

# ORIGINE ET DÉVELOPPEMENT DU CADRE DE L'APPRENTISSAGE PAR PROBLÉMATISATION

Sylvain DOUSSOT, Magali HERSANT, Yann LHOSTE et Denise ORANGE RAVACHOL

Cet ouvrage s'adresse aux chercheurs en sciences de l'éducation, en particulier didacticiens, aux formateurs d'enseignants et aux étudiants en doctorat ou en masters de didactiques. De façon inédite, il regroupe des études qui mobilisent le cadre de l'apprentissage par problématisation dans différentes disciplines scolaires (sciences de la vie et de la Terre [SVT], éducation physique et sportive [EPS], mathématiques, histoire, sciences physiques, littérature, arts, philosophie), de l'école élémentaire au lycée, et en formation. Chacune de ces études prend appui sur un corpus et précise ce que signifie problématiser dans la discipline en question ou en formation en mobilisant des concepts spécifiques du cadre théorique de la problématisation. Cet ouvrage devrait ainsi permettre au lecteur de s'approprier les problématiques et les outils de ce cadre.

L'ensemble de ces études invite aussi à une réflexion de didactique comparée puisque le même cadre théorique est mobilisé dans différentes didactiques disciplinaires et en didactique de la formation. Pour permettre au lecteur de comprendre comment cet usage d'un cadre didactique issu de la didactique des SVT a pu être mobilisé de façon fructueuse par d'autres didactiques, il nous a semblé souhaitable de fournir dans cette introduction des repères sur le contexte de son émergence et de son développement.

## LES ORIGINES

Penser les origines n'est pas aisé. « La complaisance à rechercher, à trouver et à célébrer des précurseurs est le symptôme le plus net d'inaptitude à la critique épistémologique » (Canguilhem, 1989, p. 21). Dans une logique rétrospective, comment penser les conditions ayant rendu possible l'émergence du cadre théorique de la problématisation ? À partir de quoi et comment tenter une telle reconstitution ? On sait l'importance qu'a prise ce cadre dans la communauté actuelle des didacticiens. On sait aussi qu'une partie du groupe fondateur et que des chercheurs dont le parcours s'est forgé dans le « bain » initial prennent encore part à des recherches. Alors que les recherches en didactique se déploient et se consolident dans les années 1980 et à la charnière des années 1980 et 1990

(les travaux sur la modélisation en sciences expérimentales coordonnés par Martinand, les ouvrages de Astolfi et Develay [1989] et de Johsua et Dupin [1993], etc.), qu'est-ce qui fait qu'au début des années 1990, le développement de ce cadre a été possible ?

### **Contexte institutionnel**

Pour prévenir les risques pointés par Canguilhem, nous adoptons le parti de rechercher ce qui dans les années 1980 a joué le rôle de ferment pour le développement du cadre théorique de la problématisation dans le fonctionnement d'un petit groupe de chercheurs et formateurs à l'École normale de la Manche (Saint-Lô, Manche, France) engagés dans la formation des enseignants. Le groupe en question, interdisciplinaire, est composé de Michel Fabre, professeur agrégé de philosophie devenu en 1991 maître de conférences en sciences de l'éducation, de Christian Ridao et de Christian Orange, alors professeurs agrégés de sciences naturelles, et d'Alain Le Bas, alors professeur agrégé en EPS. Ce groupe fonctionne en privilégiant des co-interventions dans un contexte où les formations initiales et continues des enseignants du premier et du second degré sont relativement longues (certains stages d'instituteurs puis de professeurs des écoles durent plusieurs semaines) et/ou peuvent exister sur plusieurs jours et plusieurs années (ainsi en est-il du stage du PAF [Plan académique de formation] intitulé « Épistémologie et pédagogie de la biologie », étalé sur deux ans à raison d'une session annuelle de trois jours, et destiné aux enseignants du second degré).

### **Contexte didactique**

Didactiquement parlant, en quoi le « milieu » construit par le groupe interdisciplinaire saint-lois rendit-il possible l'émergence du cadre théorique de la problématisation ? C'est en questionnant l'enracinement des publications fondatrices de 1993, rassemblées dans le numéro 4-5/1993 de la revue *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, que nous trouvons des éléments d'éclairage. Michel Fabre est éditeur de ce numéro. Christian Orange et Denise Orange Ravachol ainsi que Christian Ridao y contribuent. Voici ce qu'écrivit Michel Fabre dans la présentation de ce numéro : « Tous les travaux présentés ici se situent dans un cadre constructiviste. Ils envisagent l'apprentissage comme élaboration par l'élève de concepts ou de modèles explicatifs dans le cadre de situations problèmes » (p. 5). Il précise notamment que « Christian Orange analyse ainsi l'interaction forte entre connaissances et problèmes dans l'épistémologie contemporaine, tout en soulignant la polysémie de l'idée de problème ». Et il ajoute : « À quelles conditions, l'idée de situation problème pourrait-elle basculer résolument d'une épistémologie cartésienne de la résolution à une épistémologie bachelardienne de la problématisation ? » (p. 6). Ce positionnement dit déjà ce qui fonde la problématisation : le fait que la construction de savoirs va avec le travail des problèmes, qu'elle ne s'attaque pas à n'importe quels problèmes, qu'elle ne se contente pas de les résoudre.

À remonter le temps, on retrouve ce positionnement dans le stage « Épistémologie et pédagogie de la biologie », proposé en formation continue aux professeurs de SVT du second degré par Michel Fabre et Christian Ridao dès 1987. Voici les objectifs de ce stage, tels que Christian Ridao les exprime dans un courrier du 14 décembre 1987 :

« Nous vous rappelons les objectifs :

- acquérir quelques éléments d'histoire des sciences;
- acquérir quelques éléments d'épistémologie;
- réfléchir à la mise en œuvre d'une pédagogie qui prendrait en compte l'évolution des savoirs et démarches (des scientifiques et des élèves) en biologie. »

Dans ce même courrier, Christian Ridao insiste sur ce qu'est l'épistémologie et il confie, aux professeurs inscrits à ce stage, une tâche qui sera pour eux très déroutante *a priori* : classer une liste de 30 propositions, chacune renvoyant à une « image » de l'activité scientifique, de façon à ce que « chaque participant puisse faire le point sur la façon dont il conçoit l'activité scientifique ».

C'est donc dans un cadre banal de formations d'enseignants que le groupe saint-lois tient à provoquer et à entretenir dans le monde de la recherche et de l'enseignement des réflexions sur les apprentissages et les enseignements fortement étayés épistémologiquement.

### **Développement du cadre théorique de la problématisation**

Dans les décennies 1990 et 2000, on assiste à une multiplication des travaux sur la problématisation sous l'impulsion des membres fondateurs saint-lois. Ces périodes sont marquées par la réalisation de plusieurs thèses et habilitations à diriger des recherches (HDR), en didactique des sciences (Orange, 1994; 2000; Orange Ravachol, 2003; 2010; Beorchia, 2004; Lhoste, 2008; 2014) mais aussi dans d'autres didactiques (en EPS, Lebas, 1995; Lebouvier, 2007; Ouitre, 2009; en histoire, Doussot, 2009; 2015; en mathématiques, Hersant, 2010), par la publication d'ouvrages (Fabre, 1989; 1994; 1999; Orange, 1997) et des articles (Fabre et Orange, 1997; *Aster*, n° 40, 2005; *Recherche et formation*, n° 48, 2005; Le Marec, Doussot et Vézier, 2009) à forte résonance directe ou indirecte dans le monde de la recherche et de la formation parce qu'ils questionnent des *impensés* (le travail du problème vs la résolution du problème), qu'ils re-questionnent des concepts ou notions-clés des didactiques (les représentations, l'erreur), qu'ils redonnent une forte consistance aux savoirs (des savoirs apodictiques vs des savoirs assertoriques).

### **LE DÉVELOPPEMENT DU CADRE ET SA VALEUR HEURISTIQUE COMME CADRE THÉORIQUE**

Cet essaimage des SVT vers d'autres disciplines peut être mis en relation, de façon conjoncturelle, avec les recrutements effectués à l'IUFM des Pays de la Loire. En effet, à partir de 1997, Michel Fabre et Christian Orange sont tous deux en poste à Nantes, au CREN, et créent en 2000 le séminaire « problématisation ». À partir de cette date, les didacticiens recrutés à l'IUFM sont accueillis dans ce séminaire et, ainsi, petit à petit, des didacticiens des sciences physiques, de l'histoire, des mathématiques, du français, de l'éducation musicale, de l'EPS, etc., s'approprient le cadre pour leurs propres travaux.

Mais fondamentalement on peut s'interroger : alors que ces approches didactiques revendiquent un ancrage épistémologique fort, quelles conditions ont permis l'essaimage du cadre de la problématisation dans des didactiques aussi diverses ? Et, en retour, quelles questions cette ouverture a-t-elle soulevées ? Autrement dit, comment, à la fois, tenir une

référence essentielle à l'épistémologie de chaque discipline et développer une approche comparatiste ? Il nous semble que l'on peut expliquer, pour partie, l'essaiage du cadre par le développement d'un programme de recherche structuré autour des notions de problème et d'apprentissage qui font écho chez tout didacticien. Les thématiques annuelles des séminaires et des colloques du réseau « Probléma<sup>1</sup> », ainsi que les recherches INRP<sup>2</sup> portées par Christian Orange rendent bien compte de ce qui a été mis au travail au fil des années dans ce programme et des ancrages de cet essaiage. On identifie en particulier :

- un faisceau de questions sur les enchaînements et dynamiques de problématisation (Orange [2006] puis thématiques des colloques du réseau Probléma de Granville [2011] à Bruxelles [2013]) qui englobe des réflexions sur les différents types de problématisation, technique et théorique (séminaires de 2004 ; Orange [2005] ; colloque de Bizerte [2010]) mais aussi les aides à la problématisation (inducteurs en particulier, Fabre et Musquer [2009a ; 2009b]) ;
- une orientation autour des questions de problématisation et langages, en lien avec les recherches INRP « Argumentation » (2000-2003) puis « Mise en texte et pratiques des savoirs dans les disciplines scolaires » (2006-2019) et des collaborations avec des chercheurs du laboratoire de Bordeaux (Bernié, Jaubert, Rebière et Schneeberger) ;
- et, enfin, des approfondissements sur le cadre de la problématisation (colloques Probléma de Nantes [2015], Lille [2016] et Nantes [2017]) qui débouchent sur les problématiques actuelles de cadres et malentendus scolaires (colloque Probléma de Saint-Lô [2018]).

Il est alors intéressant de reprendre de façon thématisée ces directions de recherche qui ont été débattues et travaillées lors des séminaires et des colloques Probléma et qui, fondamentalement, nourrissent les contributions présentées dans cet ouvrage.

### ***Enchaînements et dynamiques de problématisation***

Parler en termes de problématisation c'est attribuer une place centrale au problème et, surtout, au processus de construction de problèmes. Que ce soit en classe ou dans le champ de la recherche scientifique, ce processus s'opère dans une mise en tension dynamique du registre empirique et du registre des modèles (ou entre données et conditions). Ainsi, d'une part, le registre empirique n'est pas donné au début du travail du problème, il s'élabore et s'organise au cours du processus de problématisation, en référence à un problème donné, au modèle en construction et à un cadre pour penser ce problème. Cela implique que la caractéristique de registre empirique et de registre des modèles est relative et non intrinsèque aux objets considérés. Et, d'autre part, « registre des modèles et registre empirique fonctionnent en même temps » au cours du développement de problématiques successives qui donnent lieu à des « enchaînements problématiques » (Orange, 2006, p. 83). Ainsi, par exemple, dans la problématisation du médecin et physiologiste

1. Le réseau « Probléma » regroupe les chercheurs de différents laboratoires en France, au Canada, au Portugal et en Grèce qui mobilisent le cadre de la problématisation. Il organise un colloque par an. En 2018, le 15<sup>e</sup> colloque du réseau s'est déroulé à Saint-Lô, berceau de la problématisation.
2. 2000-2003 : recherche INRP n° 30015, *Argumentation et démonstration dans les débats et discussion en classe* ; 2006-2009 : recherche INRP-IUFM des Pays de la Loire, d'Aquitaine et de Basse-Normandie, *Mises en texte et pratiques des savoirs dans les disciplines scolaires*.

Claude Bernard, la nécessité d'un milieu liquide protecteur (le « milieu intérieur ») conduit à un nouveau problème explicatif : « comment le milieu intérieur est-il maintenu constant ? » (Orange, 2006, p. 84). De la même façon, en classe, la construction d'un problème peut amener à poser d'autres problèmes. Par exemple, dans un débat sur la nutrition à l'école « on pourrait également envisager, même si cela est certainement plus difficile pour les élèves, de questionner la nécessité de certains faits empiriques, comme l'existence des excréments : en quoi sont-ils nécessaires au fonctionnement de la nutrition ? La discussion mobiliserait à peu près les mêmes éléments que celle portant sur la transformation » (*ibid.*).

La prise en compte de ces enchaînements problématiques permet d'envisager le curriculum non pas comme une progressivité dans le détail et la complexité des explications mises à disposition des élèves mais comme des « niveaux de problématisation », encore faut-il pouvoir identifier les conditions didactiques qui permettent cette dynamique des problèmes en classe. Ce questionnement (Orange, 2006) sur les enchaînements et dynamiques de problématisation a débouché sur plusieurs concepts importants pour le cadre.

Une partie des travaux s'est orientée vers la recherche *d'aides à la problématisation* pour les élèves. Ainsi, d'une part, la thèse d'Agnès Musquer (2007) a permis la caractérisation des « inducteurs de problématisation » (Fabre et Musquer, 2009a ; 2009b), concept qui a été questionné et travaillé ensuite avec une préoccupation majeure : se garder de tirer les élèves vers la solution au détriment de la construction des nécessités associées (voir ouvrage *Aides à la problématisation* en préparation). D'autre part, et en référence à cet écueil possible, une autre partie des travaux a débouché, en lien avec la construction de séquences forcées (voir les contributions d'Orange, Orange Ravachol, Lhoste et Chalak et de Doussot et Vézier dans cet ouvrage) sur le concept de caricatures (Orange, 2007 ; Orange et Orange Ravachol, 2007 ; Orange, 2010). Les caricatures sont des productions proches de celles que pourraient réaliser les élèves mais elles sont construites de façon à forcer des mises en tension de registres favorables à la construction de nécessités (voir la contribution d'Orange *et al.* dans cet ouvrage). Enfin, une autre partie des travaux a porté sur l'étude de situations de problématisation qui ne sont pas des séquences forcées pour comprendre la dynamique des problèmes alors construites par les élèves (voir la contribution de Hersant dans cet ouvrage). Ces études ont conduit à la notion *d'événements de problématisation* (Doussot, Hersant et Orange Ravachol, 2011 ; 2013). Ces événements se caractérisent par un changement de regard de l'apprenant sur le problème et la façon de le travailler. Ils signalent une évolution significative sur le plan épistémologique de la façon dont les élèves prennent en charge le problème.

### ***Raisonnements, argumentations et pratiques de problématisation : un cadre socio-épistémologique***

Cette orientation de recherche s'installe en collaboration avec les chercheurs bordelais autour de Jean-Paul Bernié qui développe le cadre historico-culturel de la notion de communauté discursive disciplinaire – moyen d'envisager l'enseignement comme « socialement actif ». Elle prend de multiples formes, aussi bien à travers l'accompagnement de

thèses (Lhoste, 2008 ; Doussot, 2009, etc.) que d'une recherche plus institutionnalisée comme celle, sous l'égide de l'INRP, « Mise en texte et pratiques des savoirs dans les disciplines scolaires » (2006-2009).

La manière dont essaime cette orientation ne peut sans doute pas être reconstituée dans ses détails, mais elle gagne à être évoquée à travers l'émergence de notions qui participent au déploiement du cadre, à sa croissance en tant que « science normale » par élucidation de la tradition en vigueur (Kuhn, 1990, p. 315). L'émergence de la notion *d'événement de problématisation* (Doussot, Hersant et Orange Ravachol, 2011 ; 2013) symbolise sans doute assez directement la volonté de prendre en charge la dimension socio-historique de la vie du groupe classe lors des processus de problématisation au cours de séquences construites avec des enseignants. La notion bachelardienne de rupture y trouve certainement une traduction didactique pertinente, susceptible de rendre raison des situations et de leurs dynamiques menant à l'identification et à la manipulation d'obstacles épistémologiques par les acteurs de la classe. L'événement de problématisation marque le passage de la production de réponses à leur mise au travail en tant qu'objet dans une visée de contrôle de sa propre activité de production de solution. Il fait évidemment écho à « l'événement de raison » que Bachelard (1949) évoque dans sa perspective épistémologique de la production scientifique, dans laquelle la temporalité de la raison individuelle est à la fois productive et suspendue pour permettre l'intersubjectivité rationnelle :

« Le *cogito* d'obligation mutuelle, sous sa forme la plus simple, devrait s'exprimer ainsi : je pense que tu vas penser ce que je viens de penser, si je t'informe de l'événement de raison qui vient de m'obliger à penser en avant de ce que je pensais » (p. 58).

Cette collaboration est possible car la dimension sociale des apprentissages est essentielle chez Bachelard, indissociable de la dimension épistémologique (Bachelard, 1938, p. 244) :

« En fait, [...] à l'école, le jeune milieu est plus formateur que le vieux, les camarades plus importants que les maîtres. Les maîtres, surtout dans la multiplicité incohérente de l'enseignement secondaire, donnent des connaissances éphémères et désordonnées, marquées du signe néfaste de l'autorité. Au contraire, les camarades enracinent des instincts indestructibles. Il faudrait donc pousser les élèves, pris en groupe, à la conscience d'une raison de groupe, autrement dit à l'instinct d'objectivité sociale, instinct qu'on méconnaît pour développer de préférence l'instinct contraire d'originalité, sans prendre garde au caractère truqué de cette originalité apprise dans les disciplines littéraires. Autrement dit, pour que la science objective soit pleinement éducatrice, il faudrait que son enseignement fût socialement actif. »

La forme du texte de Bachelard, marquée par son époque, ne doit pas nous empêcher de penser l'actualité forte de ces prises de position. Sous le terme « instinct » il est sans doute pertinent de lire « compétence », et sous la formulation « raison de groupe », celle de communauté discursive disciplinaire. En identifiant l'instinct derrière le savoir, il donne à voir la manière dont le savoir scientifique s'entend comme capacité d'agir, et en particulier d'agir sur son propre comportement pour le contrôler, manifestant par là l'écueil de la dichotomie entre savoirs et capacités. Et, simultanément, il donne à voir la condition

sociale de ce dépassement comme principe fondamental, dit-il juste après cet extrait : « qui est enseigné doit enseigner ». En opposant les deux « instincts » d'objectivité et d'originalité, il ne hiérarchise pas les disciplines (scientifiques et littéraires), il souligne que « dans » ces dernières, des instincts-capacités qu'on nommerait aujourd'hui transversaux peuvent faire croire à la rationalité alors qu'il s'agit de manipulation d'arguments hors contrôle disciplinaire. Toutes ces pistes, présentes dans ce court extrait, méritent d'être soulignées car leur présence dans l'ouvrage de 1938 manifeste que la référence fondamentale faite aux textes de Bachelard dans le développement du cadre théorique de la problématisation n'aurait pas de sens sans cette dimension sociale de la réflexion épistémologique. Il est nécessaire de le pointer ici pour deux raisons. D'une part, dans les recherches didactiques, au sein des sciences de l'éducation, toute approche valorisant la référence épistémologique se trouve rapidement catégorisée du côté de la pure réflexion et de la plus grande distance à la « réalité » de la classe, des élèves en tant que sujets, et des interactions en tant qu'elles sont socialement/historiquement déterminées. D'autre part, les travaux menés dans ce cadre théorique et notamment au sein du séminaire, se sont initialement focalisés sur des objets qui pouvaient laisser penser que la dimension sociale des processus de construction de problème était minorisée ou ignorée – qu'il s'agisse de s'intéresser à la conceptualisation, l'argumentation ou la modélisation. La recherche INRP (2000-2003) centrée sur l'argumentation dans les disciplines en constitue un exemple parlant, l'idée d'argumentation pouvant conduire assez naturellement à favoriser un regard épistémologique hors sol sur les travaux produits, pour le lecteur comme pour le chercheur. C'est pourtant ce type même d'orientation des recherches, notamment à travers l'étude des débats en classe, qui introduit de manière explicite la dimension historico-culturelle ou socio-historique du processus de problématisation à travers une préoccupation affirmée pour les pratiques langagières :

« La formation de la problématisation ne peut être simplement considérée comme une traduction d'une problématisation qui existerait déjà, sous forme implicite, dans la "tête" du chercheur. Le prouve tout le travail de pensée lié à la verbalisation, attesté aussi bien par ce qu'en disent les chercheurs eux-mêmes que par les psycholinguistes de la tradition vygotkienne. La problématisation scientifique est donc nécessairement liée à un travail langagier ; celui-ci n'en est pas qu'un épiphénomène » (Orange, 2005, p. 81).

La formalisation de la démarche empirique de recherche par situations ou séquence forcées (Orange, 2010), n'est pas non plus étrangère à cette perspective socio-historique. L'inclusion du travail collectif entre chercheurs et enseignants dans l'analyse, l'insistance sur le travail simultané de conception et de mise en œuvre, mais aussi la nécessité d'un réajustement systématique de la séquence entre chaque séance en fonction de la réalité empirique observée et analysée « à chaud » sont autant de facteurs temporels explicitement pointés par cette démarche. Et dans la continuité de ces déploiements méthodologiques, la construction de la notion de « caricatures » (Orange, 2007 ; Orange et Orange Ravachol, 2007) au sein de ces séquences forcées marque la manifestation effective des interactions entre le processus de construction de problème, la conceptualisation qui en résulte, et les pratiques et les instruments de ces pratiques.

## ***La centralité de la question des cadres***

L'orientation plus récente des travaux du séminaire en direction de la notion de cadre (à partir de l'année 2013-2014) n'est pas plus fortuite que les orientations décrites dans les points précédents, mais elle n'est pas non plus aisée à décrire dans son déploiement buissonnant. On peut certainement l'évoquer pour commencer par le biais de la notion centrale de registre explicatif issue des travaux de la fin des années 1990. Comme registre donnant sens aux modèles et nécessités qui sont mis en jeu dans une problématisation, il indique une manière habituelle ou établie de confronter les faits et les idées explicatives pour identifier les conditions de possibilité d'une explication. Sous cette définition perce la profondeur qui caractérise ce type de registre, la stabilité qu'il représente dans une activité qui réclame du mouvement entre faits et idées. Le registre explicatif est composé de principes structurants, de modes de raisonnement, des références à des mondes d'expérience. Il est ce qui cadre les opérations de recherche, d'exploration des possibles et d'identification et de caractérisation des conditions. De ce fait, il représente avant tout un élément à la temporalité longue, une tradition, un *habitus* ou encore – dans les termes de Bachelard ci-dessus – un instinct, ce qui cependant n'empêche pas d'y voir aussi le résultat d'une construction. Simplement, ce processus n'a pas la même temporalité que celui de la mise en tension des registres empiriques et des modèles qui constitue le cœur de la dynamique de la problématisation.

La majorité des études menées dans le cadre d'apprentissage par problématisation le sont dans la première temporalité. Il s'agit, souvent par le biais de séquences forcées, d'étudier les potentialités de problématisation des élèves dans leurs classes (avec leurs enseignants) et d'en dégager les conditions de possibilité didactique. Non pas de produire des séquences modèles qui seraient à reproduire et qui pourraient servir de banque de données pour la formation, mais bien plutôt des principes toujours plus fondés et étendus pour une problématisation dans telle ou telle discipline scolaire. C'est ce qu'on lira pour l'essentiel dans les contributions « disciplinaires » qui suivent. Ce faisant, et pour montrer la dimension réflexive du travail du séminaire, il s'agit d'explorer les disciplines scolaires possibles :

« On ne peut nier l'intérêt d'étudier les conditions d'existence d'une discipline, scolaire ou universitaire, en tant que système à produire de l'enseignable, donc d'étudier les conditions d'un apprentissage et d'un enseignement dans cette discipline. À condition cependant de ne pas s'en tenir aux disciplines présentes ici et maintenant, comme si elles étaient des entités figées, mais en incluant l'étude des disciplines passées et surtout : une science ne se construit pas sur des constats mais par l'exploration des possibles » (Orange, 2014, p. 89).

Cependant, cette catégorisation temporellement fondée, qui sépare les dynamiques entre savoirs et problèmes et l'existence de plusieurs registres possibles dans lesquels ces dynamiques prennent sens, est à l'origine d'un questionnement récurrent dans les recherches du séminaire, et dans les textes qui en ont résulté : faire problématiser et enseigner à problématiser sont des opérations qui induisent deux apprentissages différents. Un tel questionnement peut par exemple s'incarner dans la question de savoir si la rupture en jeu dans la classe nécessite ou non un changement de registre explicatif. Il peut également être formulé en termes de degré d'intervention de l'enseignant dans le processus de



problématisation comme le montre Orange (2007). Dans un des cas qu'il étudie, il ressort par comparaison que :

« ce n'est qu'avec l'appui important de l'enseignant que ces impossibilités [construites] peuvent être thématiques comme des nécessités et mises au travail sur d'autres propositions. Dans la mesure où l'exploration des possibles n'est pas maîtrisée par les élèves, la portée des nécessités ne l'est pas non plus. Accéder totalement à des nécessités demanderait un outil d'exploration systématique des possibles, donc un formalisme minimum » (p. 92).

On discerne dans ce résultat la différenciation entre la maîtrise de l'activité (d'exploration des possibles, comme condition d'accès aux savoirs apodictiques) et la maîtrise des impossibilités par les élèves. Les nécessités ont donc été produites, le dispositif a fait problématiser, sans que le sens de ces nécessités soit lui-même travaillé dans la classe, sans que les élèves puissent comprendre qu'ils ont problématisé. Orange fait l'hypothèse que l'outil nécessaire repose sur un « formalisme minimum ». De quoi peut-il s'agir? La thématisation des nécessités reposerait sur la maîtrise d'un cadre susceptible de produire ce sens, c'est-à-dire l'existence non seulement d'habitudes, mais d'habitudes auxquelles on pourrait faire référence formellement (même si ce n'est pas systématiquement le cas dans le fonctionnement des communautés scientifiques).

On voit que ce questionnement débouche sur un problème de recherche central pour le cadre théorique de la problématisation et peut même constituer une anomalie au sens de Kuhn, c'est-à-dire une limite dans les capacités du cadre à prendre en charge certains problèmes qui se posent à lui. Le formalisme attendu ici renvoie en effet plus encore que les modélisations de problématisations scolaires à des références aux fonctionnements des communautés scientifiques qu'il paraît difficile de transposer à la classe. Faudrait-il que les élèves développent des savoirs épistémologiques sur la discipline pour accéder à ces nécessités?

Il est possible que la temporalité des séquences forcées (étude d'une séquence) conduite à ce type d'impasse. Il serait sans doute intéressant, comme l'a exploré Doussot (2015) dans son HDR concernant l'histoire, que l'on remonte à l'ensemble des contraintes et des conditions théoriques dans lesquelles les recherches au sein du séminaire s'organisent pour reconstruire le problème didactique ainsi formulé. L'extension temporelle en direction de l'étude d'une succession de séquences peut ainsi donner à penser non plus une solution par le développement de savoirs épistémologiques chez les élèves, mais plutôt selon l'hypothèse heuristique de Kuhn (1983 ; 1990) d'un apprentissage par exemple exemplaire de construction et de résolution de problème.

## QUELQUES REPÈRES SUR LE CADRE DE L'APPRENTISSAGE PAR PROBLÉMATISATION

Dans différents articles et ouvrages consacrés à la problématisation, Michel Fabre travaille aux caractéristiques génériques de l'activité de problématisation (1993 ; 1997 ; 1999 ; 2003 ; 2005 ; 2007 ; 2009a ; 2009b ; 2015 ; 2016 ; 2017). Il propose cinq critères d'une activité de problématisation. « Problématiser c'est : a) l'examen d'une question ; b) en articulant doute et certitude ; c) en mettant en rapport données et conditions du problème, dans un cadre déterminé ; d) par une pensée qui se surveille elle-même ; e) dans

une perspective heuristique » (Fabre, 2016, p. 15). Notons que données et conditions telles qu'elles sont envisagées par Michel Fabre au point c) sont à mettre en rapport avec les contraintes et les nécessités évoquées dans les sections précédentes, le cadre renvoyant lui au registre explicatif.

Des critères a) et b), nous retenons que l'activité de problématisation est multidimensionnelle et nécessite du temps, un temps long. Elle articule des moments de position, de construction et de résolution de problèmes ne s'enchaînant pas nécessairement dans cet ordre de manière linéaire. En cela l'activité de problématisation s'oppose fermement à une épistémologie de la résolution de problème. Ce qui est important dans cette perspective, c'est bien de relier les savoirs et les pratiques aux problèmes qui les fondent. En ce sens, les savoirs/pratiques problématisées sont en rupture avec le propositionnalisme régulièrement associé aux savoirs scolaires (Astolfi, 1992). Apprendre dans le cadre théorique de la problématisation revient bien à reconstruire les problématiques à l'œuvre dans les savoirs/pratiques.

« Dans cette optique, l'apprentissage est bien référé à la recherche scientifique mais celle-ci reste souvent comprise comme recherche de solutions, comme si les problèmes se posaient tous seuls et comme si la plus haute activité de la pensée ne consistait pas plutôt à sélectionner les problèmes dignes d'intérêt, à éliminer les faux problèmes et à construire des problématiques fécondes » (Fabre, 1993, p. 79).

Le lecteur pourra s'intéresser aux types et aux caractéristiques des problèmes posés dans les différentes disciplines scolaires et dans le cadre de la formation.

Des critères c) et d), nous retenons que l'activité de problématisation se déploie dans un double dédoublement. Un premier dédoublement entre faits/idées, entre données et conditions, entre expérience et théorie dans une dialectique de références et d'inférences. Nous pouvons voir la trace de ce premier dédoublement dans les modélisations de la problématisation en termes d'espace-problème, d'espaces de contraintes (Orange, 1999), de losange de la problématisation (Fabre et Musquer, 2009). Ce qui nous semble important à souligner c'est que dans cette perspective, les faits ou les données malgré leur appellation ne sont pas donnés; ils sont construits, tout comme les conditions, les idées, les expériences ou les théories. Tout est construit dans le cadre de l'enquête. En effet, comme le précise Dewey, l'idée « provoque et dirige de nouvelles observations qui fournissent une nouvelle matière factuelle » (Dewey, 1993 [1967], p. 183-184) et « l'accumulation de ces faits suggère des hypothèses : c'est la dialectique des indices et des preuves » (Fabre, 2006, p. 19). Pour le lecteur, il sera intéressant de suivre comment cette première dialectique se caractérise dans les différentes disciplines scolaires et dans le domaine de la formation des enseignants. Qu'est-ce qui a statut de fait ou de donnée? Qu'est-ce qui a statut de conditions/d'idées? Comment se caractérise, dans une enquête, cette dialectique d'indices et de preuves? Se pose alors la question (celle du cadre évoquée dans le critère c) de savoir comment est « contrôlée » l'enquête. Qu'est-ce qui vient « normer » cette relation faits/idées? Cette nécessité d'un contrôle de l'enquête renvoie à un second dédoublement que Bachelard appelle la « surveillance intellectuelle de soi », c'est-à-dire de la pensée qui agit et qui se juge elle-même en train d'agir, processus cognitif caractéristique de l'activité de problématisation. Ces normes (techniques, paradigmatiques, éthiques, pragmatiques, etc.)

sont parfois à construire mais sont parfois prédéfinies. Il sera intéressant de suivre dans les différentes activités de problématisation décrites dans les contributions suivantes les moments où le travail de la classe ou en formation consiste en la construction de ces normes, de celles où elles mobilisent des normes prédéfinies.

Du critère b) et e), nous pouvons déduire que l'activité de problématisation consiste à aller, à travers l'enquête, du connu vers l'inconnu. Ainsi, à partir d'une situation non totalement déterminée, l'activité de problématisation permet de construire la forme des solutions possibles, voire de les mettre à l'épreuve afin d'assurer leur validité. En ce sens, elle permet la transformation d'une situation indéterminée en une situation unifiée par l'enquête, par la construction d'un certain nombre de points d'appui pour questionner. Comme le précise Michel Fabre, « s'il n'y a pas de points d'appui, il n'y a pas de questionnement possible, même si ces points d'appui ne sont pas des certitudes absolues mais des échafaudages provisoires qui seront peut-être remis en question plus tard, dans une prochaine problématisation » (2009, p. 28). Dans cette perspective la problématisation est une réponse au dilemme du Ménon qui prétendait établir de façon logique l'impossibilité de la recherche. « Pour Meyer en effet, l'oubli du problème semble bien constituer une "constante macabre" de la philosophie occidentale. Comment s'étonner alors que "le sens du problème" – selon l'expression de Bachelard – ait tant de mal à habiter l'école ? » (Fabre, 2007, p. 70). L'enquête est censée permettre de construire une schématisation fonctionnelle ou historique du réel, elle ne reproduit pas la réalité, mais vise la reconstruction des outils, des concepts, des instruments en dépôt dans la culture, dans les différentes cultures disciplinaires. Il serait intéressant pour le lecteur de suivre à travers les différentes contributions de cet ouvrage comment chaque discipline découpe le réel pour le rendre intelligible d'une certaine façon.

Pour conclure, empruntons une citation un peu longue à Michel Fabre :

« Ces critères, s'ils sont nécessaires, ne sont pas suffisants. On ne peut problématiser sans égard au contenu à traiter. La problématisation n'a rien d'une méthode universelle que l'on pourrait appliquer à quelque contenu que ce soit sans faire l'effort de connaître les domaines [...]. C'est pourquoi il importe d'engager le processus de problématisation dans des contenus didactiques bien déterminés » (2016, p. 29).

L'ambition de cet ouvrage est de permettre de continuer à questionner ces dimensions spécifiques et génériques du cadre de l'apprentissage par problématisation à travers une approche comparatiste qui mettra en dialogue des didactiques différentes.

## PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

Cet ouvrage comprend, dans sa partie centrale, neuf contributions qui portent chacune sur la présentation de l'usage du cadre théorique de la problématisation dans une discipline scolaire ou en formation. À travers ces contributions, nous avons souhaité montrer comment le cadre théorique de la problématisation peut être mobilisé dans chacun de ces champs, ce qui suppose de mettre en évidence, d'une part, sa pertinence de cadre au regard des spécificités épistémologiques de chacune des disciplines et, d'autre part, de rendre compte de ce que signifie problématiser dans chacune des disciplines convoquées ou en formation.

Dans la première contribution, Christian Orange, Denise Orange Ravachol, Yann Lhoste et Hanaà Chalak analysent des séquences forcées en biologie (nutrition humaine en fin de primaire) et géologie (formation des chaînes de montagne et fonctionnement des volcans, en collègue – classe de 4<sup>e</sup>) et donnent à voir comment des pratiques (débats) et des outils spécifiques (caricatures) permettent de mieux appréhender les processus de problématisation en SVT comme changements de nature des savoirs. La production de nécessités issues du travail de problèmes explicatifs (par exemple : comment ce que j'ai mangé me donne des forces ? comment se forme une chaîne de montagnes ?) est caractérisée par une exploration critique des solutions possibles qui met en jeu deux types de problématisation (fonctionnelle et historique) et est discutée par le biais d'espaces des contraintes et de schémas en « patte d'oie ».

Dans la deuxième contribution, Bruno Lebouvier discute d'abord la dimension technique des activités physiques, sportives et artistiques (APSA) en mettant en tension leur aspect pragmatique, orienté vers une solution, et leur aspect épistémique, lié au besoin de transmettre des techniques et de réaliser une performance durable. L'auteur remarque que ce dernier aspect implique une démarche d'organisation explicite et partagée pour agir qui invite à délimiter les moments de prise en charge et de traitement des problèmes en EPS en identifiant les obstacles techniques qui se posent à l'apprenant. Il associe alors la problématisation en EPS à la recherche de performance problématisée pour comprendre et prendre des initiatives. L'auteur illustre alors la façon dont le cadre de la problématisation peut être mobilisé en EPS avec l'analyse d'une séquence en badminton. Il mobilise pour cela, en particulier, la notion d'espace technique problème et s'appuie sur les analyses des interactions langagières des élèves.

Dans la troisième contribution, Magali Hersant s'intéresse à la compatibilité du cadre de la problématisation à la didactique des mathématiques ainsi qu'à la complémentarité de ce cadre avec les concepts et outils traditionnels de la didactique des mathématiques (théorie des situations didactiques). Après avoir conduit une analyse épistémologique de l'activité mathématique en termes de problématisation, l'auteure présente une étude de cas d'étudiants confrontés au problème des « solides de Platon » qu'elle modélise avec des espaces de contraintes adaptés aux mathématiques. Cela lui permet de montrer à la fois la spécificité des analyses du point de vue de la problématisation (analyse fine et dynamique de l'activité des élèves, identification d'événements de problématisation) et les complémentarités avec les analyses faites avec les concepts de la théorie des situations didactiques (contrat, milieu).

La quatrième contribution rédigée par Sylvain Doussot et Anne Vézier porte sur la problématisation en histoire. Faire problématiser les élèves en histoire conduit à considérer le savoir historique de façon critique, ce qui implique de lier fortement savoirs et pratiques, de positionner les débats non plus sur l'établissement des faits historiques mais sur leur interprétation, et de se rattacher à l'histoire-problème des historiens pour qui le questionnement permet de construire les traces du passé et d'organiser l'enquête. Exemples à l'appui (en particulier la chute de la monarchie en 1792), les auteurs conçoivent les situations de débat à un autre niveau que la seule confrontation des modèles explicatifs des élèves (appuyés sur des sélections non justifiées d'informations factuelles), au profit d'une valorisation du travail sur les tensions provoquées par les différentes interprétations

au regard du registre empirique établi (documents, connaissances des élèves), et sur les changements de registre explicatif. Ce faisant, ils rendent possible la prise en charge des différents niveaux de l'incertitude en classe d'histoire (celle des acteurs de l'histoire ; celle de l'activité de l'enquête scolaire).

Dans la cinquième contribution, Philippe Briaud illustre comment le cadre de la problématisation peut être mobilisé en sciences physiques. Une séquence de physique en lycée (classe de 1<sup>re</sup> S) a été élaborée dans une perspective de construction de problème en électricité dans le but d'étudier le rôle d'obstacle épistémologique que joue le « modèle circulaire avec épuisement du courant électrique » des élèves. L'analyse s'appuie sur les trois registres – empirique, des modèles et explicatif – du cadre de la problématisation pour rendre compte des différences entre groupes d'élèves lors des différentes phases de la séquence. L'auteur mobilise le couple de notion inter/intra objectal de Piaget et Garcia (1983) ainsi que la schématisation en espace des contraintes pour identifier des connaissances apodictiques de différente nature en jeu chez certains élèves.

Dans la sixième contribution, en s'inscrivant dans le cadre théorique de la problématisation, Annette Schmehl, Catherine Huchet et François Simon renouvellent les approches de l'enseignement de la compréhension-interprétation des textes littéraires. Ils conçoivent le parcours de lecture comme un enchaînement de situations problèmes autorisant l'expression des élèves tout en garantissant les droits du texte. Le dispositif qu'ils mettent en place repose sur des pauses de régulation où un certain nombre de tâches (rappel, anticipation, transposition) conjuguées à des débats interprétatifs, permettent aux apprentis lecteurs une construction de données et de conditions, et ce faisant d'accéder à une vision plus globale du texte et de s'approprier la question figurée qui le sous-tend. Les auteurs s'appuient sur l'exemple de parcours de lecture de l'album *La route du vent* de Rascal (illustré par Stéphane Girel, 1997), qu'ils ont coconstruit avec une enseignante, et que celle-ci a mis en œuvre dans une classe de CE2-CM1.

La septième contribution porte sur la problématisation dans les disciplines artistiques. Florian Ouitre, Philippe Bonnette et Catherine Huchet nous livrent l'état de leurs travaux nouvellement entamés au sein du séminaire. Ils discutent d'abord la possibilité épistémologique de considérer l'art et l'apprentissage de l'art comme une problématisation, ce qui implique de considérer l'activité artistique ou l'œuvre artistique sous l'angle du problème. Ils proposent d'associer la problématisation en arts à une objectivation et à un partage argumenté de l'expérience artistique qui pourrait faire culture et proposent, en se référant au losange de problématisation, un espace de problématisation générique des activités artistiques. Ils développent l'étude de deux exemples, en éducation musicale et en danse, pour illustrer la façon dont le cadre de la problématisation permet de penser les apprentissages dans les activités artistiques.

La huitième contribution traite de la question suivante : à quoi reconnaît-on un problème en philosophie ? La perspective de Sébastien Charbonnier est double puisqu'il s'agit d'appréhender les enjeux d'une didactique de la philosophie par le cadre de la problématisation en pensant cette discipline comme problématisante par définition. Il s'appuie sur des modèles antérieurs (Tozzi et Lipman) et quelques situations pour caractériser les spécificités de cette discipline scolaire et les conditions d'une recherche en didactique de la philosophie. Pour y parvenir, le triptyque position/construction/résolution de problème

de Michel Fabre est complété par l'idée d'exposition, et les contenus d'enseignement sont articulés aux pratiques philosophiques.

La dernière contribution, rédigée par Florian Ouitre, Bruno Lebouvier et Agnès Musquer, s'intéresse à l'analyse des pratiques professionnelles des enseignants en termes de problématisation. À partir de l'analyse du point de vue argumentatif d'un épisode de formation consacré à la préparation d'une leçon d'arts plastiques pour des élèves de maternelle, les auteurs précisent ce que problématiser les pratiques professionnelles enseignantes veut dire. Ils présentent des espaces problème de formation inspirés à la fois des espaces de contraintes et des losanges de problématisation. Ils réfléchissent aux conditions favorables à des dispositifs de formation en alternance entre l'université et le terrain professionnel propices à une transformation des pratiques professionnelles. L'un des apports de la problématisation réside principalement dans la construction d'une certaine norme de la pratique enseignante organisée autour de plusieurs problèmes professionnels du « cœur du métier » de l'enseignement qui peuvent être déclinés dans différents dispositifs de formation. Des discussions positionnent également cette approche parmi d'autres modèles d'analyse de l'activité (didactique professionnelle, agir enseignant, clinique de l'activité).

En conclusion de l'ouvrage, dans une démarche de didactique comparée, nous proposons des éléments de réflexion épistémologique relatifs à la problématisation dans les différentes disciplines et revenons sur des méthodes et notions clés du cadre de l'apprentissage par problématisation, avant de présenter les perspectives de travail que nous identifions à ce stade de l'avancée des travaux.

Cet ouvrage se clôt par une postface que Michel Fabre et Christian Orange nous ont fait l'honneur de rédiger. Ils reviennent brièvement sur la naissance et le développement de leur cadre de recherche puis, dans une étude inédite sur le losange de problématisation et l'espace de contraintes, discutent la cohérence et la variété des modèles utilisés au sein du cadre avant de proposer, à leur tour, de nouveaux développements pour ce cadre théorique.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI Jean-Pierre, 1992, *L'école pour apprendre. L'élève face aux savoirs*, Paris, ESF éditeur.
- ASTOLFI Jean-Pierre et DEVELAY Michel, 1989, *La didactique des sciences*, Paris, Presses universitaires de France.
- BACHELARD Gaston, 1938, *La formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*, Paris, Vrin.
- BACHELARD Gaston, 1998, *Le rationalisme appliqué*, Paris, Presses universitaires de France.
- CANGUILHEM Georges, 1989, *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin.
- DEWEY John, 1993, *Logique : la théorie de l'enquête*, Paris, Presses universitaires de France.
- DUPIN Jean-Jacques et JOHNSUA Samuel, 1993, *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Paris, Presses universitaires de France.
- FABRE Michel, 1989, *L'enfant et les fables*, Paris, Presses universitaires de France.
- FABRE Michel, 1993, « De la résolution de problème à la problématisation », *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 4-5, p. 71-101.
- FABRE Michel, 1994, *Penser la formation*, Paris, Presses universitaires de France.
- FABRE Michel, 1997, « Pensée pédagogique et modèles philosophiques : cas de la situation-problème », *Revue française de pédagogie*, n° 120, p. 49-58.

- FABRE Michel, 1999, *Situations-problèmes et savoir scolaire*, Paris, Presses universitaires de France.
- FABRE Michel, 2003, *Le problème et l'épreuve : formation et modernité chez Jules Verne*, Paris, L'Harmattan.
- FABRE Michel, 2005a, « Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard », *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 38, n° 3, p. 53-67.
- FABRE Michel, 2005b, « La problématisation : approches épistémologiques. Introduction », *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 38, n° 3, p. 7-10.
- FABRE Michel, 2006, « Qu'est-ce que problématiser ? L'apport de John Dewey », in Michel FABRE et Étienne VELLAS (dir.), *Situations de formation et problématisation*, Bruxelles, De Boeck, p. 15-30.
- FABRE Michel, 2007, « Des savoirs scolaires sans problèmes et sans enjeux. La faute à qui ? », *Revue française de pédagogie*, n° 61, p. 69-78.
- FABRE Michel, 2009a, *Philosophie et pédagogie du problème*, Paris, Vrin.
- FABRE Michel, 2009b, « Qu'est-ce que problématiser ? Genèses d'un paradigme », *Recherches en éducation*, n° 6, p. 22-32.
- FABRE Michel, 2015, *Éducation et humanisme. Lecture de John Dewey*, Paris, Vrin.
- FABRE Michel, 2016, *Le sens du problème. Problématiser à l'école*, Bruxelles, De Boeck.
- FABRE Michel, 2017, *Qu'est-ce que problématiser ?*, Paris, Vrin.
- FABRE Michel et MUSQUER Agnès, 2009a, « Comment aider l'élève à problématiser ? Les inducteurs de problématisation », *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 42, n° 3, p. 111-128.
- FABRE Michel et MUSQUER Agnès, 2009b, « Vers un répertoire d'inducteurs de problématisation », *Spiral-E*, n° 43, p. 45-68.
- FABRE Michel et ORANGE Christian, 1997, « Construction des problèmes et franchissements d'obstacles », *Aster*, n° 24, p. 37-57.
- KUHN Thomas Samuel, 1983, *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.
- KUHN Thomas Samuel, 1990, *La tension essentielle. Tradition et changement dans les sciences*, Paris, Gallimard.
- LE MAREC Yannick, DOUSSOT Sylvain et VÉZIER Anne, 2009, « Savoirs, problèmes et pratiques langagières en histoire », *Éducation et didactique*, vol. 3, n° 3, p. 7-27.
- ORANGE Christian, 1997, *Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée*, Paris, Presses universitaires de France.
- ORANGE Christian, 1999, « Les fonctions didactiques du débat scientifique dans la classe : faire évoluer les représentations ou construire des raisons ? », in *Premières rencontres scientifiques de l'ARDiST*, Cachan, novembre.
- ORANGE Christian, 2005, « Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques », *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, vol. 38, n° 3, p. 69-93.
- ORANGE Christian, 2006, « Problématisation, savoirs et apprentissages en sciences », in Michel FABRE et Étienne VELLAS (dir.), *Situations de formation et problématisation*, Bruxelles, De Boeck, p. 73-90.
- ORANGE Christian, 2007a, « Apprentissages scientifiques : ce qui se construit et ce qui se transmet », *Recherche en éducation*, n° 4, p. 85-92.
- ORANGE Christian, 2007b, « Quel milieu pour l'apprentissage par problématisation en sciences de la vie et de la Terre ? » *Éducation et didactique*, vol. 1, n° 2, p. 37-56.
- ORANGE Christian, 2010, « Étude de situations "forcées" : quelles méthodes pour les recherches didactiques s'appuyant fortement sur les productions des élèves et de la classe ? » in *Actes du Congrès de l'actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF), université de Genève, septembre 2010*, Genève, Université de Genève.
- ORANGE Christian, 2014, « Regard complémentaire – Unité et diversité du didactique », *Éducation et didactique*, vol. 8, n° 1, p. 85-90.

- ORANGE Christian et ORANGE RAVACHOL Denise, 2007, « Problématisation et mise en texte des savoirs scolaires : le cas d'une séquence sur les mouvements corporels au cycle 3 de l'école élémentaire », in *Sixième Rencontres scientifiques de l'ARDiST, La Grande Motte, 17-19 octobre 2007*, p. 305-312.
- PIAGET Jean et GARCIA Rolando, 1983, *Psychogenèse et histoire des sciences*, Paris, Flammarion.