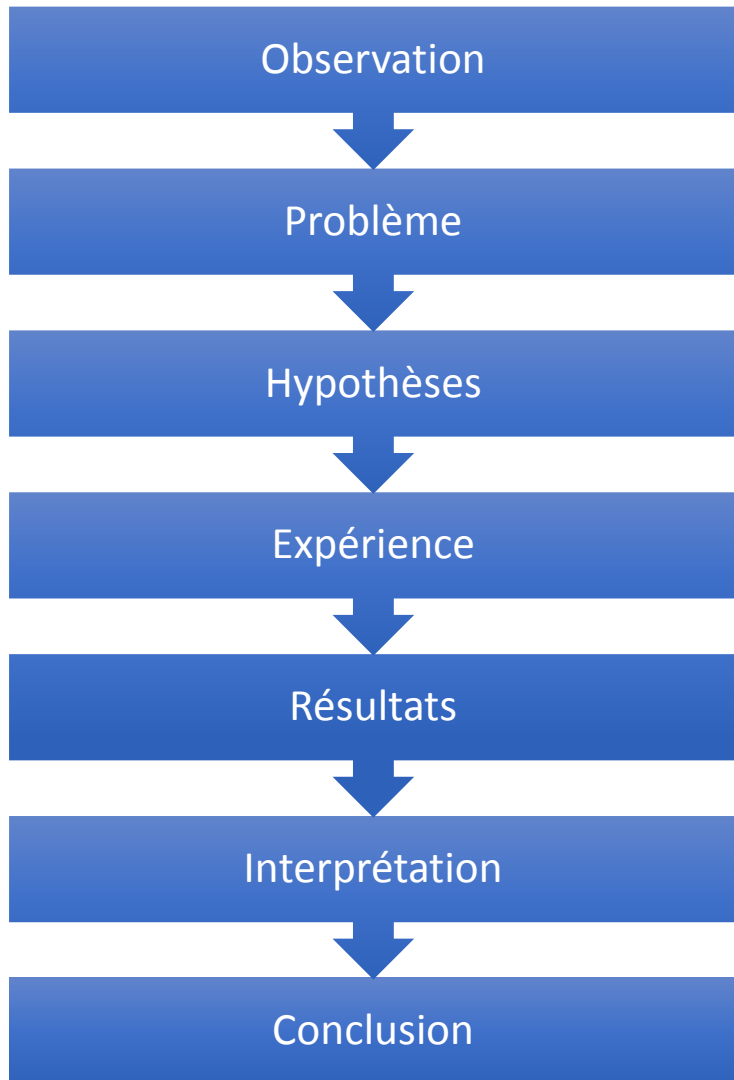
Dans quelles conditions (obscurité ou lumière )  
la germination de ces graines de lentilles a-t-elle eu lieu ?



Exposition à la lumière

Obscurité

# Une ou des démarches ?



Un cadre méthodologique (OPHERIC) qui procure des satisfactions intellectuelles

Mais qui offre un cheminement stéréotypé, linéaire et rigide ...

... où l'élève est souvent placé dans un semblant de démarche d'investigation.

Permet-il à l'élève d'exercer pleinement son esprit critique ?



« N'existe-t-il qu'une seule démarche expérimentale ?

En fait, il y en a plusieurs mais ce ne sont pas celles que l'on croit généralement. La « méthode expérimentale », telle qu'on l'utilise le plus souvent dans l'enseignement s'apparente à une succession de phases, bien distinctes, stéréotypées.

La « démarche expérimentale » correspond surtout à un état d'esprit.

On peut distinguer des démarches **pour voir** , **pour produire** et surtout **pour tester ou réfuter**. Elles s'appliquent à des hypothèses classiques mais on peut aussi mettre à l'épreuve des modèles scientifiques. »

Gérard De Vecchi – *Enseigner l'expérimental en classe* – Hachette Education

# Des pistes de scénarios variés pour les sciences expérimentales

(d'après De Vecchi 2006, Cariou 2002)

- Mise à l'épreuve d'un modèle théorique soumis par l'enseignant, éventuellement inventé.

*(exemples : croissance des plantes, loi d'Ohm , ....).*

- Initiation à la démarche scientifique par la reconstitution de ses étapes les plus formatrices, au cours de séquences d'investigation.
- Immersion des élèves en tant qu'acteurs dans une recherche scientifique réelle, sur un sujet à leur portée.
- Analyse des cheminements suivis et des obstacles rencontrés dans l'histoire des sciences.

## Bilan: Des pistes pour encourager l'esprit critique dans l'enseignement expérimental

Leviers	Points de vigilance
<ul style="list-style-type: none"><li>• Encourager l'observation autonome, apprendre à distinguer faits et interprétations.</li><li>• Apprendre à comparer.</li><li>• Interroger la fiabilité, la précision, l'exactitude des mesures expérimentales.</li><li>• Distinguer causalité et corrélation.</li><li>• Exercer au raisonnement, se méfier des a priori et du bon sens</li><li>• Confronter le réel aux représentations, mettre en évidence sa complexité.</li><li>• Mettre en évidence que les savoirs scientifiques ne sont pas figés à travers l'histoire des sciences, perpétuelle remise en question.</li><li>• Usage des expériences contre-intuitives contre les pensées réflexes</li><li>• Apprentissage de la démarche scientifique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• On observe souvent à dessein, observation et interprétation parfois liées.</li><li>• Expérience témoin, paramètres changés un à la fois.</li><li>• Caractère laborieux et ennuyant des problèmes de précision chiffres significatifs, écart, incertitudes dans la perception des élèves qui ne voient pas les enjeux et le sens de ces discussions.</li><li>• Bon usage du vocabulaire (« parce que »)</li><li>• Attention aux raisonnements « sous influence » des élèves guidés par l'enseignant.</li><li>• Ne pas simplifier à outrance, problème du temps à l'école et de la simplification parfois nécessaire pédagogiquement</li><li>• Ne pas confondre esprit critique et doute permanent de tout.</li><li>• Risque de brouiller les esprits</li><li>• Une ou des démarches scientifiques ? Bienfaits méthodologiques de certains cadres mais parfois rigides, normatifs et artificiels.</li></ul>

## Références bibliographiques et sitographiques :

- Astolfi, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF
- Barth B.-M. (1993). *Le savoir en construction*. Paris : Retz.
- Cariou J.Y. (2002). La formation de l'esprit scientifique- Trois axes théoriques, un outil pratique : DiPHTeRIC. *Biologie-Géologie n°2*.
- **Caroti D., Guillaud A., Monvoisin R. (2017) - Plaidoyer pour l'autodéfense intellectuelle au cœur de l'enseignement des sciences, *L'actualité chimique* n°421.**
- **De Vecchi G. (2006). *Enseigner l'expérimental en classe*. Paris : Hachette éducation.**
- **De Vecchi G. (2016). *Former l'esprit critique à travers les disciplines*. Paris : ESF.**
- Eastes R.E., Pellaud F. (2004). Un outil pour apprendre : l'expérience contre-intuitive. *Bulletin d'union des professeurs de physique et de chimie (Vol. 98)*.
- **Ministère de l'Éducation Nationale (2016). *Former l'esprit critique des élèves*.  
<http://eduscol.education.fr/cid107295/former-l-esprit-critique-des-eleves.html>**
- **Cortecs <https://cortecs.org> : Collectif de recherche transdisciplinaire esprit critique & sciences**