

Enseigner les sciences à la lumière des sciences cognitives

Recommandation 4

Recommandation 4

Favoriser l'acquisition de concepts corrects et la réutilisation des connaissances.

Stratégies pédagogiques

Stratégie 4.1

Raisonnement et représentations : s'appuyer sur les idées et intuitions des élèves pour faire évoluer leurs représentations.

4.1.1 Capitaliser sur les représentations des élèves, en les faisant exprimer et en s'appuyant sur elles pour en montrer forces et limites et éventuellement amener les élèves à les corriger.

4.1.2 Mettre les élèves en position de prendre des risques, de s'engager activement en faisant des prédictions, des hypothèses, pour fournir ensuite un feedback correctif approprié.

Stratégie 4.2

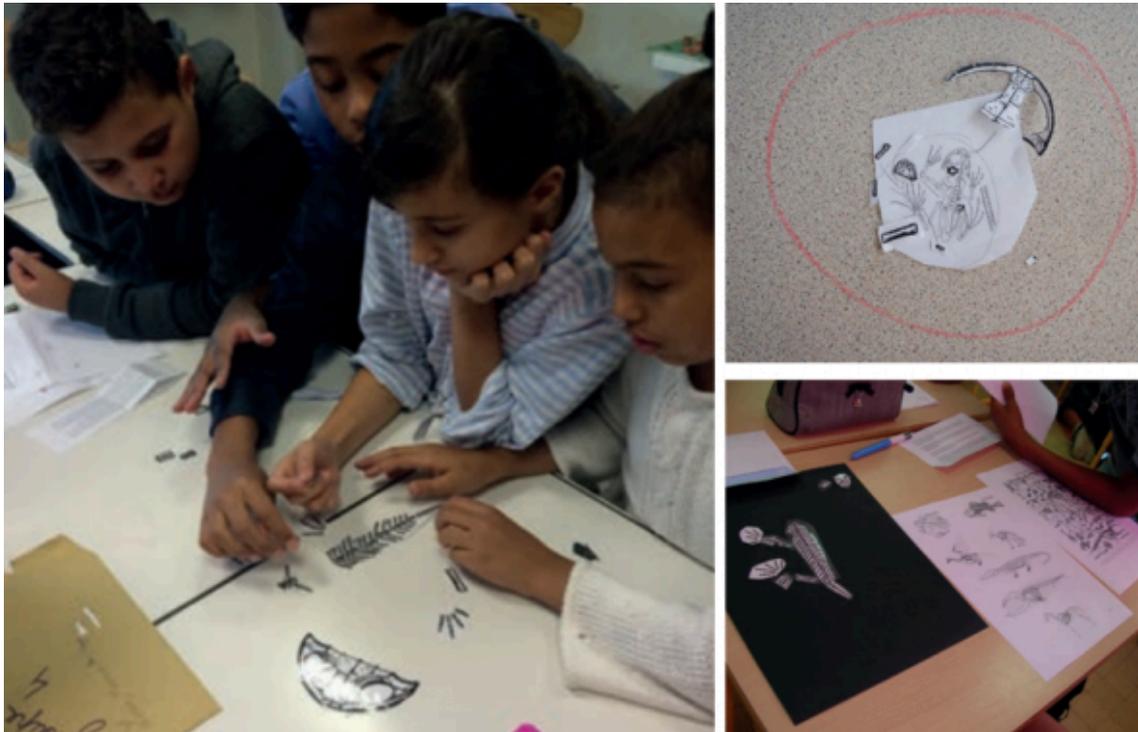
Connaissances, compréhension, conceptualisation et transfert : aider à faire des liens et à réutiliser les connaissances.

4.2.1 Favoriser l'acquisition de connaissances en variant les modalités de présentation, favoriser la compréhension en facilitant la mobilisation des connaissances et la conceptualisation en faisant faire des liens entre concepts.

4.2.2 Enseigner pour le transfert en utilisant l'analogie, en facilitant l'encodage au bon niveau d'abstraction, en multipliant les exemples concrets, et en explicitant les similitudes et les principes généraux.

4. Favoriser l'apprentissage pour la compréhension profonde et la réutilisation des connaissances.

4.1 Raisonnement et représentations : s'appuyer sur les idées et intuitions des élèves pour faire évoluer les représentations.



Pourquoi se doter de stratégies pour faire évoluer les représentations ?

- Nous sommes dès le plus jeune âge des « machines à intuitions ». A partir de quelques observations, nous pouvons généraliser rapidement et inconsciemment une explication pour les phénomènes auxquels nous sommes confrontés. Ce kit d'intuitions est un atout et un ancrage pour les apprentissages mais peut, dans certains cas, créer lui-même des difficultés à l'acquisition de concepts scientifiques à proprement parler ; c'est le cas, notamment, pour les conceptions scientifiques qui contredisent les idées de sens commun.
- Pour cette raison, il est nécessaire, afin d'éduquer à la science, de faire évoluer les représentations spontanées et celles qui se produisent avec l'expérience, vers des représentations plus correctes scientifiquement. Cependant, cette tâche n'est pas facile, car les représentations spontanées ou développées par soi-même peuvent « résister » au changement. D'où la nécessité d'adopter des stratégies efficaces pour les faire évoluer.

Que dit la recherche ?

- A partir des années 1980, se sont multipliées les recherches qui visent à identifier les mécanismes sous-jacents à la « pensée scientifique », qui cherchent à comprendre les

processus cognitifs et les conditions qui lui font obstacle. Les recherches en psychologie du développement ont mis en évidence, chez le bébé puis chez l'enfant l'existence d'une multiplicité de capacités d'apprentissage et de raisonnement, constituant une sorte de kit de démarrage précoce pour la compréhension du monde naturel.

- Parmi ces capacités, certaines sont particulièrement adaptées pour permettre au jeune enfant d'explorer son environnement et de mettre spontanément en place des expériences. D'autres rendent l'enfant sensible aux variations de son environnement, lui permettant d'extraire des régularités, de raisonner sur des relations causales, d'émettre des hypothèses. D'autres encore lui permettent de raisonner par analogie et d'étendre ainsi sa compréhension d'une situation à une autre. C'est en considération de cet ensemble de capacités précoces que l'enfant a été qualifié de scientifique en herbe, ceci dès le berceau.
- Ces études amènent à trois considérations.
 - Premièrement, le kit de démarrage de l'enfant est un atout et un ancrage pour les apprentissages mais peut, dans certains cas, créer lui-même des difficultés à l'acquisition de concepts scientifiques à proprement parler ; c'est le cas, notamment, pour les conceptions scientifiques qui contredisent les idées de sens commun.
 - Deuxièmement, les capacités nécessaires pour faire de la science sont encore en cours de développement chez l'enfant et l'adolescent ; certaines ne se développent jamais jusqu'à devenir « des automatismes ». Ainsi, certaines formes de raisonnement demandent de pouvoir inhiber des automatismes de la pensée, des actions cognitivement naturelles et instinctives, mais inappropriées à la pensée scientifique avancée.
 - Troisièmement, bien que la science puise ses racines dans la cognition scientifique naturelle des enfants, celle-ci ne se développe pas spontanément en cognition scientifique avancée, telle qu'on l'observe chez les scientifiques de profession. L'acquisition de stratégies fondamentales en science, telles que le fait de ne pas faire varier plusieurs paramètres lors d'une démarche expérimentale, par exemple, se fait grâce à un enseignement explicite et dédié.
- Il est cependant également important de permettre aux élèves d'explorer et de mener des enquêtes et des investigations par leurs propres moyens, et de les laisser se tromper, au sens de les inviter à :
 - exprimer leurs conceptions, effectuer des prédictions ;
 - rechercher un feedback (via des actions d'exploration, ou par un retour de la part de l'enseignant qui propose un savoir établi) ;
 - comparer leurs prédictions avec les résultats de l'enquête ou le savoir établi pour éventuellement changer d'idée.
- La recommandation de capitaliser sur les représentations des élèves se base notamment sur les recherches, en sciences cognitives et en sciences de l'éducation, autour du changement conceptuel. Connaître les conceptions et préconceptions des enfants permet de les prendre en compte comme obstacles potentiels au développement de connaissances correctes et comme ancrage possible pour les nouvelles connaissances. Il ne s'agit pas d'une guerre contre les méconceptions, à éliminer définitivement, car la littérature la plus récente fait plutôt état de coprésence que de substitution des connaissances naïves et des heuristiques avec les connaissances avancées. Le changement prend en outre du temps.

- La recommandation de faire émettre des hypothèses, à comparer avec le feedback produit ou reçu, se base entre autres sur la recherche fondamentale sur le cerveau. Celle-ci se sert de plus en plus de modèles dits bayésiens ou prédictifs, pour expliquer l'apprentissage et la prise de décision. Selon ces modèles, notre cerveau produit constamment des prédictions, qu'il compare avec les informations qui arrivent de l'environnement. Si les deux (la prédiction et l'information) sont discordants, le cerveau reçoit un signal d'erreur. Dans des circonstances où le signal est considéré comme étant plus fiable que la prédiction, le cerveau modifie alors la représentation initiale : ce changement n'est rien d'autre qu'un apprentissage. Le cerveau apprend donc en corrigeant ses représentations préalables. Le feedback correctif permet de capitaliser sur les erreurs, au sens de capitaliser sur les essais des élèves et de corriger les erreurs qui s'ensuivent.
- Il est alors recommandé de dédramatiser l'erreur et de le considérer comme un moteur de l'apprentissage. La peur de l'erreur peut en effet dans ce contexte constituer un frein à l'apprentissage, car elle peut freiner l'élève dans le fait d'exprimer ses idées et d'émettre des hypothèses ou prédictions basées sur ses intuitions et connaissances préalables, voir inhiber son envie d'explorer pour mettre ses propres idées à l'épreuve des faits. Les élèves devraient comprendre que seuls les défis de ce genre permettent d'apprendre, alors que les défis où ils n'ont aucune chance de faire des erreurs sont des défis dans lesquels il n'y a rien à apprendre. La capacité à exploiter ses erreurs demande un environnement favorable et un feedback adapté.

Que fait l'enseignant ?

4.1.1 Capitaliser sur les représentations des élèves.

L'enseignant invite les élèves à exprimer leurs représentations, prédictions, idées en relation avec une situation donnée et prend ainsi connaissance (et fait prendre connaissance) des représentations de sa classe par rapport aux contenus à apprendre et vérifie si les représentations des élèves correspondent à des méconceptions communes.

Par exemple, l'enseignant :

- fait exprimer les conceptions et préconceptions des élèves et les prend en compte pour l'amener les élèves à les corriger. L'enseignant peut utiliser différents gestes pour solliciter les élèves et leur faire exprimer leurs représentations et prédictions :
 - au début du cours,
 - propose des évaluations qui permettent de faire ressortir ce que les élèves pensent/croient savoir (quiz, questions fermées, questions ouvertes) ;
 - collecte les représentations initiales à l'oral de manière collective, via une discussion et en notant les idées (tableau, cahiers), ou en faisant discuter les élèves en petits groupes ;
 - demande une production individuelle : écrit, représentation graphique, dessin... ;

- o pendant le cours :
 - o pose des questions (y compris dans le cadre d'un cours magistral) et demander aux élèves de répondre de manière à leur faire exprimer leurs représentations ;
 - o se sert d'outils informatiques afin de collecter les réponses de façon anonyme et avoir une vision pour la classe entière ;
 - o demande aux élèves de discuter en binômes ou en petits groupes avant de donner une réponse ;
 - o à la fin du cours,
 - o utilise le tableau, des posters, afin de noter les connaissances travaillées et de les comparer avec les représentations/prédictions initiales ;
 - o ré-propose des évaluations qui permettent de mettre en évidence la progression des idées entre le début et la fin du cours et les discuter avec les élèves ;
- prépare les élèves à d'éventuels changements de représentations en leur permettant de mieux calibrer leur confiance dans leurs représentations et d'accepter l'existence d'alternatives possibles. L'enseignant peut alors :
 - o demander aux élèves d'explicitier leur niveau de confiance dans leur représentation/prédiction ;
 - o inviter les élèves à penser à des alternatives aux explications et représentations exprimées ;
 - o créer des situations favorables à une prise de conscience du fait que les représentations initiales ne sont pas suffisantes ou adaptées pour rendre compte de la réalité ;
 - o proposer des observations ou des explications qui peuvent être en conflit avec les représentations et prédictions des élèves ;
 - o guider les élèves à analyser le conflit, les données et observations et leur relation avec les prédictions ou représentations initiales ;
 - fait comprendre aux élèves que le processus de changement est un processus intéressant en soi, et non pas un échec :
 - o valorise le processus par rapport au résultat ;
 - o explique que l'erreur est à considérer comme faisant partie du processus d'apprentissage ;
 - o fait en sorte que les élèves se sentent à leur aise en partageant leurs idées ;
 - fait travailler plusieurs fois les mêmes concepts, car le changement prend du temps :
 - o revient souvent sur les mêmes conceptions et méconceptions ;
 - o évalue de manière à identifier quand un changement a eu lieu ;
 - o aide progressivement les élèves à construire des relations de plus en plus profondes et complexes entre connaissances.

4.1.2 Mettre les élèves en position de prendre des risques, de s'engager activement en faisant des prédictions, des hypothèses, pour fournir ensuite un feedback correctif approprié.

Par exemple, l'enseignant :

- encourage les élèves à s'engager activement dans leur apprentissage :
 - met en place des conditions pour favoriser cet engagement, tels que :
 - questionnements, même pendant le cours, sans enjeu ;
 - groupes de discussion, travail en groupes ;
 - invite les élèves à formuler des hypothèses, des prédictions avant de donner des explications ;
- encourage les élèves à ne pas craindre l'erreur, mais à la considérer comme une partie de l'apprentissage :
 - parle de l'erreur de façon positive et explique son rôle dans l'apprentissage ;
 - explique que le ressenti du défi et la sortie de la zone de confort sont donc des conditions auxquelles s'exposer pour apprendre et propose des tâches correspondantes à ce niveau de défi ;
 - encourage les élèves à parler de leurs erreurs, à les décrire ;
 - fait réfléchir à comment on s'est rendu compte d'une erreur commise et de ce que l'on a appris de cette erreur ;
 - soutient la motivation et la confiance en soi, en créant un espace favorable au fait de commettre des erreurs sans se sentir jugés négativement, sans perdre la face ou sans subir des conséquences négatives.

Que font les élèves ?

Les élèves :

- expriment leurs représentations, hypothèses et prédictions et les argumentent :
 - de façon libre ;
 - en répondant à des questions ;
 - en travaillant en groupes ;
- évaluent leur confiance dans ces représentations ;
- identifient l'éventuelle présence d'un conflit entre, d'un côté, leurs prédictions ou représentations initiales et, de l'autre, les résultats de leur observation ou les connaissances établies apportées par l'enseignant ;
- corrigent leurs représentations erronées et incluent la nouvelle connaissance dans leur répertoire ;
- grâce à la répétition augmentent les chances d'automatiser le recours à cette connaissance ;
- se sentent libres de commettre des erreurs, d'en parler, de les corriger sans se sentir jugés ou en défaut.

4.2 Compréhension, conceptualisation et transfert : aider à faire des liens et à réutiliser ses connaissances dans des contextes variés.



Pourquoi se doter de stratégies pour favoriser la compréhension, la conceptualisation et le transfert ?

- L'acquisition de connaissances - au sens de la mémorisation - est une condition nécessaire pour développer la maîtrise sur un sujet. Cependant, afin d'être utilisables, les connaissances ne peuvent pas se limiter à une liste de faits déconnectés mais doivent être organisées, autour d'un ensemble de concepts importants et de portée générale, et avoir été acquises d'une manière telle qui favorise leur remobilisation, voire leur transfert dans de contextes nouveaux. Si arriver à réutiliser, dans un contexte différent, ce que l'on a appris est bel et bien le but d'un apprentissage de qualité, ce transfert est l'un des défis principaux de l'apprentissage.
- Comment alors travailler en classe pour favoriser le transfert ? Celui-ci sera d'autant plus facile par exemple si la nouvelle situation ressemble à celles déjà rencontrées, et d'autant plus difficile que l'on s'en éloigne. Un enseignement dédié permet d'amener plus facilement les élèves vers des transferts plus éloignés. Cet enseignement inclut un travail sur la conceptualisation (aider à construire explicitement des concepts plus généraux) et la réutilisation volontaire et explicite dans des contextes variés.

Que dit la recherche ?

- Contrairement à d'autres domaines où la recherche est facilement identifiable et bien avancée, celle sur la compréhension et le transfert est encore difficile à synthétiser. Nous pouvons ici nous référer à quelques concepts fondamentaux et à des stratégies qui n'ont cependant pas fait l'objet de synthèses consensuelles.
- En psychologie cognitive, on peut définir une connaissance comme un élément stocké en mémoire et qui peut être remobilisé pour interpréter (un texte, une situation, ...), comprendre, ou agir sur le monde qui nous entoure.
- La connaissance est par définition indépendante d'un événement et d'un contexte spécifique : la connaissance d'une procédure, comme la procédure qui consiste à savoir qu'il faut contrôler les variables d'une expérience, n'est pas liée à un cas particulier. Elle doit pouvoir être mobilisée dans des cas qui ne ressemblent pas à celui de son premier apprentissage. Pour cela, il est nécessaire de posséder la connaissance à un niveau d'abstraction tel qu'il permet de percevoir les analogies profondes entre la situation initiale et les nouvelles situations (encodage profond), sans s'arrêter aux différences superficielles.
- Afin de faciliter la compréhension, les techniques qui se montrent utiles sont celles qui aident l'élève à percevoir les similitudes entre la situation actuelle et celle où il a acquis sa connaissance, et celles qui consistent dès le début de l'acquisition de la connaissance à présenter cette dernière sous différentes modalités possibles : schéma, oral, écrit, différents contextes, différents exemples, ... (variation des modalités de présentation).
- Un concept est une connaissance générale mais qui est aussi relié à d'autres concepts. On ne peut pas maîtriser un concept sans maîtriser les concepts liés - c'est le cas de concepts scientifiques comme ceux de force, énergie, mouvement.
- Le processus cognitif qui conduit d'une connaissance à un concept est appelé conceptualisation et est considéré comme dépendant de trois types d'actions cognitives :
 - le repérage de traits communs, qui permettent la construction d'une catégorie ;
 - l'élaboration d'une étiquette pour la catégorie ;
 - la mise en relation du concept avec d'autres concepts (un concept peut être le sous-concept d'un autre et ainsi de suite).
- Les techniques efficaces de conceptualisation amènent donc à prendre conscience des similitudes et des différences, à encoder à un niveau profond plutôt que superficiel, à catégoriser et à mettre en lien avec des concepts préalablement acquis.
- Il existe également des études concernant l'apprentissage génératif et les cartes mentales. On appelle un apprentissage génératif celui qui résulte de stratégies qui amènent les apprenants à générer des liens au service d'une compréhension profonde. Par exemple l'apprenant peut être amené à générer ou manipuler des productions, telles que résumés, cartes mentales ou conceptuelles, schémas, explications (données à soi ou à d'autres). Ces activités permettent à la fois de remobiliser des connaissances et leurs liens, voire d'en générer de nouveaux, en utilisant plusieurs modalités de représentation (dessins, texte écrit,

etc.). Des méta-analyses ont permis de synthétiser la littérature à ce propos et de montrer des résultats positifs pour les deux, notamment au niveau de la mémorisation et de la rétention. Cependant, les méta-analyses mettent aussi en évidence l'existence de résultats hétérogènes, et donc la nécessité de plus de recherche pour comprendre quels facteurs influencent le succès ou l'insuccès du recours à ces stratégies.

La littérature scientifique sur le transfert fait référence notamment à :

- l'importance de favoriser l'encodage profond des connaissances et des concepts (travail sur l'analogie au niveau profond, repérage des similitudes et différences, mise en lien entre concepts) ;
- la variation des modalités de présentation des connaissances et des concepts et des conditions (situations, contenus, contextes) de leur mobilisation ;
- le recours à l'explicitation pour aider la généralisation.

Que fait l'enseignant ?

4.2.1. Favoriser l'acquisition et la mobilisation de connaissances pour la compréhension d'une nouvelle situation, texte, etc.

Par exemple, l'enseignant :

- présente les connaissances selon des modalités variées (textes, schémas, images, exemples variés, cas concrets d'utilisation...) de manière à faciliter un encodage multiple qui rend plus facile la remobilisation ;
- aide explicitement à généraliser, à extraire une connaissance du contexte spécifique où elle a été acquise, fait des exemples variés d'utilisation ;
- pour favoriser l'interprétation et la compréhension, invite à la réutilisation des connaissances acquises, fait faire des liens entre connaissances acquises et situations nouvelles pour pousser les élèves à réutiliser leurs connaissances (fait percevoir les analogies) ;
- fait remobiliser les connaissances via des évaluations où l'élève ne se limite pas à répondre à des questions de type QCM, mais doit formuler, générer des textes ou des réponses, réorganise, intègre les nouvelles informations à ses connaissances antérieures (apprentissage génératif), ceci à travers :
 - o des résumés à l'oral ou à l'écrit (avec un risque de surcharger l'élève s'il n'est pas à l'aise avec cet exercice, qui devrait donc être automatisé en amont),
 - o des réseaux conceptuels (carte conceptuelle ou mentale),
 - o des schémas, dessins,
 - o des explications données à soi-même ou aux autres...

4.2.2. Favoriser la conceptualisation en faisant (faire) des liens entre connaissances et concepts.

Par exemple, l'enseignant :

- aide à percevoir les traits communs, qui permettent la construction d'une catégorie ;
- associe la catégorie à une étiquette, travaille explicitement sur le langage et l'acquisition de mots appropriés ;

- aide la mise en relation du concept avec d'autres concepts (un concept peut être le sous-concept d'un autre et ainsi de suite) ;
- à l'oral, à l'écrit ou graphiquement, montre ou fait construire (en raison du niveau des élèves) des scénarios conceptuels où différentes connaissances acquises et concepts plus généraux sont mises en relation afin de mieux identifier leurs connexions et niveaux hiérarchiques ;
 - un scénario conceptuel porte sur un ensemble de concepts visés par une séquences d'apprentissage. Le scénario conceptuel recense les notions et sous-notions impliqués par les concepts visés. Les sous-notions s'expriment en utilisant des formulations correspondant au niveau des élèves à qui s'adresse la séquence. Enfin le scénario organise ces notions et sous-notions en les articulant les uns aux autres selon une progressivité au service d'une bonne compréhension.
 - Il existe différentes façons de concevoir des scénarios conceptuels pour une même thématique et un même niveau de classe. L'enchaînement des notions peut donc différer d'un scénario à l'autre ;
- évalue non seulement les connaissances des élèves, mais également la manière dont les élèves connectent ces connaissances entre elles et les assignent à des catégories plus larges.

4.2.3 Enseigner pour le transfert en utilisant l'analogie, en multipliant les exemples concrets, et en explicitant les similitudes et les principes généraux, afin de faciliter l'encodage au bon niveau d'abstraction.

Par exemple, l'enseignant :

- aide les élèves à percevoir des analogies entre situations diverses, à un niveau profond et pas uniquement perceptif ou superficiel :
 - propose des situations avec des analogies très faciles à percevoir pour faciliter le transfert ;
 - aide à percevoir l'existence d'analogies entre situations déjà rencontrées et nouvelles de manière à amener les élèves à se rendre compte que la même connaissance ou compétence acquise s'applique ;
 - multiplie les contextes où une même compétence ou connaissance sont présentées, et invite les élèves à comparer ces contextes :
 - produit des exemples multiples de l'application de ces connaissances et compétences dans des contextes divers ;
 - demande aux élèves de produire des exemples ;
 - explicite, pointe, met en évidence les caractéristiques du concept visé par l'apprentissage et celles des différents exemples permettant l'étude de ce concept. Aide à faire la différence entre la généralité du concept et ses déclinaisons concrètes ;
 - aide les élèves à encoder leurs connaissances et compétences à un niveau suffisamment élevé d'abstraction pour qu'il leur soit plus facile de les transférer dans d'autres situations.

Que font les élèves ?

Les élèves :

- acquièrent des connaissances, font l'effort de les abstraire d'un contexte particulier, de les formuler de façon généralisable mais aussi de les relier à de nombreux exemples concrets et manières de les présenter ;
- différencient les caractéristiques d'un concept de celles des différents exemples rencontrés ;
- remobilisent les connaissances en les reformulant, en générant des textes ou des réponses; réorganisent, intègrent les nouvelles informations aux connaissances antérieures (apprentissage génératif) ;
- s'efforcent de faire des liens entre concepts ;
- s'efforcent de trouver des exemples d'utilisation passée ou de réutilisation d'une nouvelle connaissance ou concept ;
- mobilisent leurs connaissances en présence d'une nouvelle situation, texte, ou autre, à interpréter.

Auteurs

Adeline ANDRÉ, Elena PASQUINELLI

Date de publication

Décembre 2024

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75 006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

www.fondation-lamap.org

