

# Visite guidée d'un laboratoire de physique: une situation didactique

CATHERINE GOUJON

---

Université Bretagne Loire,  
Université de Brest, CREAD (EA 3875)  
France  
catherine.goujon@espe-bretagne.fr

---

## ABSTRACT

*This paper presents a case study of a researcher in physics of granular matters who is explaining to a visitor the experimental research conducted in his lab. We consider the situation as a didactic transaction. We refer to the theoretical framework of the Joint Action Theory in Didactics, and of resources systems of teachers. The central data we analyze are videos shot during the visit. We collect data such as scientific productions of the researcher (posters, papers and thesis). We analyze how the researcher organizes resources, how he introduces knowledge in the 'milieu' to communicate his scientific activity and his results, to a public of non-science specialists. We show the relationship between didactic contract and didactic "milieu", and we show their evolution in a very short episode.*

## KEYWORDS

*Avalanche, Joint Action Theory for Didactics (JATD), physics, resources, science communication*

## RÉSUMÉ

*Cet article rend compte du travail de didactisation opéré par un chercheur en physique granulaire lorsqu'il guide des visiteurs dans sa salle d'expérimentation. Nous considérons la situation comme une transaction didactique. Nos cadres théoriques principaux sont la théorie de l'action conjointe en didactique, et l'approche documentaire. Nous réalisons une étude de cas à partir d'une observation réelle, d'un film d'étude, d'entretiens rétrospectifs et des productions scientifiques de notre enquête. Nous analysons comment le physicien agence les ressources, introduit les éléments de savoirs dans le milieu pour donner à voir son activité scientifique à un visiteur profane. Nous donnons à voir la relation dialectique entre*

*le milieu et le contrat didactiques, et montrons leur évolution sur une situation de courte durée.*

## **MOTS-CLÉS**

*Avalanche, communication scientifique, physique, ressources, Théorie de l'action conjointe en didactique*

## **INTRODUCTION ET CADRES THÉORIQUES**

Les visites de laboratoires en sciences physiques sont une modalité assez répandue pour donner à voir les recherches qui y sont menées et les méthodologies utilisées. Des chercheurs d'autres laboratoires y sont invités régulièrement, en marge de communications dans des séminaires. Les visites visent aussi à valoriser l'activité des lieux. Les laboratoires accueillent de potentiels futurs partenaires ou des étudiants en vue de leur prochaine orientation.

Notre enquête sur la didactisation de pratiques scientifiques à la Fête de la science nous mène dans un laboratoire de recherche. Un doctorant en physique des granulaires, nous accueille dans la salle où, pendant trois ans, il a mené ses expériences sur les signes précurseurs d'avalanches de sable. Nous sommes profanes dans ce domaine. Le physicien nous présente son dispositif expérimental, son activité et ses résultats de recherche. Notre contexte de travail s'apparente à une étude ethnographique (Latour & Woolgar, 1988), mais sur une échelle moins longue. Nous nous intéressons aux dispositifs, contenus et modes de communication des physiciens. Nous analysons ce que nous pouvons alors apprendre des pratiques de ces scientifiques (Collins, 2011).

Nous étudions cette visite en nous interrogeant sur la didacticité de la situation. Que transmet le physicien (M) et quelle stratégie adopte-t-il? À quels savoirs avons-nous accès, et comment les acquérons-nous?

Après avoir défini le cadre théorique de notre étude, nous exposons notre méthodologie de recherche basée sur une étude de cas. La situation est dans un premier temps décrite dans un langage familier. Nous en faisons ensuite l'analyse didactique avec nos outils théoriques. Nous mettons nos résultats en discussion avant de conclure.

Notre cadre théorique principal est celui de la théorie de l'action conjointe en didactique (Tiberghien & Malkoun, 2007; Sensevy, 2011; Gruson, Forest & Loquet, 2012; Santini, 2013). Il permet de décrire et d'interpréter des processus d'apprentissage. Nous définissons le *contrat didactique* comme l'arrière-plan qui est déjà-là, potentiellement partagé par les acteurs de la situation, les *transactants*. De façon générale, ces derniers sont répartis dans deux instances qui fonctionnent conjointement: celle du Professeur (P) et celle de l'Élève (E). La situation didactique peut se résumer à «P enseigne quelque chose à E». Pour cela, P organise le *milieu didactique* auquel il donne accès à E pour que

ce dernier accède aux *savoirs* visés. Ces savoirs sont ceux d'une communauté. Ils permettent aux transactants d'agir dans cette communauté.

Notre regard se porte sur les ressources mises à disposition par le Professeur, les *ressources* prises au sens d'Adler, ce qui nous permet de «re-sourcer» notre pratique, de la «nourrir à nouveau, ou différemment» (Adler, 2010). Nous observons un *système de ressources* (Gueudet & Trouche, 2010) articulées dans l'action conjointe du Professeur et de l'Élève. Nous incluons dans notre étude l'usage des ressources de la *proxémie*: la direction du corps et du regard du Professeur et le toucher (Forest, 2008).

Nous problématisons ainsi notre étude: la visite du laboratoire est-elle une situation didactique? Sur quel *contrat didactique* le physicien se base-t-il alors qu'il ne semble pas avoir d'*arrière-plan commun* avec son visiteur? Quels éléments met-il dans le *milieu didactique* pour permettre au visiteur d'accéder à la compréhension de son activité? Quelles sont ses *ressources* et comment les articule-t-il?

## MÉTHODOLOGIE

Notre méthodologie est adaptée à l'étude de cas. Notre but est de montrer l'aspect didactique de la situation. Nous cheminons, en tant que *wayfarers*, marcheurs itinérants, au sens d'Ingold (2011), et essayons de saisir la vie quotidienne d'un chercheur dans son laboratoire, en participant à une de ses activités: la visite de son «écosystème» guidée par lui-même. Nous réalisons un film d'étude (Sensevy, 2011; Veillard & Tiberghien, 2013) sur les lieux de l'action. Il s'agit, tout à la fois, de nous approcher de sa pratique sociale (Martinand, 1989) et de saisir les stratégies didactiques du chercheur qui nous accompagne. Nous sommes anthropologue et actrice de la situation à la fois. Nous menons, par ailleurs, des entretiens semi-directifs avec le chercheur. La visite et les entretiens sont enregistrés (vidéo et audio).

Pour cette étude, nous transcrivons le film de la visite et les entretiens avec l'application Transana. Nous indexons des tours de paroles en fonction des ressources utilisées par M. Ceci nous permet de confirmer l'importance, pendant la visite, du dispositif expérimental du physicien et de l'affichage exposant ses recherches dans le laboratoire, son poster. Mais comment donner à voir le rôle de ces systèmes de ressources?

La situation que nous étudions est complexe, envahie par une multitude d'objets de natures différentes et un déroulement très séquencé. Nous composons des systèmes hybrides texte-image (Sensevy, 2011, p. 247), et optons pour une alternance de textes et de bandes dessinées (Morales Ibarra, 2014, p. 173). Nous réduisons volontairement le nombre de *photogrammes* (Forest, 2006, p. 247) pour extraire et donner à voir le milieu didactique. Nous utilisons la version numérique du poster, un photogramme du dispositif expérimental et un portrait des deux transactants (extraits traités de photogrammes). La gestuelle est également réduite. La main, dans son rôle de déictique, est symbolisée par une main

gantée bleue pour M et transparente pour C. Pour certains gestes dont nous analysons la valeur sémantique, nous conservons les photogrammes avec le geste du transactant (Figures 2 et 3). Ces styles graphiques différents sont agencés (Figure 1), juxtaposés, répétés, recadrés et superposés, pour faciliter la lecture d'un système initialement complexe.

Les *phylactères* (bulles) sont de deux types. Certains sont reliés par un trait au transactant qui parle: ce sont des extraits issus de la transcription de la vidéo (Figure 2). D'autres ont une forme de rectangle aux angles arrondis. Ils sont reliés aux transactants avec des cercles de grandeur décroissante: ils ne contiennent pas forcément de texte, mais une situation vécue précédemment. Elle est rappelée à la mémoire et ainsi mise en lien avec la situation principale. Des onomatopées sont également rapportées dans un style de bande dessinée (Figure 5). Nous intervenons dans des *récitatifs*: des rectangles sur fond blanc pour situer les scènes (Figure 1), et de petits rectangles sur fond gris pour identifier les *moments clés* (mc I, dans la Figure 2).

Les *moments-clés* (mc) sont des syntagmes verbaux et non verbaux où le transactant fait des liens entre des *éléments de savoir*. Ce sont des événements construits et multi-formes. Ils sont révélés par l'investissement du transactant pour les mettre en valeur. Les mots ou locutions pour nommer, les répétitions sous des formes différentes, les gestes qui pointent le matériel, des mimes, des onomatopées sont autant d'éléments de savoir qui donnent corps aux moments clé. Ils sont issus de l'analyse du corpus.

### **Cas étudié: visite de la «salle de manip<sup>1</sup>»**

C fait connaissance avec M dans le cadre de la Fête de la science. C désire connaître l'activité ordinaire du physicien dans son laboratoire. Une semaine plus tard, M invite C à visiter la salle où il mène ses expériences.

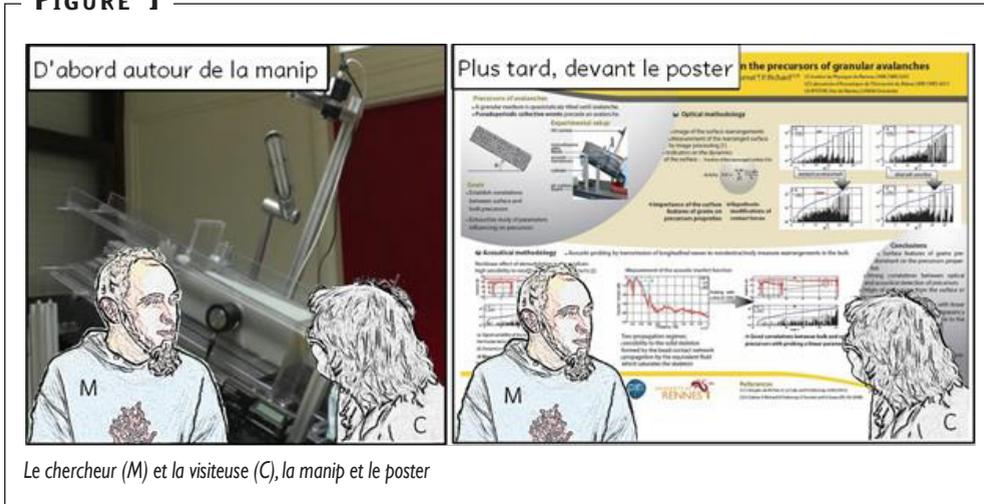
Les volets de la salle sont fermés, la luminosité est contrôlée pour les expériences. M allume les néons. C découvre un environnement complètement étranger à ce qu'elle connaît. Seuls quelques objets communs sont identifiés. M mène alors C devant le dispositif expérimental. La visite se poursuit devant son poster.

Nous relatons ces deux épisodes de la visite que M décrit postérieurement comme incontournables : «déjà j'emène la personne le plus près possible de l'expérience (...) j'ai le poster à côté qui me sert beaucoup à montrer les courbes, voilà» (entretien rétrospectif). Il est rodé à la présentation de ces deux artefacts. C ne l'interrompt pas pendant l'extrait choisi. Elle s'exprime essentiellement par des acquiescements. Nous ne les rapportons pas dans les *verbatim* de cette étude, mais ils indiquent au physicien qu'il peut poursuivre la visite. Les échanges intégraux font l'objet d'autres travaux<sup>2</sup>.

1 Le terme *manip* est l'abréviation de "manipulation", employé dans le laboratoire pour désigner le dispositif matériel associé à l'expérience scientifique menée.

2 Thèse: «Didactisation de pratiques de savoir scientifiques pour un public scolaire et non-scolaire. Des scientifiques, de leur laboratoire à la Fête de la science».

FIGURE 1



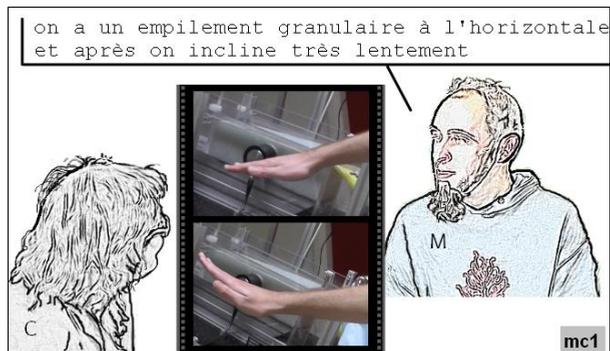
### Le dispositif expérimental

C observe le montage expérimental réel de la recherche de M sur les précurseurs d'avalanches. Il ne s'agit pas ici de coulées catastrophiques de neige, mais d'écoulements de micro billes contenues dans une boîte que M incline. Un sac de toile est accroché à l'issue de la pente, pour récupérer les billes emportées par l'avalanche. L'expérience n'est pas mise en route pour les visiteurs. Cependant, le dispositif est resté tel qu'il était à l'issue de la dernière expérience. La matière granulaire, est suffisamment visible pour comprendre le phénomène étudié. Le visiteur averti peut repérer les transducteurs et la table à coussin d'air, le vérin et le type de granulaire utilisé (Figure 1). Pour cette visiteuse qu'il sait profane, M adapte son discours: «J'arrive à savoir, à peu près, quel est le niveau de la personne par rapport au domaine. Donc, par exemple, si c'est un acousticien, ça ira beaucoup mieux dans le discours. S'il ne connaît pas l'acoustique, je peux lui expliquer, voilà, y-a une onde qui se propage, y-a des grains qui bougent... À la réception ça va donner quelque chose de différent au niveau du signal» (entretien rétrospectif).

M annonce l'objet de son étude, les *précurseurs d'avalanche*. Il définit les termes employés en relation avec des repères sur le montage, et en accompagnant son discours de gestes et d'onomatopées.

«On a un empilement granulaire à l'horizontale et après on incline très lentement (Figure 2). Au bout d'un moment, à 25-30 degrés, une avalanche de grains se produit. Donc y-a avalanche ici, quand les grains sortent de la boîte. Donc on voit que l'angle de la surface change, on voit qu'il y a des grains qui sont partis (Figure 3), et avant cette avalanche, y-a des signes précurseurs. Donc on peut voir, en surface, des grains qui

FIGURE 2



Un geste pour l'inclinaison de la boîte

FIGURE 3



Épaisseur des grains partis

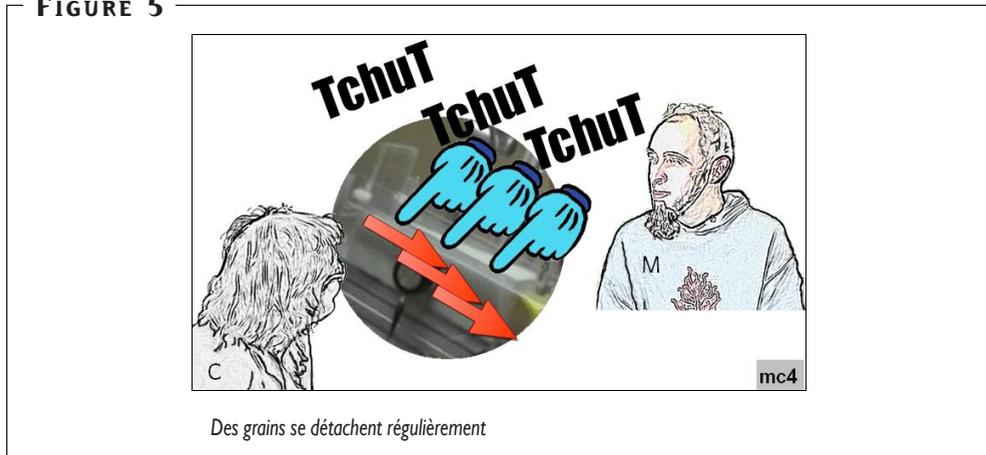
bougent de manière collective<sup>3</sup>, tous en même temps, et de façon régulière avec l'angle d'inclinaison. Tous les un degré ça augmente de plus en plus. En fait, les précurseurs, on les voit surtout avec la caméra (Figure 4); et même à l'œil nu on voit les grains qui font tchutt tchutt tchutt! (Figure 5)». Les capteurs utilisés sont une caméra qui surplombe la boîte pour capter des images de la surface (Figure 4).

3 La formulation nous paraît singulière mais encline à créer cette image de pans entiers de la surface de grains qui se détachent. Cette référence à des phénomènes collectifs est issue de la théorie de l'auto-organisation critique qui permet d'étudier les changements brutaux du comportement d'un système. Cette théorie est née des travaux de Bak (Bak, Tang & Wiesenfeld, 1987). Le processus est utilisé pour décrire des sociétés animales (fourmis), des comportements humains (applaudissements, embouteillages), des systèmes géographiques (réseau urbains) ou économiques (krachs boursiers).

FIGURE 4



FIGURE 5

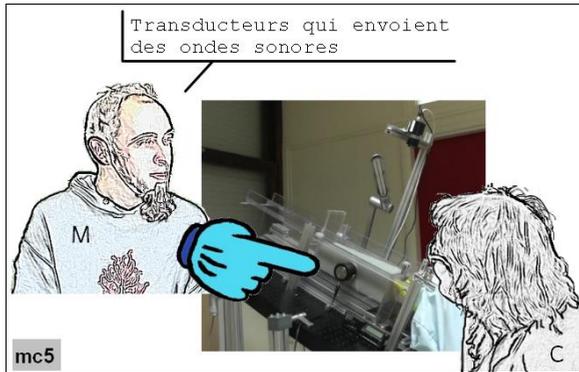


Des transducteurs émettent et réceptionnent des ondes sonores qui se propagent dans les billes (Figure 6). M détecte ainsi des mouvements dans le milieu granulaire.

Il observe de bonnes corrélations entre les données recueillies par la caméra et les données acoustiques (Figure 7).

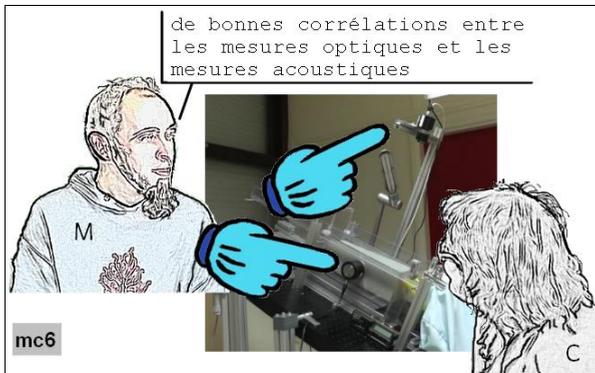
Parmi les éléments que M caractérise ou contrôle dans ses expériences, l'état de la surface des grains, l'humidité ambiante et les vibrations du sol sont centraux. Pour circonscrire le corpus déjà riche, nous n'abordons pas ces aspects dans la présente étude.

**FIGURE 6**



*Les transducteurs émettent des ondes dans le volume*

**FIGURE 7**



*La relation entre les données optiques et acoustiques*

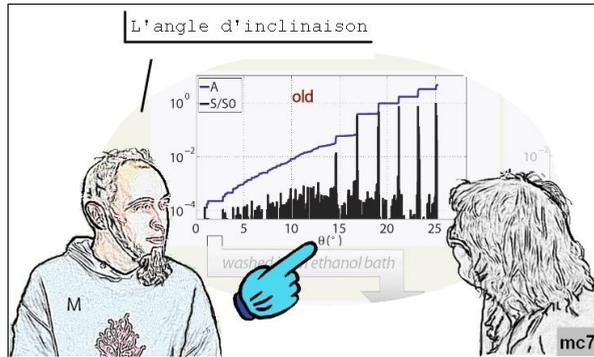
### **Le poster**

À la suite des explications fournies devant la manip, M présente à C ses résultats sur son dernier poster (Figure 1). Le poster est le produit du travail personnel du chercheur, encadré par ses directeurs, et signé par l'équipe. Initialement, ce type de poster est créé à l'occasion d'événements (séminaires, colloques ou congrès). Le chercheur communique ses derniers résultats à des personnes plus ou moins proches de ses préoccupations scientifiques.

Le poster affiché dans la salle de manip a une seconde vie. Comme le souligne M dans l'entretien rétrospectif, pendant les visites, le poster est associé à la description du dispositif expérimental.

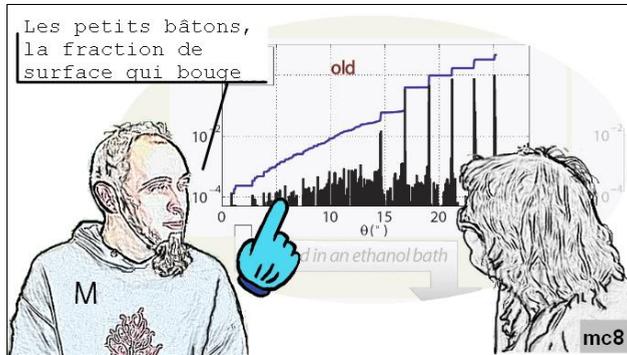
M présente un des graphiques. Il pointe, en abscisse, l'inscription « $\Theta$  (°)», tête en degrés. «Là c'est l'angle d'inclinaison» (Figure 8). «Les petits bâtons, c'est la fraction de surface qui bouge», ajoute-t-il en mettant le doigt sur les bâtons du graphique (Figure 9).

FIGURE 8



L'angle d'inclinaison en abscisse

FIGURE 9

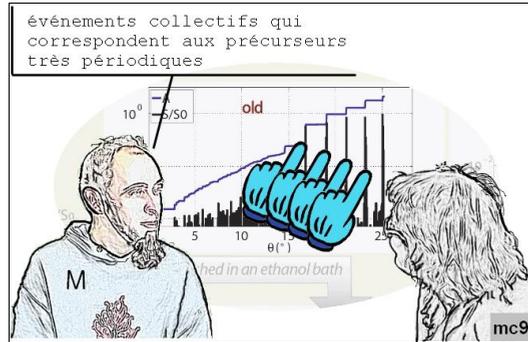


Les bâtons représentent la fraction de surface qui bouge

«C'est une échelle logarithmique, c'est pas une échelle linéaire, donc là, ici, on a 1% de la surface qui a bougé, et à la fin 100%. Donc, c'est l'avalanche et on voit qu'y-a des grands événements collectifs, et qui correspondent aux précurseurs qui sont très périodiques (Figure 10)».

L'échelle logarithmique est mentionnée pour représenter la fraction de surface qui bouge (mc9). Face au montage, M annonçait déjà (mc2): tous les un degré ça augmente de plus en plus. L'expression théorique est beaucoup plus précise. M donne le temps à C de découvrir le reste de son poster. Nous décrivons l'action autonome de C à la fin de la partie suivante, en l'articulant à l'analyse de la situation.

FIGURE 10



Les grandes variations correspondant aux signes précurseurs

## ANALYSE DIDACTIQUE

Nous analysons l'action du chercheur M, nécessaire pour que la visiteuse C ne se perde pas dans l'environnement inconnu. M orchestre l'action, la visite, telle qu'il l'a conçue: le dispositif expérimental, puis le poster. Pour comprendre sa stratégie, nous repérons des moments clés (mc) au fil des deux épisodes. Ils correspondent à des relations entre des éléments de savoir que M propose pour expliquer sa pratique à C.

Le chercheur mène d'abord la visiteuse devant la manip. M utilise sa main (mc1, Figure 2) pour montrer la position initiale de la boîte par rapport à sa position finale observable, et ainsi, exprimer l'inclinaison de la boîte contenant les micro billes. En s'appuyant sur la différence d'épaisseur de billes, en amont et en aval de la boîte (mc2, Figure 3), M montre à C d'où les grains partent avant l'avalanche. Il nomme ces mouvements de grains *signes précurseurs*, et les décrit comme réguliers.

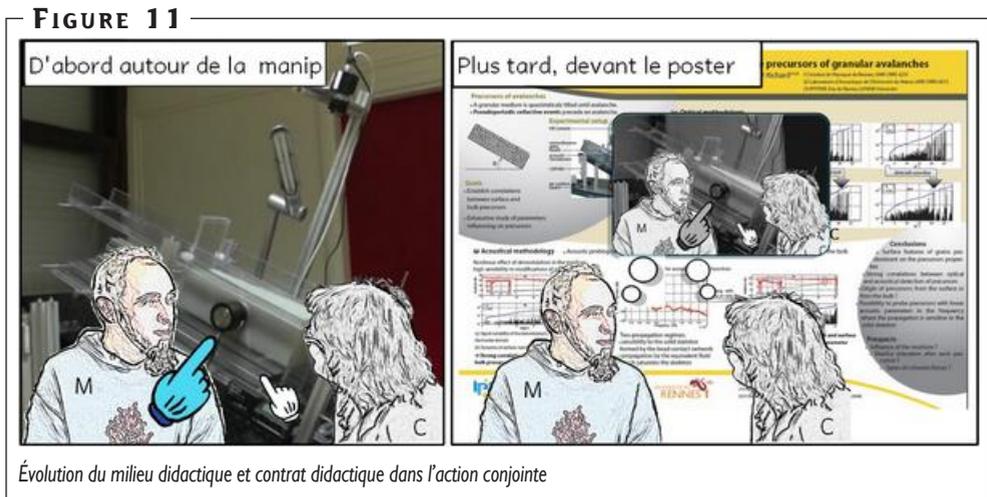
La caméra est montrée du doigt (mc3, Figure 4), et son rôle justifié méthodologiquement: c'est l'instrument optique qui permet d'enregistrer puis d'observer les mouvements. M ne montre pas les images filmées, mais mime, avec des bruitages (mc4, Figure 5), les mouvements précurseurs évoqués précédemment.

M pointe un transducteur (mc5, Figure 6), et définit son rôle. Il choisit d'exprimer cet élément de savoir, sachant que C n'est pas connaisseur de ce type d'instrument. Quand il invite un collègue acousticien, il ne le fait pas. Nous identifions ici un élément de *contrat didactique* antérieur à la situation qui agit sur l'action de M avec C: M sait que C n'a pas de compétences en acoustique. Le *milieu didactique* est organisé par M pour C. La transaction entre M et C repose sur un contrat didactique antérieur à cette visite. Il évoque enfin (mc6, Figure 7) les bonnes corrélations entre les mesures acoustiques et optiques. Pour cela, il pointe les instruments qui permettent de capturer les données et d'effectuer les mesures.

Pour résumer, devant la manip, M organise le milieu didactique et aide C à faire des relations entre les différents éléments. Ces relations créent des savoirs:

- M crée des avalanches en inclinant une boîte pleine de micro billes.
- À partir d'un certain angle, les grains commencent à se détacher collectivement.
- Les précurseurs peuvent permettre de prédire l'avalanche.
- Les fractions de surface se détachent régulièrement et augmentent de plus en plus.
- M filme ces mouvements de surface pour les étudier.
- M associe aux données optiques des mesures acoustiques, réalisées dans le volume de la boîte, à l'aide de transducteurs.
- Les transducteurs servent à envoyer et à réceptionner des ondes sonores.
- Quand il compare les deux types de données, il obtient des corrélations.

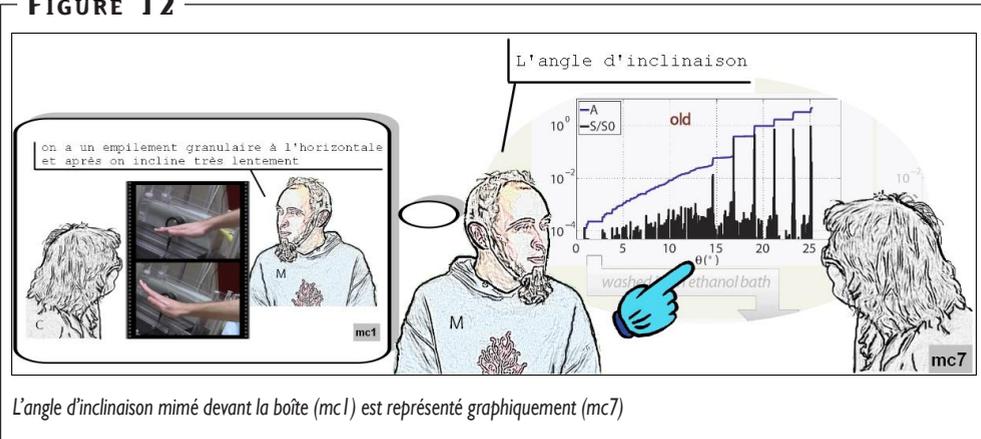
Nous repérons un élément de savoir qui oriente un choix stratégique de M. Sachant que C n'est pas spécialiste de son domaine, il lui précise le rôle des transducteurs. Il s'agit d'un élément de *contrat didactique* antérieur à la situation.



M mène ensuite C devant son dernier poster. L'affiche est composée de systèmes sémiotiques variés: graphiques, textes, photographie, logos, schémas et équations. L'environnement est encore très dense. Durant l'épisode devant le poster, M fait référence de façon explicite ou implicite à ce qui vient d'être construit devant la manip. Le premier épisode est en arrière-plan (Figure 11). Raisonnablement, M considère que les éléments de savoir abordés devant la manip sont partagés.

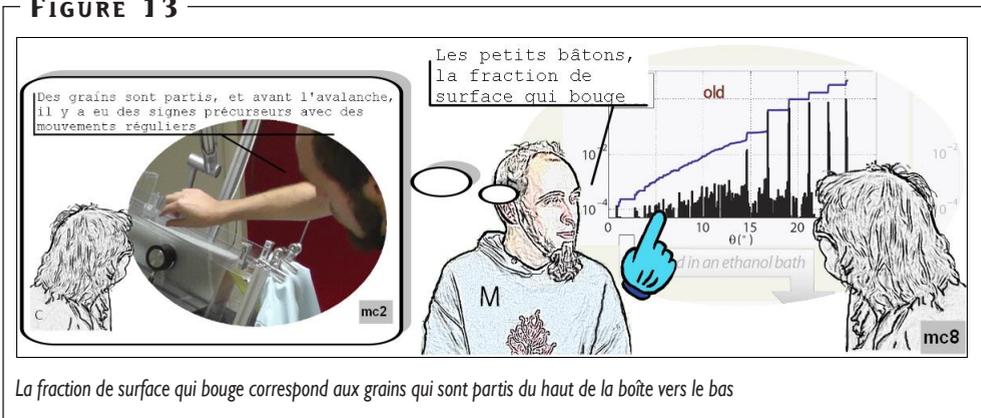
M engage C dans la lecture d'un graphique: il pointe « $\theta$  ( $^\circ$ )» et lit la grandeur qui varie en abscisse, «l'angle d'inclinaison» (mc7 et rappel de mc1, Figure 12).

**FIGURE 12**



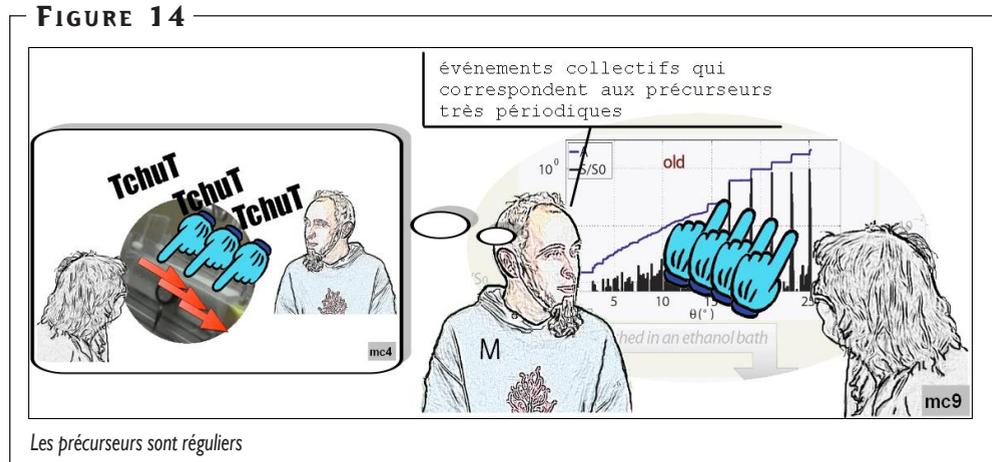
Il montre les bâtons qui correspondent à «la fraction de surface qui bouge» (mc8 et rappel de mc2, Figure 13). C fait le lien et s'appuie sur ce que M a construit précédemment: l'inclinaison de la boîte par rapport à l'horizontale correspond à l'angle (mc1); les grains qui se détachent collectivement, les signes précurseurs correspondent à la fraction de surface qui bouge. Les éléments de savoir définis devant la manip (mc1 puis mc2) sont des éléments déjà-là (éléments de contrat) sur lesquels M compte pour que C fasse les relations nécessaires à la compréhension des représentations graphiques (nouveau milieu didactique).

**FIGURE 13**



Avec tous les éléments, certains contractuels, et d'autres puisés dans le milieu didactique actualisé, C peut voir «les petites barres noires» comme les «grains qui sont partis» (mc2). Les «fractions de surface qui bougent» deviennent plus importantes quand «l'inclinaison» de la boîte augmente.

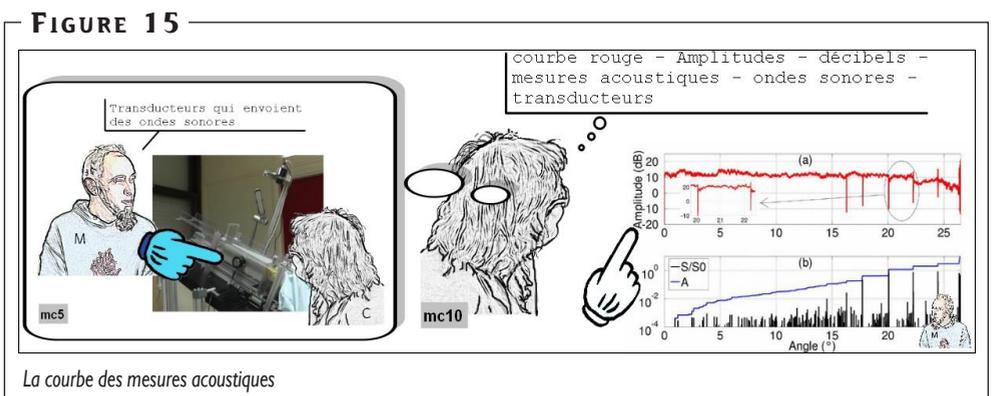
Les grains se détachent avec «régularité». M pointe chaque forte variation d'amplitude, avant la variation finale, l'avalanche. Ce sont les «événements collectifs qui correspondent aux précurseurs très périodiques» (mc9, Figure 14). Les signes précurseurs des avalanches mimés précédemment à la surface des micro billes (mc4) sont repérés sur le graphique.



La régularité des précurseurs et l'augmentation de leur amplitude sont des données qui permettent la prédiction de l'avalanche. Il s'agit d'un des résultats majeurs de la recherche de M.

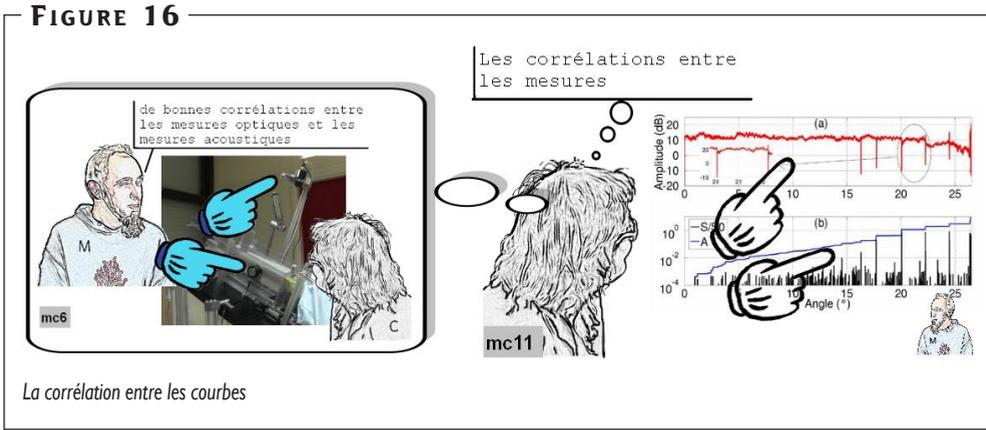
## DESCRIPTION ET ANALYSE D'UN MOMENT D'AUTONOMIE DE L'ÉLÈVE

La courbe rouge n'est pas commentée par M, mais il laisse le temps à C de découvrir le poster. C se prend au jeu (engagé par M) de passer de la manip à la représentation graphique des résultats. Avec l'amplitude (dB) en ordonnée (mc10, Figure 15), C suppose que la courbe rouge est l'expression graphique des mesures acoustiques (mc5).



Le rapprochement de la courbe rouge et de la courbe noire (mc11, Figure 16) justifierait les corrélations annoncées plus tôt (mc6) entre ce qui se passe en surface (enregistrements optiques) et ce qui se passe dans le volume (enregistrements acoustiques).

C ne demande pas de confirmation à M: la légende en anglais valide son interprétation: «*Good correlations between bulk and surface precursors*». Les éléments de savoirs contractualisés précédemment s'articulent (mc6, mais aussi mc10) avec le milieu didactique exploré par C. Ils sont réinvestis dans la lecture du poster.



Nous notons, avec un recul de plusieurs mois, que l'interprétation de C se base sur le seul usage social du *décibel*: une unité de mesure du «bruit». Or, l'unité indique aussi (et surtout) que l'échelle de représentation de l'amplitude est logarithmique. Une rencontre fortuite avec les logarithmes et les décibels, quelques mois après sa visite au laboratoire, offre à C des éléments supplémentaires à mettre en relation avec la lecture des graphiques de M.

Pour résumer, nous observons, devant le poster, des rappels plus ou moins explicites de ce qui est montré précédemment devant la manip. Les éléments du milieu didactique construit précédemment sont assimilés par C. *A priori*, elle fait les relations attendues par M. Dans l'entretien rétrospectif, M déclare qu'il fait confiance aux adultes qui viennent en visite de leur propre mouvement. Le cas échéant, ils expriment les malentendus: pour M, c'est un élément de contrat. M peut raisonnablement considérer que C a construit des savoirs qui font partie d'un arrière-plan commun, d'un *contrat*, sur lequel il peut compter pour faire évoluer le *milieu didactique*. M opère une traduction du réel en langage scientifique. Il spécifie les instruments, les grandeurs, les unités, les modes de représentations du réel, leur usage. La version traduite sur le poster des travaux de recherche de M permet à C de se construire de nouveaux savoirs. Elle poursuit la visite avec un arrière-plan plus riche qui contribue à orienter différemment les transactions.

## DISCUSSION

### **Évolutions du contrat et du milieu et de leur relations**

La progression du savoir est liée à l'usage de deux ressources matérielles: la manip et le poster. Le milieu que M actualise et organise pour C est associé à ces deux ressources, mais il est plus restreint que cet environnement. Nous avons identifié des moments clés chargés d'éléments de savoir. Ce sont diverses formes matérielles et symboliques: un mime, une caméra, une onomatopée, une inscription, « $\theta$  (°)», un graphique, des discours verbaux. Un système complexe contribue à la mise en place du milieu. Les éléments qui le composent sont de natures différentes. Forest rappelle que «*les sollicitations non-verbales du professeur, dans les relations qu'elles suscitent au milieu, ne peuvent être dissociées de son organisation matérielle et symbolique*» (2008, p. 86). Ces formes matérielles et symboliques que M présente à C sont le milieu que le professeur actualise pour l'élève. Elles forment la *mésogenèse*.

La *topogenèse* prend en compte le transactant qui fait avancer le savoir dans la situation didactique. Ici, comme C intervient peu dans la transaction, sauf pour acquiescer, la *topogenèse* est principalement prise en charge par M. Par contre C fait avancer son propre savoir (mc10-11) en s'appuyant sur le *milieu didactique*, et en convoquant des éléments du *contrat didactique* récemment construit par M.

L'arrivée chronologique de ces formes matérielles et symboliques et leur mise en relation permettent la construction de savoirs nouveaux. La *chronogenèse* est la mise en relation progressive d'éléments de savoir.

Nous retrouvons dans le tableau du triplet (Tableau) les moments clés associés aux éléments de savoir mis dans le milieu par M, d'abord devant la manip, puis devant le poster. Nous en proposons une lecture accompagnée de deux moments clés (mc1 et mc7) pour aider à son décryptage.

Le moment clé 1 (mc1) correspond au moment où M indique, qu'au départ, la boîte présente un «empilement granulaire horizontal». Puis, elle est inclinée: il fait alors un mouvement d'inclinaison, jusqu'à la position observée.

Dans le tableau, les cellules pleinement colorées correspondent aux éléments de savoir mis dans le milieu, progressivement par Mickaël.

Le moment clé 7 (mc7) correspond au moment où, devant le poster, M pointe l'abscisse du graphique « $\theta$  (°)» et parle «d'angle d'inclinaison». De façon implicite, il fait référence l'«empilement granulaire à horizontale» et à l'inclinaison de la boîte (mc1). C comprend que le graphique représente ce qu'il se passe au fur et à mesure que M incline la boîte.

Dans le tableau, les cellules contenant une croix surlignée correspondent aux inférences nécessaires pour comprendre la situation actualisée dans le milieu. Le savoir de référence a préalablement été construit par le professeur: ce dernier pense que le savoir préalablement construit fait raisonnablement partie de l'arrière-plan commun des deux adultes. Ce savoir «la boîte pleine de sable est initialement à l'horizontale, puis inclinée pour créer une avalanche» est dans le contrat didactique.

**TABLEAU**

*Relations entre le contrat et le milieu didactiques dans la situation de visite du laboratoire*

Systèmes de ressources d'appui ==>	Éléments de savoirs mis dans le milieu MESOGENESE	Initiateur de la mise en relation TOPOGENESE										
		M : chercheur en physique										C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	<b>Moments clés (mc)</b>											
Dispositif expérimental + mime + onomatopées	Empilement granulaire horizontal	x						x				
	Inclinaison	x						x				
	Des grains sont partis		x						x			
	Signes précurseurs		x	x	x				x	x		x
	Mouvements réguliers qui s'amplifient de plus en plus		x		x					x		
	Caméra			x	x		x					x
	Tchutt, tchutt, tchutt				x					x		
	Transducteurs					x	x				x	
	Ondes sonores qui se propagent					x					x	x
	Bonnes corrélations (entre mesures acoustiques et mesures optiques)						x				x	x
							x					x
Graphique sur poster + didactiques	Angle d'inclinaison $\theta$ (°)							x	x			
	Courbe noire							x	x			
	Petits bâtons/fractions de surface qui bougent								x	x		x
	Échelle logarithmique								x		-	
	Grands événements collectifs									x		
	Précurseurs très périodiques									x		x
	Courbe rouge - amplitude - décibels										x	x
	Corrélation entre les mesures											x
	<b>Moments clés (mc)</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		<b>Relations dans le temps</b>  <b>CHRONOGENESE</b>										

Une fois assimilés, mis en relation, les éléments de savoirs forment un arrière-plan partagé par les transactants, ils sont dans le contrat didactique. M et C abordent les nouveaux milieux didactiques, ou l'évolution du milieu didactique, avec ce contrat. Par exemple, les moments clés 8-9 reposent sur le contrat didactique construit pendant mc2-3-4.

Visuellement dans le tableau, la chronogenèse est marquée par les moments clés qui forment une diagonale d'éléments de savoir articulés. Ils modélisent l'évolution du milieu didactique, de nouveaux éléments de savoirs qui s'enchaînent et se combinent avec des relations déjà-là. Les éléments (surlignés dans le tableau) au-dessus de cette diagonale correspondent aux éléments précédemment contractualisés. M les a orchestrés pour permettre à C de les convoquer au moment où elle aborde de nou-

veaux milieux didactiques. Nous observons ainsi, aussi, comment les ressources sont articulées.

Quelquefois, M rappelle explicitement certains éléments du contrat: il répète des termes exacts employés dans l'épisode précédent et les enrichit; il jette un regard ou pointe un doigt vers l'espace où s'est jouée la transaction à laquelle il se réfère. Il les associe aux nouveaux éléments de savoir qu'il met dans le milieu didactique, et facilite ainsi les relations. Quelquefois, les éléments de savoirs du contrat didactique sont implicites. Ils peuvent être nombreux dans une rencontre ponctuelle: il revient au visiteur de convoquer les éléments de savoirs nécessaires à la compréhension de la situation ou d'exprimer son incertitude.

L'arrière-plan entre C et M, avant d'aborder le moment clé I, repose sur une rencontre antérieure à la visite. C y évoque sa recherche en Sciences de l'Homme et de la Société. Le statut de profane de C en sciences physiques au niveau universitaire est alors clairement exprimé. Nous repérons des éléments de ce contrat dans le soin particulier que M porte à présenter à C la méthode acoustique, et à l'accompagner dans la lecture des graphiques. Par contre, M ne fait pas toucher les micro billes à C. Leur rencontre antérieure a permis cette familiarisation avec le granulaire.

Une part d'implicite du contrat réside dans la stratégie didactique du professeur. Si l'élève parvient à la déchiffrer, et qu'il a du temps pour investir le milieu didactique, faire les relations entre les éléments de savoirs épars, il accède seul à de nouveaux savoirs. C décrypte la stratégie de M: s'appuyer sur les éléments de savoirs mis en relation devant la manip pour comprendre les graphiques du poster. C repère seule la traduction graphique des corrélations entre les mesures optiques et acoustiques.

En revanche, des savoirs sont construits *proprio motu* par C. La rétro action du milieu didactique (ici le titre en anglais de la combinaison des deux graphiques) valide une partie des savoirs, mais d'autres restent approximatifs. Du côté de l'élève C, les éléments de contrat, le déjà-là implicite, peut être insuffisant ou basé sur des analogies approximatifs: elles ne sont pas forcément justes scientifiquement.

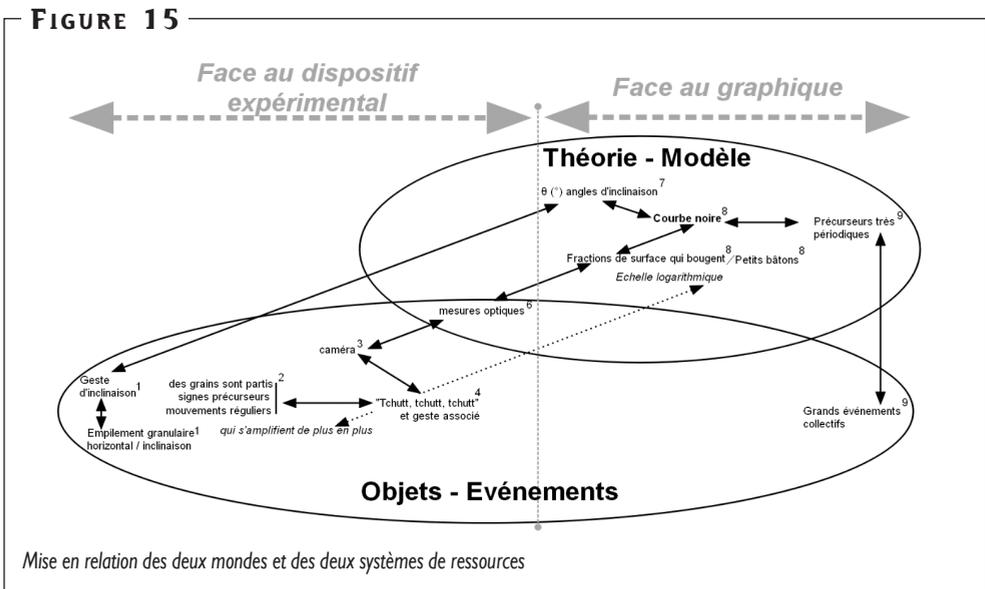
Nous formulons deux remarques. (1) Malgré cette lacune, il nous semble que C tire parti de sa visite. L'analogie entre les décibels et la catégorie «bruit» permet à C de faire les bonnes inférences pour comprendre les corrélations entre les deux courbes au moment de la visite. C répond à sa question initiale relative à l'activité du chercheur et à ses résultats principaux. (2) Certains éléments rencontrés ne font pas milieu pour C, au moment de la visite, mais ils sont réactivés plusieurs mois après, et réinterrogés à l'occasion d'une nouvelle rencontre avec les décibels. Postérieurement, C crée de nouvelles relations, de nouveaux savoirs.

Il nous semble, alors, que l'évaluation immédiate des savoirs acquis à l'issue de la visite ne pourrait pas mesurer le gain de la situation d'apprentissage. Le réinvestissement de certains éléments de savoir se fait à long terme.

**Dispositif expérimental et poster, deux mondes?**

Nous empruntons à Tiberghien et Vince (2005, Figure 5) leur représentation des deux mondes (Tiberghien, 1994) pour analyser la part du discours accordé au monde des objets et événements<sup>4</sup> face au dispositif expérimental, puis la part accordée au discours du monde des modèles et théories face au graphique relatif aux mesures optiques (Figure 17).

Nous organisons les éléments de savoir (verbaux et non verbaux) chronologiquement et les répartissons entre les deux mondes. Les chiffres correspondent aux moments clés, des syntagmes verbaux et non verbaux, des événements qui marquent l'avancée du savoir (mc1-6 face à la manip<sup>5</sup>; mc 7-9 face au graphe relatif aux mesures optiques). Nous mettons en évidence à l'aide de flèches, les éléments que M nous semble articuler au moyen de jeux de langages. Des éléments forment des systèmes à l'intérieur de chaque monde et d'autres se créent entre les deux mondes.



Le schéma peut être lu chronologiquement et en suivant les relations. Ainsi, l'inclinaison par rapport à l'horizontale [point 1] (avec gestuelle) devient l'angle [7] avec un doigt pointé sur « $\theta$  (°)». Les mouvements réguliers qui s'amplifient de plus en plus [2] sont traduits en gestes saccadés et onomatopées tchutt, tchutt, tchutt [4].

4 "Le monde des «théories et modèles» renvoie donc aux concepts généraux et aux constructions abstraites plus locales permettant d'étudier un type d'objets et d'événements; le monde des objets et des événements renvoie à ce qui est accessible par la perception de façon directe (observation) et/ou par le biais d'instruments de mesure" (Veillard & al., 2011).

5 mc5 est exclu: il relève des mesures acoustiques.

Le schéma peut être lu en nous centrant sur l'expression courbe noire [8]: nous observons alors, en parallèle, la construction des deux concepts qui donnent du sens à la courbe: la variable sur laquelle agit le chercheur, l'angle [7], et la variable dépendante la fraction de surface qui bouge [8]. Les constructions trouvent leur origine dans la description de la manip: le geste d'inclinaison par rapport à l'horizontale [1], et les grains qui sont partis [2]. Un élément complémentaire accompagne la grandeur mesurée: l'échelle logarithmique de représentation. Elle est comme annoncée, dès l'observation, par qui s'amplifient de plus en plus [2]. À partir de la courbe, enfin, M conclut sur un de ses résultats: les précurseurs sont très périodiques [9], avec un rappel dans un langage naturel des grands événements collectifs [9] observés plus tôt.

Nous pensons que, dans la situation étudiée, les mesures sont une passerelle entre les deux mondes: le monde des objets sur lequel on doit agir (estimer, comparer, mesurer) et le monde des modèles où l'on doit exprimer la mesure avec des valeurs numériques, des échelles et des grandeurs. Les mesures permettent d'ailleurs à M de basculer de la manip au poster. Le processus de comparaison augmente de plus en plus et celui de la mesure et de son expression échelle logarithmique nous semblent appartenir respectivement au monde des objets et au monde des modèles.

Devant la manip, M utilise un langage naturel, celui de la vie quotidienne. Devant le poster, M se positionne dans un monde des modèles, avec un langage plus théorique, pas autant, cependant, que celui que le chercheur utilise avec ses pairs.

Au-delà des savoirs relatifs à la spécialité de M, l'avalanche de granulaires, le visiteur profane acquiert des savoirs sur les pratiques scientifiques: l'usage de langages mathématiques tels que les graphiques. Son interprétation n'est pas *transparente* (Adler, 2010) pour tous les visiteurs. La relation entre l'expérience et sa représentation graphique mathématique permet de construire et de compléter ses savoirs, de les affiner ou de les réactiver:

- Pendant l'expérience, c'est M qui fait varier l'angle d'inclinaison de la boîte. Et il observe, pour chaque angle (la variable), le mouvement des grains. Dans la construction du graphique, c'est  $x$ , en abscisse, qui varie (l'angle). Et M  $y$  associe, en ordonnée, la grandeur mesurée correspondante, la fraction de surface qui bouge.
- Voir les graphiques comme un langage synthétique qui représente un phénomène réel complexe qui se déroule dans le temps, est une pratique de savoir qui donne, quand elle est assimilée, une puissance d'agir: l'interprétation de nouveaux graphiques (sans le recours au réel) et leur conception.

## CONCLUSION, LIMITES ET PERSPECTIVES

Sur le plan méthodologique, l'étude apporte des outils pour analyser et donner à voir une transaction didactique. Ils demandent à être testés dans d'autres situations, scolaires par exemple.

La visite d'une salle d'expérience par une personne non initiée, guidée par le chercheur spécialiste de l'objet de la visite nous paraît être une situation didactique (Brousseau, 1998), même si elle est réduite ici à un professeur face à un élève adulte. Un *contrat didactique* existe et évolue entre le chercheur et la personne qu'il guide. Des éléments de *contrat didactique* s'articulent au *milieu didactique* dans une situation d'enseignement apprentissage, ponctuelle mais bien réelle. Le milieu didactique offert à l'élève présente plusieurs systèmes sémiotiques ordonnés et mis en relation. Ce codage sémantique est principalement ici organisé par le professeur, pour aider l'élève dans sa tâche d'apprentissage. La mémoire à court terme de ces relations permet de les convoquer à d'autres moments, et de produire ainsi de nouveaux éléments de savoir. Avec Matheron et Salin, nous pensons que «*l'action enseignante reconstruit publiquement la mémoire officielle pour mener à bien le projet d'enseignement*» (2002, p. 63). Selon les situations, le professeur doit rappeler de façon explicite les éléments auxquels il se réfère.

La rencontre avec le milieu didactique n'est pas toujours productive de savoirs *in situ*. Elle peut cependant laisser des traces (sentiments, perceptions sensibles, éléments de savoir, questions) prêtes à refaire surface et à devenir un milieu didactique propice à des apprentissages, plus tard. L'acquisition de savoirs chez les élèves, lors de telles situations ponctuelles (visites de laboratoires de recherche, de stands de la Fête de la science) nous paraît difficilement évaluable à l'issue des visites. La production et la conservation de traces des moments clés seraient en revanche productives pour revisiter des éléments non perçus ou non reliés *in situ*: redécouvrir un milieu didactique à partir d'images, de notes, et d'échanges sur un arrière-plan commun.

## RÉFÉRENCES

- Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In G. Gueudet & L. Trouche (Éds), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 7-18). Rennes: PUR-INRP.
- Bak, P., Tang, C., & Wiesenfeld, K. (1987). Self-organized criticality: an explanation of 1/f noise. *Physical Review Letters*, 59(4), 381-384.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Collins, H. (2011). Language and practice. *Social Studies of Science*, 41(2), 271-300.
- Forest, D. (2006). *Analyse proxémique d'interactions didactiques*. Thèse de doctorat, France, Rennes, Université Rennes 2.
- Forest, D. (2008). Agencements didactiques: pour une analyse fonctionnelle du comportement non-verbal du professeur. *Revue Française de Pédagogie*, 165, 77-89.
- Gruson, B., Forest, D., & Loquet, M. (Éds) (2012). *Jeux de savoir Études de l'action conjointe en didactique*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (Éd.). (2010). *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs de mathématiques*. Rennes: PUR-INRP.
- Ingold, T. (2011). *Une brève histoire des lignes [2007]*. Bruxelles: Zones Sensibles Éditions.

- Latour, B., & Woolgar, S. (1988). *La vie de laboratoire: la production des faits scientifiques*. Paris: La Découverte.
- Martinand, J.-L. (1989). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences techniques. *Les sciences de l'éducation, pour l'ère nouvelle*, 2, 23-29.
- Matheron, Y., & Salin, M.-H. (2002). Les pratiques ostensives comme travail de construction d'une mémoire officielle de la classe dans l'action enseignante. *Revue Française de Pédagogie*, 141, 57-66.
- Morales Ibarra, G. S. Z. (2014). *L'enseignement et l'apprentissage de la représentation. Une étude de cas en maternelle: le jeu des trésors*. Thèse de doctorat, France, Rennes, Université de Bretagne Occidentale.
- Santini, J. (2013). Une étude du système de jeux de savoirs dans la théorie de l'action conjointe en didactique. Le cas de l'usage des modèles concrets en géologie au Cours Moyen. *Éducation et Didactique*, 7(2), 69-94.
- Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles: De Boeck.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71-87.
- Tiberghien, A., & Malkoun, L. (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Education et Didactiques*, 1(1), 29-54.
- Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Étude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du Français Contemporain*, 10, 153-176.
- Veillard, L., Tiberghien, A., & Vince, J. (2011). Analyse d'une activité de conception collaborative de ressources pour l'enseignement de la physique et la formation des professeurs: Le rôle de théories ou outils spécifiques. *Activités*, 8(2), 202-227.

