

Introduction

Après une présentation, dans cette introduction, de textes d'orientation pédagogique, ce volume propose sept séquences pédagogiques. Réparties entre les cycles et les divers domaines couverts par le programme, ces séquences présentent des exemples entièrement explicités de la mise en œuvre des démarches actives recommandées.

Cette brochure est destinée à aider l'enseignant à mettre en œuvre un enseignement rénové des sciences et de la technologie, tant du point de vue de la méthode pédagogique que des éléments de connaissance scientifique nécessaires. Il ne s'agit en aucune manière d'un manuel d'enseignement des sciences à l'école primaire. Les séquences pédagogiques, dont les thèmes sont tirés du cœur même des programmes, visent à fournir un outil de démarrage au maître engagé dans la voie de la rénovation de l'enseignement des sciences. Le maître qui aura assuré sa démarche au cours de ces quelques séquences sera progressivement à même de poursuivre à l'aide des outils déjà disponibles¹ et qui continueront à lui être proposés.

La prise en compte du développement des capacités d'expression, tant écrites qu'orales, est au cœur de la pédagogie suscitée par le programme de sciences et technologie. La partie « Sciences et langage dans la classe » présente diverses recommandations à cet égard. Concernant la langue française, cet aspect est développé tout au long des séquences présentées dans ce document².

Il est également possible que le travail sur la langue auquel une activité scientifique doit donner lieu soit étendu à la langue étrangère ou régionale étudiée dans la classe. La séquence « Quelle heure est-il à Paris, Pékin ou Sydney ? » présente un exemple d'une telle incitation, portant sur des énoncés ou des structures syntaxiques dont l'acquisition est prévue par le programme.

Cette introduction est due au groupe technique associé au comité de suivi national du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.

Les séquences d'enseignement résultent de la collaboration du même groupe technique et d'une équipe de *La main à la pâte* (Académie des sciences – Institut national de recherche pédagogique – École normale supérieure ULM).

La rédaction de cet ouvrage résulte de la collaboration de personnes d'horizons très variés : maîtres, enseignants en IUFM, inspecteurs territoriaux, scientifiques. La collaboration étroite au sein d'une même équipe de spécialistes des domaines abordés et d'acteurs de terrain a eu pour but de traiter avec la même exigence la qualité scientifique de l'ouvrage et sa qualité pédagogique. La signature « Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche – Direction de l'Enseignement scolaire & Académie des sciences – *La main à la pâte* » témoigne du rôle notable joué par *La main à la pâte* dans le contexte du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école : « L'opération *La main à la pâte* est poursuivie. Elle conserve sa dynamique propre ainsi que sa spécificité apportée notamment par l'association de partenaires scientifiques. Intégrée au plan en tant que pôle innovant et centre de diffusion, elle en est un élément essentiel³. »

Repères pour la mise en œuvre d'une séquence⁴

Le canevas ci-dessous est destiné aux maîtres. Il a pour objet de leur donner des repères pour la mise en œuvre d'une démarche d'enseignement respectant l'esprit de la rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie et celui des programmes 2002.

1. Notamment sur le site www.inrp.fr/lamap.

2. Les documents d'élèves qui sont reproduits peuvent contenir des fautes de syntaxe ou d'orthographe. Il s'agit bien entendu de traces écrites restées dans leur état premier et destinées à être retravaillées avec le maître.

3. Extrait de la déclaration commune du 8 septembre 2000 signée par les secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences, le directeur de l'enseignement scolaire et le président du Comité de suivi national du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie. Le texte complet est en ligne à l'adresse www.eduscol.education.fr.

4. Dont la démarche répond au schéma « Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience », le mot « expérience » étant pris ici dans le sens large de démarche expérimentale d'investigation.

Il s'agit d'un document pédagogique opérationnel qui n'a pas la prétention de définir « la » méthode scientifique, ni celle de figer de façon exhaustive le déroulement qui conduit de la problématique à l'investigation, puis à la structuration. Apparentée aux méthodes actives, la démarche proposée pourra être comparée à celle qui est recommandée pour la résolution de problèmes en mathématiques. Par commodité de présentation, cinq moments essentiels ont été identifiés. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire. En fonction des sujets, un aller et retour entre ces moments est tout à fait souhaitable. En revanche, chacune des phases identifiées est essentielle pour garantir l'investigation réfléchie des élèves.

Divers aspects d'une démarche expérimentale d'investigation

La démarche qui sous-tend le plan de rénovation des sciences et de la technologie à l'école obéit aux principes d'unité et de diversité.

– Unité : cette démarche s'articule sur le questionnement des élèves sur le monde réel : phénomène ou objet, vivant ou non vivant, naturel ou construit par l'homme. Ce questionnement conduit à l'acquisition de connaissances et de savoir-faire, à la suite d'une investigation menée par les élèves guidés par le maître ;

– Diversité : l'investigation réalisée par les élèves peut s'appuyer sur diverses méthodes, y compris au cours d'une même séance :

- expérimentation directe,
- réalisation matérielle (construction d'un modèle, recherche d'une solution technique),
- observation directe ou assistée par un instrument,
- recherche sur documents⁵,
- enquête et visite.

La complémentarité entre ces méthodes d'accès à la connaissance est à équilibrer en fonction de l'objet d'étude.

Chaque fois que cela est possible, d'un point de vue matériel et déontologique, on doit privilégier l'action directe et l'expérimentation des élèves.

Canevas d'une séquence⁶

Le choix d'une situation de départ

- Paramètres choisis en fonction des objectifs des programmes.
- Adéquation au projet de cycle élaboré par le conseil des maîtres du cycle.
- Caractère productif du questionnement auquel peut conduire la situation.
- Ressources locales (en matériel et en ressources documentaires).
- Centres d'intérêt locaux, d'actualité ou suscités lors d'autres activités, scientifiques ou non.
- Pertinence de l'étude entreprise par rapport aux intérêts propres de l'élève.

La formulation du questionnement⁷ des élèves

- Travail guidé par le maître qui, éventuellement, aide à reformuler les questions pour s'assurer de leur sens, à les recentrer sur le champ scientifique et à favoriser l'amélioration de l'expression orale des élèves.
- Choix orienté et justifié par le maître de l'exploitation de questions productives (c'est-à-dire se prêtant à une démarche constructive prenant en compte la disponibilité du matériel expérimental et documentaire, puis débouchant sur un apprentissage inscrit dans les programmes).
- Émergence des conceptions initiales des élèves⁸, confrontation de leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation par la classe du problème soulevé.

L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation

- Gestion par le maître des modes de groupement des élèves (de niveaux divers selon les activités, de la dyade au groupe-classe entier) ; consignes données (fonctions et comportements attendus au sein des groupes).
- Formulation orale d'hypothèses dans les groupes.
- Élaboration éventuelle de protocoles⁹, destinés à valider ou à invalider les hypothèses.
- Élaboration d'écrits précisant les hypothèses et protocoles (textes et schémas).
- Formulation orale et/ou écrite par les élèves de leurs prévisions : « que va-t-il se passer selon moi », « pour quelles raisons ? ».

5. Voir le paragraphe suivant, « Statut de la recherche documentaire et des TIC ».

6. Constituée en général de plusieurs séances relatives à un même sujet d'étude.

7. Voir les textes « Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience » et « L'enseignement des sciences à l'école primaire » en ligne à l'adresse www.eduscol.education.fr.

8. Le guidage par le maître ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales.

9. Au sens large, incluant notamment un projet de construction.

- Communication orale à la classe des hypothèses et des éventuels protocoles proposés.

L'investigation conduite par les élèves

- Moments de débat interne au groupe d'élèves : les modalités de la mise en œuvre de l'expérience.
- Contrôle de la variation des paramètres.
- Description de l'expérience (schémas, description écrite).
- Reproductibilité de l'expérience (relevé des conditions de l'expérience par les élèves).
- Gestion des traces écrites personnelles des élèves.

L'acquisition et la structuration des connaissances

- Comparaison et mise en relation des résultats obtenus dans les divers groupes, dans d'autres classes...
- Confrontation avec le savoir établi (autre forme de recours à la recherche documentaire), respectant des niveaux de formulation accessibles aux élèves.
- Recherche des causes d'un éventuel désaccord, analyse critique des expériences faites et proposition d'expériences complémentaires.
- Formulation écrite, élaborée par les élèves avec l'aide du maître, des connaissances nouvelles acquises en fin de séquence.
- Réalisation de productions destinées à la communication du résultat (texte, graphique, maquette, document multimédia).

Statut de la recherche documentaire et des TIC¹⁰

La méthodologie mise en œuvre par le plan est définie par le BO n° 23 du 15 juin 2000 :

« Les élèves construisent leur apprentissage en étant acteurs des activités scientifiques.

– Ils observent un phénomène du monde réel et proche, au sujet duquel ils formulent leurs interrogations.

– Ils conduisent des investigations réfléchies en mettant en œuvre des démarches concrètes d'expérimentation, complétées le cas échéant par une recherche documentaire. Il est important que les élèves pratiquent l'une et l'autre de ces deux voies complémentaires. »

Le déroulement d'une séquence conforme aux objectifs du plan de rénovation a été décrit dans le document ci-dessus. L'objet des développements qui suivent est de préciser comment la recherche documentaire peut et doit intervenir en complément d'une démarche qui conduit du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience.

Précisons d'abord les divers sens qu'il est possible de donner à la « recherche documentaire ».

La recherche de documents

En bibliothèque, en BCD, dans un dictionnaire, une encyclopédie ou sur Internet, pour répondre aux questions « productives » de la classe et pour résoudre des problèmes scientifiques qui n'ont pu l'être totalement par la confrontation expérimentale au réel, l'élève doit être capable de :

- rechercher dans un dictionnaire le mot qui pourra éventuellement lui donner des éléments de réponse ;
- savoir utiliser un index dans une encyclopédie ;
- comprendre l'organisation d'une bibliothèque pour en tirer quelques ouvrages accessibles et intéressants ;
- savoir utiliser le sommaire d'un livre ;
- savoir extraire d'un article l'information intéressante ;
- savoir décrypter texte, schémas et illustrations d'un article ;
- formuler une requête efficace dans un moteur de recherche approprié, et savoir distinguer des réponses pouvant présenter un intérêt pour l'investigation.

En fait, ces compétences s'établissent progressivement et se renforceront au cours de la scolarité, dans le cadre des enseignements, des dispositifs interdisciplinaires, comme les TPE, les PPCP ou les TIPE, ou dans les projets de mémoires universitaires...

La recherche sur documents¹¹

Avec la multiplication des images et des écrans, on assiste à des réactions contradictoires souvent passionnelles vis-à-vis de leur impact pédagogique. Entre les tenants de l'éducation informelle (« de toute façon les écrans sont là, les jeunes en profitent plus qu'on ne peut imaginer... ») et ceux qui craignent pour la santé morale et intellectuelle des enfants, quel parti peut-on raisonnablement adopter ?

L'impact psychologique des documents

– Impact historique : l'introduction de documents audiovisuels pédagogiques depuis le début du siècle a été marquée par une apogée, notamment avec les films courts muets (dans les années 1970) présentant des phénomènes que l'élève et la classe devaient interpréter. L'avènement des émissions télévisuelles enregistrées ensuite sur VHS a pu faire considérablement régresser la part active de l'élève.

– Impact géographique : la qualité des télévisions éducatives mondiales s'est avérée très dépendante des dispositifs pédagogiques accompagnant leur

10. Technologies de l'information et de la communication. Cette réflexion entre dans le cadre du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.

11. En particulier les documents images.

diffusion. Des revues puis des sites Internet proposent de nombreuses pistes d'activités à partir des images diffusées (Téléquébec, BBC Education, NOT, ou France 5 proposent des documents d'accompagnement pour les programmes éducatifs).

– Impact pédagogique: quels statuts et quelle place donner aux documents par rapport à la confrontation à des phénomènes réels, directement perceptibles par l'élève? Dans quel type de démarche pédagogique?

Quels documents ?

Il faut distinguer les documents interprétés explicatifs, montrant et donnant du sens, des documents bruts non interprétés où le travail de recherche de sens est à faire par les élèves (exemple: la radio d'une fracture de la jambe, une séquence non commentée d'une éruption volcanique, ou des images en accéléré du développement d'une plante, de la fleur au fruit...).

À quel moment les utiliser ?

– Pour aider à faire émerger un questionnement, de façon motivante. Exemples: une séquence ou une image d'actualité (tremblement de terre); une séquence d'activité professionnelle (un chantier de fouilles archéologiques pour introduire le travail sur les fossiles et les traces d'évolution), etc.

– Pour donner des compléments d'information à faire analyser par les élèves. Exemple: imagerie médicale du corps humain, ou les exemples des documents bruts cités précédemment.

– Pour aider à élaborer une synthèse collective, avec reformulation par la classe de ce qui sera noté dans le carnet d'expériences, à l'issue d'un travail de recherche. Exemples: tous les documentaires explicatifs souvent issus des émissions de télévision (*C'est pas sorcier*, *E = M6...*), ou toutes les séquences en images de synthèse à visées explicatives (avec la difficulté d'explicitier les codages ou les images analogiques employées).

– Pour réinvestir les connaissances acquises dans d'autres exemples ou pour l'évaluation. Par exemple: séquences ou images montrant des sources d'énergie autres que celles abordées dans le cours, documents ouvrant sur des problèmes plus larges d'éducation à la santé ou à l'environnement (par exemple à partir d'une étude très précise sur les pelotes de déjection de rapaces, d'un documentaire sur l'importance écologique de la protection des rapaces...) ou de l'impact des gestes quotidiens sur l'équilibre de certaines chaînes alimentaires...

Complémentarité entre objets/phénomènes réels et documentation

Certains phénomènes ou objets ne sont pas perceptibles directement car ils sont trop grands (en astronomie), trop petits (microbes), trop longs (croissance

d'un arbre), trop courts, trop rares ou trop dangereux (éruptions, séismes), trop coûteux (fusée) ou encore appartenant au passé (histoire des sciences et des techniques).

Le réel lui-même peut être investi sous différents angles: par des observations, des expérimentations, des comparaisons...

Mais des documents complémentaires peuvent enrichir ce questionnement du réel. Par exemple, une séquence sur la banquise ou sur un glacier, sur une chute de neige ou sur la prise en glace d'un ruisseau sera intéressante à analyser, en complément d'une démarche expérimentale sur les changements d'état de l'eau.

Un va-et-vient sera fécond entre le concret et l'abstrait, entre des phénomènes scientifiques et techniques et leurs applications (par exemple, dans le monde professionnel ou dans le fonctionnement d'objets quotidiennement utilisés par l'élève).

La rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école vise l'acquisition de connaissances et de savoir-faire, grâce à un juste équilibre entre l'observation de phénomènes et d'objets réels, l'expérimentation directe et l'analyse de documents complémentaires, afin de former l'élève aux méthodes scientifiques d'accès à la connaissance, de l'habituer à identifier et à vérifier ses sources d'information, développant ainsi son esprit critique et citoyen.

Le rôle des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans le cadre du plan peut être précisé dans la même logique: « L'expérimentation directe, réalisée par les élèves, est à la base de la démarche mise en œuvre. Dans cette perspective, l'observation du réel et l'action sur celui-ci ont la priorité sur le recours au virtuel. »

Cette considération ne minore en rien l'intérêt de recourir aux TIC, que ce soit pour la consultation de documents qui viennent compléter l'observation directe ou pour la recherche de références permettant la confrontation de résultats d'expériences au savoir établi.

Sciences et langage dans la classe

Dans la démarche qui sous-tend l'activité de la classe en sciences et technologie, le langage n'est pas l'objet d'étude premier.

Mais dans les allers et retours que le maître organise entre observation du réel, action sur le réel, lecture et production d'écrits variés, l'élève construit progressivement des compétences langagières (orales et écrites¹²) en même temps que s'élabore sa pensée. Individuellement ou collectivement, en sciences, le langage est notamment mobilisé pour :

12. Y compris images et schémas.

- formuler des connaissances qui se construisent : nommer, étiqueter, classer, comparer, élaborer des référents, transmettre ;
- mettre en relation : interpréter, réorganiser, donner du sens ;
- faire valoir son point de vue : convaincre, argumenter ;
- interpréter des documents de référence : rechercher, se documenter¹³, consulter.

L'expression des conceptions initiales des élèves pourra se faire aussi bien à l'oral que lors d'écrits individuels, mais ne sera bien souvent complète qu'à l'occasion de la mise en œuvre d'une première expérimentation. Celle-ci permet au maître de mieux cerner les théories implicites des élèves, et à ces derniers de mieux identifier la nature scientifique du problème posé.

L'oral

L'initiative laissée aux élèves dans la conception des actions et dans l'organisation des confrontations permet d'installer dans la classe des échanges oraux chargés d'utilité et porteurs de sens.

L'expression parlée favorise une pensée à la fois réfléchie et spontanée, divergente, flexible et propice à l'invention. Ceci implique que les temps de parole s'inscrivent dans la durée grâce au questionnement du maître et à l'organisation du travail entre pairs.

De l'oral à l'écrit

Le projet développé par les élèves nécessite que certains éléments du discours soient fixés comme traces provisoires ou définitives, comme éléments de référence, comme notes et relevés, comme messages à communiquer.

En prenant appui sur l'écrit, la parole peut aussi s'assurer, être remodelée, réécrite, mise en relation avec d'autres écrits. La langue, vecteur de la pensée, permet d'anticiper sur l'action. Lorsque la parole précède l'écriture, le discours de l'élève passe d'un langage parlé nourri d'implicite à un langage plus précis, respectant la monosémie du langage scientifique et intégrant à l'écrit des formes variées : schémas, graphiques, alinéas, soulignements...

Écrire favorise alors le passage à des niveaux de formulation et de conceptualisation plus élaborés.

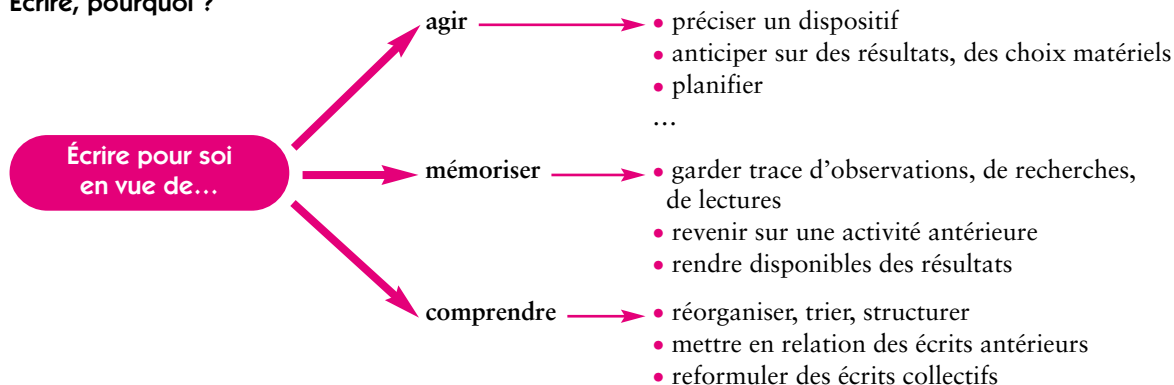
L'écrit

L'écrit invite à objectiver, à mettre à distance. Produire des écrits pour d'autres nécessite de les rendre interprétables dans un système de référents qui n'appartient plus en propre à leur seul auteur, et donc de clarifier les savoirs sur lesquels il s'appuie. En classe de sciences, le travail de production d'écrits n'a pas comme visée principale de montrer que l'on sait écrire, mais bien de favoriser les apprentissages scientifiques de l'élève et de faciliter le guidage pédagogique du maître.

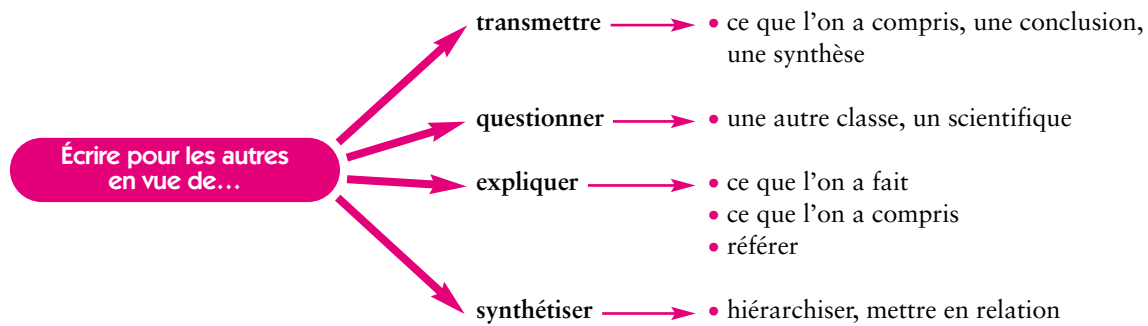
Les élèves sont invités, individuellement ou en groupe, à produire des écrits qui sont acceptés en l'état, et utilisés en classe comme moyens pour mieux apprendre.

Au-delà du texte narratif, très usité à l'école, on introduit d'autres usages de l'écrit. Ce rapport renouvelé à l'écrit présente un intérêt tout particulier pour les élèves qui n'ont pas spontanément envie d'écrire ou qui ont peu l'habitude de réussir dans ce domaine.

Écrire, pourquoi ?



13. Voir paragraphe « Statut de la recherche documentaire et des TIC ».



Le carnet d'expériences

Il appartient à l'élève ; il est donc le lieu privilégié de l'écrit pour soi, sur lequel le maître n'intervient pas d'autorité ; mais c'est aussi un outil personnel de construction d'apprentissages.

À ce titre, il est important que l'élève garde son carnet tout le long du cycle : qu'il puisse y retrouver la trace de sa propre activité, de sa propre pensée, y rechercher des éléments pour construire de nouveaux apprentissages, des référents à mobiliser ou à améliorer... Le carnet comprendra aussi bien les traces personnelles de l'élève que des écrits élaborés collectivement et ayant le statut de savoir, que la reformulation par l'élève de ces derniers écrits.

Toutefois, l'élève doit pouvoir ne pas tout garder de ses tâtonnements et de ses brouillons. Ses critères pour garder ou non une trace doivent concerner la pertinence de l'écrit par rapport à l'intention qui est la sienne, non la qualité intrinsèque de cet écrit en tant que telle.

Les écrits de statuts différents gagneront à être facilement repérables par l'élève : par exemple, chaque fois que possible, la synthèse de classe sera traitée sur ordinateur puis photocopiée pour chacun.

Dans la situation d'écriture en sciences, l'élève mobilise l'essentiel de ses efforts sur le contenu des connaissances en jeu et sur son activité (expérimentation, interactions...). Il intègre d'autre part des mots, des signes, des codes, spécifiques aux textes à caractère scientifique.

La nécessaire implication des élèves dans le travail doit amener le maître à une tolérance raisonnée. Les compétences spécifiques liées à la production d'écrits en sciences se construisent sur le long terme.

Le va-et-vient permanent et réfléchi entre l'écrit personnel et l'écrit institutionnalisé favorise l'appropriation par l'élève de caractéristiques du langage scientifique :

- représentations codifiées ;
- organisation des écrits liés aux mises en relation (titres, typographies, connecteurs...), en particulier à la relation de causalité ;
- usages des formes verbales : présent, passif.

Le rôle du maître

Le maître apportera des aides sous des formes variées :

- en réponse à une demande ;
- sous la forme d'un glossaire affiché construit au fur et à mesure des besoins, et relatif à un domaine identifié ;
- en proposant des outils pour garder trace des observations, tels que :
 - bandes de papier quadrillé, ligné, qui favorisent le passage au graphique,
 - gommettes autocollantes de couleurs, qui favorisent la compréhension statistique (nuages de points),
 - papier calque pour extraire les éléments jugés pertinents ou réutiliser tout ou partie d'un document antérieurement construit ou sélectionné au cours d'une recherche ;
- en proposant des cadres d'écriture pour guider sans enfermer :
 - tableaux à double entrée,
 - calendriers ;
- en organisant la communication d'expériences ou de synthèses dans la classe et avec d'autres classes pour permettre aux élèves de tester l'efficacité de leurs choix ;
- en mettant à la disposition des élèves des documents, des supports d'analyse, des référents, écrits de forme complexe et dont l'usage est bien identifié ; Ces aides seront efficaces lors des confrontations.

Les écrits intermédiaires

Produits par les groupes ou à la suite d'interactions entre élèves, ils permettent le passage du « je » au « nous », la généralisation (passage du « nous » au « on ») se faisant en général en classe entière, avec l'aide du maître. Ils permettent soit le retour de chaque élève sur son propre cheminement, soit l'élaboration de propositions pour la synthèse de classe. Ils sont enrichis par tous les documents mis à disposition des élèves.

Les documents de la classe

Ils s'appuient sur les écrits produits individuellement et par les groupes. Le maître y apporte les éléments d'organisation, de formalisation, qui permettent de résoudre les problèmes posés par la confrontation des outils intermédiaires entre eux.

Le niveau de formulation de ces documents sera compatible avec les niveaux de formulation du savoir établi que le maître aura choisis.

Enfin, il est important que le maître permette à chaque élève de reformuler, avec ses propres mots et supports, la synthèse collective validée. Le maître s'assurera ainsi du degré d'appropriation de la notion.

Les écrits personnels pour	Les écrits collectifs des groupes pour	Les écrits collectifs de la classe avec le maître pour
<ul style="list-style-type: none">- exprimer ce que je pense- dire ce que je vais faire et pourquoi- décrire ce que je fais, ce que j'observe- interpréter des résultats- reformuler les conclusions collectives	<ul style="list-style-type: none">- communiquer à un autre groupe, à la classe, à d'autres classes- questionner sur un dispositif, une recherche, une conclusion- réorganiser, réécrire- passer d'un ordre chronologique lié à l'action, à un ordre logique lié à la connaissance en jeu	<ul style="list-style-type: none">- réorganiser- relancer des recherches- questionner, en s'appuyant sur d'autres écrits- préciser les éléments du savoir en même temps que les outils pour les dire- institutionnaliser ce que l'on retiendra