

Evolução da epistemologia prática de professores debutantes no contexto de um dispositivo de formação por simulação em ciências

Evolution of the practical epistemology of novice teachers in the context of a simulation-based science training program

Cláudia Roberta Küll (mestre) ⁽¹⁾⁽²⁾

Ludovic Morge (doutor) ⁽²⁾

Corinne Marlot (doutora) ⁽¹⁾

(1) Haute École Pédagogique – Vaud, Suíça

(2) Laboratoire ACTé (Activité, Connaissance, Transmission, Éducation), Université de Clermont Auvergne, França
clakull2@gmail.com

Resumo

As dificuldades dos professores¹ em gerenciar as hipóteses dos alunos no contexto do processo de investigação científica na sala de aula de ciências (Marlot & Morge, 2016) são expressas principalmente durante as fases de negociação (Margolinas, 2004). O objetivo desta pesquisa é descobrir possíveis mudanças na epistemologia prática (EP) de professores debutantes (PDs) a partir de um dispositivo de formação por simulação (DFS). Esse projeto de pesquisa de doutorado, realizado no âmbito de uma coorientação Franco-Suíça, baseia-se em uma formação destinada a PDs que visa à aquisição de habilidades relacionadas ao gerenciamento de hipóteses de alunos do ensino fundamental, sobre o tema da circulação sanguínea. As respostas de um PD recolhidas antes e depois da implementação do DFS foram comparadas com base em quatro indicadores: facetas do conhecimento (Tiberghien et al., 2008), foco da pergunta inicial (Orange, 2012), tarefas epistêmicas (Malkoun & Tiberghien, 2008) e os seis domínios da cognição (Anderson & Krathwohl, 2014). Os resultados nos permitiram ver uma tendência evolutiva destes indicadores. A partir de alguns elementos de EP descobertos neste estudo, nós colocamos algumas conjecturas sobre o sistema de representação do ensino de ciências para o PD estudado.

Palavras-chave: investigação científica; dispositivo de formação por simulação; hipótese; professores iniciantes

Abstract

¹ A opção de uso do masculino genérico neste texto visa uma melhor fluidez em sua leitura, sem denotar qualquer tipo de posição desigual entre sexo e/ou gênero.

Difficulties in managing students' hypotheses in the context of the scientific inquiry process in the science classroom (Marlot & Morge, 2016) are mainly expressed during the negotiation phases (Margolinas, 2004). The aim of this research is to uncover possible changes in the practical epistemology (PE) of novice teachers during simulation-based training (SBT). This doctoral research Project, carried out under French-Swiss co-supervision, is based on a training course for novice teachers (NT) aimed at acquiring skills related to managing students' hypotheses, in elementary school, on the subject of blood circulation. The responses of a NT before and after the SBT were compared on the basis of four indicators: facets of knowledge (Tiberghien et al., 2008), focus of the initial question (Orange, 2012), epistemic tasks (Malkoun & Tiberghien, 2008) and the six cognitive process dimension (Anderson & Krathwohl, 2014). The results allowed us to see a trend of evolution in the indicators. Based on some of the EP elements discovered in this study, we make some conjectures about the system of representation of science teaching to this NT.

Keywords: scientific inquiry; simulation-based training system; hypothesis; beginning teachers

Introdução

O ensino de ciências passou por uma transformação significativa, influenciada por uma perspectiva social emergente. Pesquisas recentes em didática das ciências ampliaram sua visão para além da mera transmissão de conhecimento, concentrando-se agora em incentivar os alunos a construir suas próprias representações de atividades e abordagens científicas (Boilevin et al., 2016).

Nessa perspectiva, habilidades como tomada de decisões, resolução de problemas e construção de hipóteses tornam-se elementos essenciais na construção do conhecimento sobre o mundo natural. Essas habilidades são orientadas por princípios que promovem a construção de evidências tangíveis (Partnership for 21st Century Skills, 2015).

No campo da didática das ciências, o ensino baseado na abordagem de investigação científica (EIC) visa familiarizar os alunos com as formas de pensar, falar e agir que são características da atividade científica (Bernié, 2002). Esse tipo de ensino exige que os professores mobilizem diferentes habilidades, em especial a capacidade de regular as interações com os alunos na construção de explicações.

Quadro teórico e questão de pesquisa

Estudos (Marlot & Morge, 2016; Prieur *et al.*, 2016) mostram que as dificuldades de implementação da abordagem científica na sala de aula estão ligadas às concepções epistemológicas dos professores e/ou ao seu domínio do conteúdo científico e/ou à regulação das interações com os alunos.

Além disso, o sistema de representação do ensino de ciências por professores debutantes (PDs) ainda está em desenvolvimento. Eles ainda não têm experiência suficiente para fornecer suporte bem fundamentado e formalizado para suas escolhas práticas e didáticas. Huberman (1989) nomeia como “choque de realidade” (p.13, tradução nossa) o momento de inserção profissional quando os professores iniciantes são confrontados com as realidades

do cotidiano da profissão, sem ter a experiência necessária para lidar com as dificuldades associadas ao ensino.

Uma noção derivada da teoria da ação conjunta em didática – TACD (Sensevy & Mercier, 2007), o conceito de epistemologia prática (EP) do professor (Sensevy, 2011; Marlot, Boivin-Delpieu & Küll, no prelo), pode nos permitir identificar alguns dos elementos desse sistema de representação. A EP é o conjunto de teorias e representações do professor sobre o conhecimento a ensinar, o conhecimento para ensinar, a aprendizagem e suas dificuldades, que são ativadas durante o desenvolvimento e a implementação de uma situação de ensino-aprendizagem. Ela orienta as escolhas didáticas ligadas à prática em sala de aula, mas também decorre, em parte, da ação conjunta professor-aluno, *in situ*. Portanto, trata-se sobre o que determina a ação e proporciona uma melhor compreensão da lógica de ação dos professores.

Neste estudo, optamos por trabalhar no gerenciamento das respostas dos alunos por parte do professor debutante (PD) durante o momento de co-construção de hipóteses em sala de aula. De fato, a elaboração de hipóteses é uma prática característica da atividade científica que pode apresentar dificuldades particulares de regulação, especialmente para os PDs (Marlot & Boilevin, 2021). A gestão das respostas dos alunos pelo professor pode ser considerada como uma fase de conclusão, no sentido de Morge (2016), que a considera como o "momento em que o professor e os alunos devem decidir sobre a admissibilidade da proposta de um aluno" (p.147)².

Nosso dispositivo de pesquisa baseia-se em um dispositivo de formação por simulação (DFS) para a co-construção de hipóteses (admissíveis) em sala de aula.

A questão de pesquisa que nos guia tem como objetivo entender quais elementos da EP, ligados ao gerenciamento das hipóteses dos alunos, são suscetíveis de evoluir graças à implementação deste DFS.

Metodologia de coleta de dados

Este DFS é parte integrante de uma formação continuada destinada a um perfil particular de professores do ensino fundamental do sistema educacional francês. São PDs que foram aprovados em um concurso de recrutamento, mas que, no entanto, não são titulares do mestrado MEEF (sigla francesa para *Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation*)³ - uma formação obrigatória para o professor da educação nacional francesa.

Assim, estes professores devem voltar para a universidade para uma formação complementar onde eles têm a oportunidade de desenvolverem habilidades em diferentes competências ligadas à profissão docente. Deste modo, este DFS se insere no quadro de escola acadêmica de formação continuada do ministério da educação nacional francês.

De acordo com Leblanc et al., (2008, p.62), um DFS permite a construção de uma experiência *suficientemente* semelhante à uma situação real (ao menos em suas dimensões cognitivas) através da manipulação dos parâmetros desta situação para, através da experiência, promover o aprendizado.

² Para ser considerada como admissível, a proposta deve mostrar que o aluno compreendeu as instruções da tarefa.

³ Tradução: mestrado em gestão educacional, educação e formação.

O DFS convida os professores a explicar seus raciocínios em diferentes momentos de regulação com os alunos. Dessa forma, o ambiente de formação (o dispositivo, cujos diferentes momentos se apoiam em situações de ensino simuladas) coloca em ressonância os elementos do conhecimento ligados à EP dos PDs.

De fato, essas situações simuladas podem levar os PD a construir novos conhecimentos que serão elaborados no momento em que tomarem suas decisões frente às intervenções simuladas (Sensevy, 2007).

Considerando que certas determinações da prática de ensino restringem as escolhas didáticas em situação, e que a EP permite trazer à tona algumas dessas determinações, esse dispositivo foi pensado e construído a fim de simular – nos PDs - uma situação de regulação, na forma de feedback, no intuito de promover a evolução do raciocínio dos alunos da incerteza "para a certeza fundamentada" (Sensevy, 2011, p.199).

O software de simulação que faz parte do DFS é baseado em uma sequência didática sobre o tema da circulação sanguínea.

Essa sequência foi desenvolvida em conjunto com professores experientes e pesquisadores em didática, que compartilham o quadro teórico e o problema de pesquisa. Nesse sentido, essa sequência didática atende aos critérios de uma sequência forçada (Orange, 2010). A implementação dessa sequência forçada em classe nos permitiu primeiramente coletar as hipóteses dos alunos, que foram, em seguida, implementadas no software de simulação. Este convida os PDs a analisar em duplas as hipóteses dos alunos e a argumentar entre si para justificar a decisão de validar ou não essas hipóteses. O dispositivo de formação, baseado neste software de simulação, ocorre em três etapas.

A primeira etapa envolve uma familiarização geral com a sequência didática, seguida de um exercício inicial (denominado pré-teste) no qual os PDs analisam individualmente um exemplo de hipótese elaborada pelos alunos.

O objetivo é produzir (e coletar) dados sobre as escolhas fundamentadas dos PDs em relação às suas análises dessa produção do aluno (figura 1) -antes de familiarizá-los com as questões científicas e didáticas associadas à sequência de ensino sobre a circulação sanguínea (identificadas com base na análise a priori realizada pela pesquisadora).

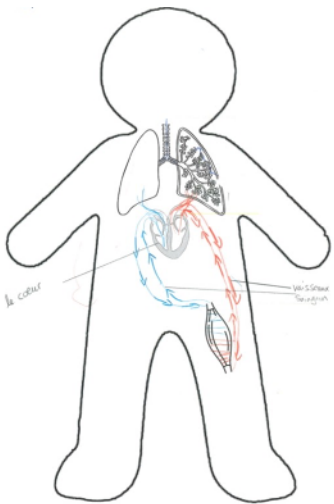
	<p>1- Quelles sont les erreurs que vous pouvez identifier dans cette proposition d'élève?</p> <p>2- Expliquez comment vous interviendriez auprès de cet élève. Qu'est-ce que vous lui diriez ?</p>
---	--

Figura 1: Proposta do aluno enviada para análise individual como parte das atividades 1 e 2.⁴

A próxima etapa ocorre em duplas. A interface de simulação pede que os PDs tomem certas decisões sobre a admissibilidade e a validade dessas produções, justificando suas escolhas.

O terceiro momento consiste em uma roda de conversa entre os professores e a pesquisadora-formadora. Este tem como objetivo fazer emergir as escolhas iniciais bem como eventuais mudanças durante essa reflexão coletiva. Em seguida, foi solicitado a cada um dos PDs, como parte de um pós-teste, que respondessem às mesmas duas perguntas feitas durante o pré-teste (figura 1), levando em conta o conteúdo abordado durante o DFS (em particular, os argumentos e contra-argumentos usados pelos professores para concluir sobre a admissibilidade e a validade das hipóteses).

No contexto desta pesquisa de doutorado, o objetivo dessa análise comparativa pré-teste/pós-teste é selecionar perfis entre os PDs de nossa amostra que mostram mudanças contrastantes de suas EP, a fim de, na continuidade desta pesquisa, produzir uma análise mais detalhada das razões para essas mudanças mais, ou menos, acentuadas.

Metodologia de análise

O objetivo deste estudo é de analisar as respostas dos PDs ao pré-teste e ao pós-teste para identificar possíveis mudanças nos elementos da EP.

Para ter acesso a esses elementos da EP, o protocolo construído propõe a realização de uma análise mesoscópica para comparar os feedbacks nas respostas dos PDs antes e depois do DFS com base em um conjunto de indicadores. Os quatro indicadores escolhidos nos permitem conjecturar sobre o sistema de representação do ensino de ciências para os PDs, em particular, seus conhecimentos sobre os saberes a serem ensinados (ancoragem epistêmica) e o ensino destes saberes (o lugar dado ao raciocínio dos alunos).

Para compreender a ancoragem epistêmica dos PDs, usamos dois conceitos complementares da didática das ciências:

- 1- As facetas do conhecimento, que "visam interpretar o significado de declarações reais com base em um catálogo de declarações construídas a priori (com base nos saberes a serem ensinados) em um [movimento de] vai-e-vem com os dados" (Tiberghien et al., 2008, p.72).
- 2- O foco da pergunta inicial, que direciona para "a importância da pergunta, pois ela deve levar a classe a trabalhar em um problema cientificamente relevante". (Orange, 2012, p. 18). Nós reformulamos este conceito para poder identificar o tipo de foco de identificação do erro do aluno adotado pelos PDs durante suas interações com os alunos (virtuais):
 - a. O foco anatômico, que possui um caráter altamente descritivo (por exemplo: o coração e os vasos sanguíneos fazem parte do sistema circulatório),

⁴ Tradução das questões:

- 1- Quais são os erros que você pode identificar na proposta deste aluno?
- 2- Explique como você interviria com este aluno. O que você diria a ele?

- b. O foco no trajeto, que requer uma explicação ligada principalmente ao funcionamento (por exemplo: o sangue rico em oxigênio sai do lado esquerdo do coração a caminho dos órgãos),
- c. O foco fisiológico, que requer um raciocínio explicativo que vincule o caráter do funcionamento ao da função (por exemplo: o sangue rico em oxigênio sai do coração esquerdo para fornecer aos órgãos os nutrientes de que eles precisam).

Para compreender o lugar dado ao raciocínio dos alunos, nos baseamos:

- 1- Nas operações epistêmicas "que correspondem a pequenos elementos de conhecimento expressos em uma frase simples" (Malkoun & Tiberghien, 2008, p. 72)
- 2- Nos seis domínios do processo cognitivo, que destacam os processos de pensamento agrupados em um continuum de complexidade cognitiva crescente, desde habilidades de pensamento de nível inferior até habilidades de pensamento de nível superior, a saber: memorizar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar (Anderson & Krathwohl, 2014).

Análise dos resultados

O professor debutante que é o objeto desta análise declarou que não teve nenhuma formação acadêmica científica, mas que participou de 25 horas (aproximadamente) de uma formação continuada sobre a abordagem científica na escola.

Em suas respostas ao pré-teste, à pergunta 1 (figura 2), ele enfatizou a importância de usar o vocabulário adequado. Observamos que, no início, sua ancoragem epistêmica não está muito ligada às diferentes facetas do conhecimento identificadas durante a análise a priori. Na verdade, ele identificou apenas 1 erro de um total de 12, e seu foco de identificação do erro do aluno tendeu a permanecer vinculado à dimensão anatômico-descritiva:

1- Quelles sont les erreurs que vous pouvez identifier dans cette proposition d'élève?

L'élève légende des vaisseaux sanguin mais ne mentionne pas les artères participant à la circulation sanguine.

2- Expliquez comment vous interviendrez auprès de cet élève. Qu'est-ce que vous le diriez ?

Nous pourrions travailler sur un schéma de bonhomme correct que l'élève pourrait comparer avec le sien afin d'identifier ce qu'il a oublié.

Figura 2: Respostas do DE durante o pré-teste⁵

Para a segunda pergunta (figura 2), o professor debutante pretende reformular a proposta do aluno comparando-a com um esquema correto. As operações epistêmicas envolvidas estão relacionadas à comparação e à identificação de omissões por meio da memorização. Nos seis domínios da cognição, essas duas operações podem ser colocadas respectivamente nos níveis 2 (compreender) e 1 (identificar). Assim, em relação ao foco no raciocínio do aluno, verificamos que as proposições desse professor debutante selecionam habilidades de baixo nível na escala de Anderson & Krathwohl (2014).

No final do DFS, durante o pós-teste, ele abandona os focos do início para avançar em direção ao trajeto do sangue no corpo, baseando-se nas necessidades do músculo em oxigênio e nutrientes para chegar à construção de uma compreensão sistêmica da circulação sanguínea. Para a questão 1 (figura 3), sua ancoragem epistêmica mudou ligeiramente, identificando 3 erros de 12, assim como o foco no raciocínio do aluno mudou para uma dimensão mais fisiológica (função) ligada à necessidade de nutrientes do músculo.

Figura 3: Respostas do DE no pós-teste⁶

1- Quelles sont les erreurs que vous pouvez identifier dans cette proposition d'élève?

- L'élève n'a pas compris qu'il y a un seul circuit de circulation sanguine. Il représente un circuit du sang chargé en oxygène qui part du pommou, passe par le cœur puis va jusqu'au muscle et repart du muscle toujours chargé. L'élève n'a pas compris que le muscle utilise de l'oxygène et qu'il en ressort un sang appauvri. Même chose avec le circuit bleu, il n'a pas compris que le muscle a besoin d'oxygène.

2- Expliquez comment vous interviendrez auprès de cet élève. Qu'est-ce que vous le diriez ?

J'expliquerais à l'élève que le muscle ont besoin d'oxygène pour fonctionner. Qu'il consomment de l'oxygène et que, par conséquent, du sang pauvre en oxygène repart des muscles. J'expliquerais donc que ce trajet du sang se fait dans un seul et même circuit, une boucle.

⁵ Tradução das respostas:

- 1- Quais são os erros que você pode identificar na proposta deste aluno?

O aluno usa legendas para os vasos sanguíneos mas não menciona as artérias que participam da circulação sanguínea.

- 2- Explique como você interviria com este aluno. O que você diria a ele?

Nós poderíamos trabalhar sobre um esquema correto que o aluno poderia comparar ao seu afim de identificar o que ele esqueceu.

⁶ Tradução das respostas:

- 1- Quais são os erros que você pode identificar na proposta deste aluno?

Na segunda pergunta (figura 3), o professor debutante mantém seu objetivo ligado às necessidades do músculo para construir o raciocínio para uma compreensão sistêmica da circulação sanguínea. As operações epistêmicas envolvidas estão ligadas a uma explicação para que o aluno possa deduzir como a circulação funciona de forma sistêmica e indicar o caminho do sangue. Nos seis domínios cognitivos, essas duas operações podem ser colocadas no nível 4 (analisar). Assim, em relação à importância atribuída ao raciocínio dos alunos, podemos ver que as propostas desse professor debutante o incentivam a desenvolver habilidades de raciocínio mais complexas.

Essa análise nos permitiu observar uma tendência evolutiva nos indicadores ligados à ancoragem epistêmica e ao foco dado ao raciocínio dos alunos. No contexto da EP, esses indicadores nos permitem fazer conjecturas sobre o sistema de representação do ensino de ciências desse professor debutante por meio da inferência de certos elementos de sua EP.

Assim, durante o pré-teste, os elementos da EP que orientam a lógica de ação do professor debutante em sua prática em sala de aula podem ser inferidos da seguinte forma:

Para ensinar o sistema circulatório, é imperativo usar um léxico apropriado.

A compreensão dos erros dos alunos envolve a comparação da proposta deles com um diagrama correto.

Durante o pós-teste, o sistema de representação que apoia suas escolhas didáticas muda para o uso de argumentos ligados às necessidades do músculo, o que exige que o aluno mobilize habilidades de raciocínio mais complexas. Um dos elementos de sua EP poderia então ser o seguinte:

A compreensão sistêmica da via de circulação do sangue envolve o raciocínio sobre as necessidades do músculo.

Podemos - neste estágio inicial de nossas análises - levantar a hipótese de que essa mudança foi incentivada pelo DFS, o que poderia estimular o desenvolvimento de determinados elementos da EP.

Considerações finais

O exemplo dado nesta comunicação ilustra uma tendência que mostra uma certa evolução da EP de um professor debutante por meio do DFS.

Durante o pré-teste, ele apresentou uma tendência direcionada a um perfil epistêmico de validação do tipo científica. Isto significa dizer que quando os professores adotam esta postura, eles validam ou invalidam as proposições dos alunos baseados em argumentos do tipo verdadeiro ou falso segundo seus próprios conhecimentos sobre os saberes científicos

O aluno não compreendeu que há apenas um circuito sanguíneo. Ele representa um circuito do sangue carregado em oxigênio que parte do pulmão, passa pelo coração vai até o músculo e volta do músculo ainda carregado em oxigênio. O aluno não compreendeu que o músculo utiliza o oxigênio e que o sangue sai empobrecido. Mesma coisa com o circuito azul, ele não compreendeu que o músculo precisa de oxigênio.

2- Explique como você interviria com este aluno. O que você diria a ele?

Eu explicaria ao aluno que os músculos precisam de oxigênio para funcionar. Que eles consomem o oxigênio e que, por consequência, o sangue sai dos músculos, pobre em oxigênio. Eu explicaria que o trajeto do sangue se faz em um só e mesmo circuito, um ciclo.

já instituídos. Já no pós-teste é possível observar uma certa evolução em seu perfil epistêmico em direção a uma validação do tipo didática. Em seus feedbacks, o professor utiliza argumentos do tipo possível e impossível de acordo com o modelo explicativo apresentado na proposta do aluno. Assim, em suas interações com os alunos virtuais, este PD argumenta e introduz questões que visam desestabilizar o modelo explicativo do aluno com o intuito de promover sua evolução em direção aos saberes científicos institucionalizados.

De modo mais geral, graças aos quatro indicadores utilizados neste estudo, conseguimos selecionar PDs que apresentam perfis epistêmicos contrastantes. Em um segundo momento desta pesquisa, em um nível mais microscópico, tentaremos entender as condições que levaram a essa evolução. Para tal, a partir do registro do diálogo destes PDs durante o uso do simulador, analisaremos os argumentos utilizados para mediar a validação ou a invalidação dos modelos explicativos apresentados nas propostas dos alunos.

Agradecimentos e apoios

Agradecimentos à Universidade de Clermont Auvergne – UCA (França), à Haute École Pédagogique -Vaud (Suíça), e aos professores debutantes participantes desta pesquisa.

Referências

- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing : A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**. Longman, 2014.
- BERNIÉ, J.-P. L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : Un apport à la didactique comparée ? **Revue française de pédagogie**, 77-88. Persée <https://www.persee.fr>. 2002.
- BOILEVIN, J.-M., DELSERIEYS PEDREGOSA, A., BRANDT-POMARES, P., & COUPAUD, M. Démarches d'Investigation : Histoire et enjeux. In MARLOT, C.; MORGE, L. **L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire** (p. 23-44). PUR. 2016.
- HUBERMAN, Michael. **La vie des enseignants : évolution et bilan d'une profession**. Neuchâtel et Niestlé. 1989.
- LEBLANC, S., RIA, L., DIEUMEGARD, G., SERRES, G., & DURAND, M. Concevoir des dispositifs de formation professionnelle des enseignants à partir de l'analyse de l'activité dans une approche enactive. **Activités**, 05(1), Article 1. <https://doi.org/10.4000/activites.1941> . 2008.
- MALKOUN, L., & TIBERGHIE, A. Objets de savoir et processus scientifiques en jeu dans les productions discursives en classe de physique de lycée. **Processus interactionnels et situations éducatives** (p. 67-88). De Boeck Supérieur; Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/dbu.filli.2008.01.0067> . 2008.
- MARGOLINAS, C. **Points de vue de l'élève et du professeur. Essai de développement de la théorie des situations didactiques** HDR - Université de Provence - Aix-Marseille I. Hal. <https://theses.hal.science/tel-00429580> . 2004.
- MARLOT, C. & BOILEVIN, J. M. Le rôle des connaissances de référence dans la gestion des phases de débat scientifique à l'école primaire en Suisse romande. **RDST**, 23, 183-207.



<https://journals.openedition.org/rdst/3844> . 2021.

MARLOT, C., MORGE, L. **L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire**. PUR. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/1596> .2016.

MARLOT, C., BOIVIN-DELPY, G. & KÜLL, C. Le rôle de l'épistémologie pratique du professeur dans la mobilisation de certaines normes auto prescrites, en classe de sciences au premier degré. **Revue Éducation & didactique**. (no prelo).

MORGE, L. **De la modélisation didactique à la simulation sur ordinateur des interactions langagières en classe de sciences**. HDR - Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. <https://theses.hal.science/tel-00528874> . 2008.

MORGE, L. Les difficultés des enseignants à gérer les phases de conclusion au cours d'une investigation. In MARLOT, C.; MORGE, L. **L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire** (p. 23-44). PUR. 2016.

ORANGE, C. Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier enseignant. **Recherches en éducation**, 73-85. 2010.

ORANGE, Christian. **Enseigner les sciences : Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe**. De Boeck. <https://hal.science/hal-01190778> . 2012.

PAINDORGE, M., MONOD-ANSALDI, R., FONTANIEU, V., & PRIEUR, M. Les enseignants de sciences et technologie face aux démarches d'investigation prescrites dans le secondaire. In MARLOT, C., MORGE, L. **L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire** (p. 23-44). PUR. 2016.

PARTNERSHIP FOR 21ST CENTURY SKILLS. **Framework for 21st Century Learning. The Partnership for 21st Century Skills**. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000242996>. 2015.

SENSEVY, Gerard. **Le sens du savoir**. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique. De Boeck. 2011.

SENSEVY, G., MERCIER, A. **Agir ensemble**. L'action conjointe du professeur et des élèves dans le système didactique. (p. 230). Presses Universitaires de Rennes. <https://shs.hal.science/halshs-00856456>. 2007.

TIBERGHEN, A., MALKOUN, L., & SECK, M. Analyse des pratiques de classes de physique : Aspects théoriques et méthodologiques. **Les Dossiers des Sciences de l'Éducation**, 19(1), 61-79. <https://doi.org/10.3406/dsedu.2008.1131>. 2008.