

DES OBJETS MUSÉOLOGIQUES POUR AIDER À TRAITER DES OBSTACLES EN SCIENCES ET TECHNIQUES

Jack Guichard
Françoise Guichard

Les objets d'exposition peuvent, par leur impact émotionnel ou les stratégies interactives qu'ils proposent, mettre les enfants et les jeunes en situation de remettre en cause leurs conceptions et en particulier d'ébranler certains des obstacles. Ce type de situation peut être développé si les créateurs d'exposition s'appuient sur une bonne connaissance de ces obstacles.

Des expériences menées dans les expositions pour les jeunes à la "cité des Sciences et de l'Industrie" par l'équipe "cité des enfants", ainsi qu'au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris lors de la préfiguration de la Grande Galerie de l'Évolution, montrent l'intérêt de rassembler au préalable des informations permettant de connaître les conceptions des enfants, ainsi que de privilégier à chaque fois des solutions muséographiques qui rendent l'enfant actif sans renforcer ou créer de nouveaux obstacles. C'est ainsi qu'un certain nombre d'éléments d'exposition interactifs ont été conçus à partir de l'analyse de ces obstacles dans différents domaines scientifiques et techniques.

Dans le domaine scolaire on connaît depuis longtemps l'importance des obstacles pour la construction de connaissances. Ce numéro d'Aster permet justement de faire le point sur ce sujet. Par contre dans le domaine de la muséologie des sciences et techniques, donc dans un cadre d'éducation informelle, peu d'expériences ont été menées. En effet dans des espaces de loisirs éducatifs, qui sont par leur nature même des lieux de liberté, chacun conduit ses découvertes à son rythme et en fonction de ses préoccupations et des sollicitations du moment. La réussite de l'exposition avec les jeunes publics est liée à la capacité à prendre en compte leurs pratiques spontanées et leurs conceptions.

La "cité des enfants", puis la salle de découverte de la Grande Galerie de l'Évolution du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris se sont construites sur un pré-supposé pédagogique fondé sur le fait que chacun construit son propre savoir à partir des éléments nouveaux qui s'associent à ceux qu'il possède déjà. Aussi leur création s'est appuyée sur la connaissance des conceptions des enfants pour réaliser des éléments d'exposition qui les modifient en attirant l'attention sur des éléments fondamentaux, et ceci par la mise en œuvre des situations d'interactivité. Des recherches ont démontré que les objets d'exposition peu-

des études
pour la création
d'objets
d'exposition...

...qui s'appuient
sur la connaissance
et l'analyse
des obstacles

vent, par leur impact émotionnel ou les stratégies interactives qu'ils proposent, mettre les enfants et les jeunes en situation de remettre en cause leurs conceptions et même d'ébranler certains des obstacles.

L'objet de cet article est de montrer que la démarche de création d'exposition peut s'appuyer sur la connaissance et l'analyse de ces obstacles afin de rechercher et de mettre en place des situations actives de découverte pour le public. Il veut montrer l'intérêt de rassembler au préalable des informations permettant de connaître les conceptions des enfants, ainsi que de privilégier à chaque fois des solutions muséographiques qui rendent l'enfant actif sans renforcer ou créer de nouveaux obstacles. Ces situations centrées sur les aspects qui font obstacle peuvent participer à l'évolution des conceptions des enfants sur les thèmes concernés.

1. UNE PROBLÉMATIQUE DIDACTIQUE APPLIQUÉE À DES SITUATIONS DE VISITE D'EXPOSITION

Depuis longtemps les recherches en didactique des sciences ont montré qu'une véritable éducation scientifique suppose une participation effective de l'enfant à la découverte, à la construction et à la mise en œuvre du savoir. Des études ont bien montré la non transmission du savoir si l'on n'en tient pas compte. Mais qu'en est-il dans le domaine de la muséologie scientifique qui se joue plus souvent entre scientifiques et architectes, et où les pédagogues sont rarement pris en compte (Triquet, 1993) ? Il existe fort heureusement des exceptions et cet article en est la preuve.

1.1. Les recherches en didactique des sciences sur les conceptions des apprenants

Chez l'apprenant, comme chez le chercheur, la pensée scientifique progresse de façon dialectique par remaniements successifs (Bachelard, 1938). Elle suppose la remise en question des conceptions.

De nombreuses études, en particulier de Giordan et De Vecchi (1987), établissent un constat sur les conceptions des apprenants et montrent l'importance de leur prise en compte dans l'enseignement. Les enfants interprètent les phénomènes au travers de leur propre "cadre de référence". Au sein d'une population le nombre d'idées n'est pas infini et peut être regroupé en quelques grands types (Sutton, 1982). L'apprentissage dépend de ces idées ; c'est au travers d'elles que l'apprenant interprète les nouvelles informations. Si l'on n'en tient pas compte, le nouveau savoir reste isolé du savoir antérieur sans le modifier. De plus, certaines de

ces idées s'avèrent être des obstacles à la construction des connaissances.

La connaissance des idées des enfants permet de rechercher des stratégies pédagogiques plus efficaces. Il ne s'agit pas seulement d'étudier les idées des enfants, mais de prendre conscience des obstacles à franchir dans le but de centrer les objectifs sur ces obstacles (Martinand, 1989).

1.2. La situation d'apprentissage est-elle transposable dans le cadre d'une exposition ?

Les conditions des études précédentes ne correspondent pas à la visite d'une exposition, même si certains acquis comme ceux concernant les conceptions des apprenants ne dépendent pas du lieu et semblent transposables (Giordan, 1988). Le problème du musée est qu'il s'agit d'un lieu d'éducation informelle où il est impossible de construire un travail suivi avec un apprenant comme on peut le faire à l'école. Il n'empêche qu'on peut utiliser les conceptions comme un "moyen de connaître" et de sélectionner les éléments à mettre en œuvre (Borun, 1982, 1993).

connaître
les conceptions
et les obstacles
pour créer
une exposition

Reste à savoir comment réaliser une création muséologique en tenant compte de ces conceptions.

Les recherches sur la réception des expositions ne débutent que pendant les années 1970 dans le cadre de réflexions sur le rôle éducatif des musées.

Pour Screven (1976, 1983), l'évaluation commence par la définition des objectifs de la présentation par le concepteur (quels sont les éléments principaux du message à transmettre au public ?) ; ensuite vient la connaissance du public ciblé (origines socioprofessionnelles, attentes pédagogiques, degré de motivation) et en particulier la recherche des conceptions du public : celui-ci arrive avec des idées fausses ou se les forge pendant la visite ; une évaluation de prototype peut seule donner des indications par rapport à cette dernière question. La validité prédictive de l'évaluation formative est analysée par Griggs au British Museum (Griggs, 1983). Mais son évaluation formative se limite à des maquettes sous forme de panneaux, alors que pour nous il s'agit d'une approche tridimensionnelle comme celle de l'exposition.

1.3. Une méthodologie adaptée au contexte de la mise en exposition

En nous appuyant sur la problématique de l'évaluation formative et de la prise en compte des idées des apprenants, nous avons développé et testé des situations permettant de faire évoluer de façon durable les conceptions des enfants (Guichard J., 1990). Bien que cette démarche se développe dans un contexte différent de celui de l'école, elle en est

l'évaluation
formative un outil
pour les créateurs
d'expositions

complémentaire et vise aux mêmes objectifs de construction des savoirs.

En effet, notre étude s'est effectuée dans une exposition interactive pour les enfants – la "cité des enfants" de la cité des Sciences et de l'Industrie de Paris (Guichard J., 1993) – et pour la conception de la salle de découverte de la Grande Galerie de l'Évolution du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (Guichard F., Leclercq V.). Il s'agit d'expositions où l'enfant est acteur de ses découvertes et où les éléments d'exposition sont conçus pour inciter le visiteur à observer, manipuler et expérimenter.

1.4. Rechercher les conceptions des visiteurs afin de transposer un propos scientifique en objet d'exposition

transposer un
savoir afin de le
communiquer
aux visiteurs...

Le créateur de l'exposition est le responsable du choix des connaissances et de leur organisation. Mais la création peut être "régulée par la prise en compte du point de vue du visiteur". Ce qui reste fondamental c'est que l'exposition interroge, suscite la curiosité, pose problème, motive le visiteur à en savoir plus et l'entraîne à consulter d'autres supports médiatiques (livres, revues, audiovisuels...).

Ce qui est le plus important, ce ne sont pas seulement les messages, mais aussi la forme que l'on donne aux outils de communication choisis : de la mise en scène des éléments au design des objets en passant par les messages graphiques "sursignifiants" ; ce sont ces composantes qui seront d'abord perçues par les visiteurs et ceci en tenant compte des pratiques de référence auxquelles ils doivent pouvoir raccrocher leurs nouvelles découvertes, d'où les stratégies du muséologue pour créer des situations inductrices favorisant l'émergence du sens pour le public.

Lorsque l'exposition ouvre ses portes, le visiteur découvre un univers "*qu'il explore en fonction de ses propres connaissances, par ses propres démarches, avec ses attitudes propres, et en fonction de ses propres questionnements*" (Natali et Martinand, 1987).

...nécessite
la recherche de
leurs conceptions

Le principe même des recherches effectuées dans un lieu d'éducation informelle repose sur la prise en compte des conceptions des enfants. En effet, le concepteur d'un élément d'exposition, comme de tout matériel pédagogique, effectue une transposition du propos scientifique en fonction de ses propres pratiques de référence. Le visiteur de l'exposition (enfant ou élève) va décrypter l'objet d'exposition en fonction de ses propres conceptions, qui ne sont sans doute pas les mêmes que celles du créateur de l'exposition. Aussi le sens qu'il percevra n'est pas forcément le même que celui envisagé par le créateur de l'objet, surtout s'ils n'ont pas les mêmes conceptions sur le sujet. Et en particulier si des éléments font obstacle, le propos peut être complètement transformé par le visiteur.

le visiteur décrypte l'objet d'exposition en fonction de son propre système de référence...

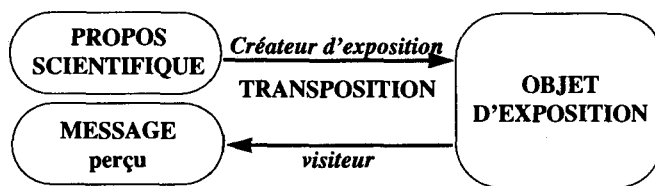


Figure 1. Du propos scientifique au message perçu via l'objet d'exposition

Il est donc important pour le créateur d'exposition, comme pour l'enseignant, de rechercher et de prendre en compte les conceptions des enfants et de connaître les éventuels obstacles (Guichard, 1990).

La réalisation d'objets d'exposition n'est pas en soi une recherche en didactique, mais les recherches permettent de renseigner les muséologues sur les conceptions des visiteurs et d'éventuels obstacles. La mise en objets des propos de l'exposition est alors un travail de création qui peut s'appuyer sur les éléments découverts lors des recherches afin d'inventer des situations problèmes adaptées.

1.5. Une évaluation diagnostique

...qu'il est donc nécessaire de connaître

Il est intéressant dans le contexte de la création des expositions de rechercher les liens entre les comportements observés et le contexte muséologique qui les a induits. Le plan d'évaluation n'est pas alors complètement élaboré *a priori*, mais évolue continuellement en fonction des interactions entre évaluateur, concepteur, public et contraintes techniques de la réalisation muséologique (Wolf et Tymitz, 1978). Les hypothèses émergent au cours de l'étude. Enquêtes et interviews sont les méthodologies essentielles de ces évaluations qualitatives. Cette méthode est surtout intéressante aux premiers stades d'une recherche lorsque la problématique n'est pas encore bien claire.

une évaluation diagnostique avec pré-test et post-test

Dans les études qui suivent, nous avons effectué des pré-tests et des post-tests de nature identique : questionnaire sous forme de dessin ou d'écrit pour répondre à la question posée (exemple "dessine le squelette dans la silhouette proposée sur la feuille de papier"), suivi de l'interview d'un échantillon d'enfants pour interpréter les résultats.

Les pré-tests ont été effectués sur des échantillons d'enfants avant toute approche du sujet. Lors du test de prototype nous avons fait appel à l'observation directe des actions et des remarques des enfants. Les post-tests ont été proposés après une mise en situation en face d'un objet d'exposition.

Dans le cas de "la cité des enfants", la démarche utilisée s'est appuyée sur la comparaison des conceptions des

enfants avant et après le passage devant l'élément d'exposition. Pour tenir compte de l'impact possible des pré-tests sur l'appropriation de l'élément d'exposition, la plus grande partie des post-tests a été effectuée sur des échantillons de public de même nature mais n'ayant pas répondu à un pré-test ; en effet, le passage d'un pré-test étant en lui-même une méthode pédagogique, transforme la façon dont un visiteur appréhende un élément d'exposition. D'autre part, afin de pouvoir apprécier l'impact durable de l'apprentissage certains post-tests ont été effectués six mois plus tard sans en prévenir les sujets.

Tous les résultats exposés ci-dessous ne correspondent pas à des études de la même ampleur. Certains sont issus d'études approfondies, comme par exemple pour le corps, d'autres correspondent à des enquêtes plus rapides, mais dans presque tous les cas ce sont des études qualitatives.

Le tableau en annexe précise les conditions de chacune des études citées.

2. CONNAÎTRE LES OBSTACLES AFIN D'EN TENIR COMPTE LORS DE LA CRÉATION DES OBJETS D'EXPOSITION

Les principes mis en œuvre dans la création des expositions interactives pour les enfants cherchent à développer des mises en situations qui induisent un questionnement fonctionnel de la part des publics. C'est le principe même de l'interactivité. Cette démarche de questionnement correspond à la base même de toute démarche scientifique. Dans un certain nombre de cas, nous avons essayé de la mettre en œuvre en la centrant sur des obstacles repérés.

démarche de
questionnement

2.1. Se confronter librement à la réalité dans l'exposition

La démarche de conception de la "cité des enfants", comme celle de l'espace enfant de l'exposition "*On a marché sur la terre*" du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, correspond à une prise en compte des conceptions, des questions des enfants, des obstacles à leur compréhension des phénomènes présentés.

La recherche des conceptions, mais aussi des obstacles repérables dans certains cas par rapport à des enfants qui avaient déjà eu un enseignement sur le sujet, a permis de centrer la problématique sur ces aspects et de chercher une mise en scène appropriée. Les résultats de ces études ont permis aux créateurs des éléments d'exposition de choisir des propos scientifiques et de réfléchir à des moyens de les présenter. Ces moyens utilisent la mise en scène pour

provoquer
l'émotion
pour marquer
le souvenir

déclencher l'émotion qui pourra marquer de façon durable le souvenir de l'enfant (Guichard, 1996). On a cherché en particulier à développer des apprentissages en actes (Weil-Barais, 1994) centrés sur certains des obstacles relevés.

des manipulations
pour
mettre en œuvre
un tâtonnement
expérimental

Une recherche menée par l'équipe de P. Clément sur "*Fais ta carte d'identité*" montre que la situation interactive favorise les apprentissages par essai-erreur : l'élève a le droit à l'erreur et le droit de recommencer son action plusieurs fois sans être jugé (Abrougui, 1994). Cette caractéristique de l'exposition est particulièrement importante par rapport au contexte scolaire. La situation idéale correspond à une manipulation qui oblige à un tâtonnement expérimental où il faut essayer ses hypothèses et progressivement comprendre en agissant. Cette analyse a été effectuée pour le "bras à vérin" (Vignes, 1994) où le succès de la manipulation dépend de la compréhension des principes techniques mis en jeu, l'enfant découvrant le processus par essai-erreur en étant motivé par le but ultime de la manipulation : mettre la balle dans le panier par l'intermédiaire de ce bras mécanique.

2.2. Prendre en compte les obstacles sur la classification des animaux afin de concevoir des situations de jeux

des jeux
de classement
construits autour
des obstacles
par rapport à la
systématique

La systématique, qui représente une base de connaissance fort utile en biologie, s'oppose à des conceptions préexistantes des enfants et même de certains adultes. La majorité des enfants (5-10 ans) pensent que tous les animaux à quatre pattes sont des Mammifères. Aussi y incluent-ils des reptiles comme les crocodiles ou les tortues. Par contre, ils n'y incluent que très rarement des animaux aquatiques comme le dauphin et surtout la baleine. On trouve ces conceptions même chez des enfants ayant eu les années précédentes un enseignement sur le sujet et connaissant à peu près la définition des Mammifères, ainsi que chez près de la moitié des adultes testés. Ces classements spontanés correspondent à des obstacles du type autocentration, valorisation des apparences premières. Les Mammifères sont tous assimilés à ceux qu'on connaît le mieux, c'est-à-dire des animaux à quatre pattes. D'autre part les animaux aquatiques au corps de forme hydrodynamique sont tous assimilés à des poissons ce qui amène les enfants à y inclure baleine et parfois dauphin (la médiatisation de l'intelligence des dauphins réduisant l'ampleur de cette conception).

De plus, on peut noter que l'autocentration conduit à deux types de conceptions apparemment contradictoires :

- l'anthropomorphisme qui amène à voir le monde à partir d'un processus projectif de l'image de soi,
- la dissociation de l'Homme par rapport aux animaux par combinaison d'autocentration et de survalorisation du soi.

En effet, les jeunes enfants excluent les Hommes de la classe des Mammifères et cette conception est très difficile à faire évoluer même en face de situations problèmes comme celles mises en place dans l'exposition.

Les deux visions précédentes s'opposent à considérer l'Homme comme un animal, ce qui supposerait à la fois décentration et neutralité du point de vue des valeurs.

Ce constat nous a conduits à chercher à faire remettre en cause cette vision en incluant l'enfant lui-même (qui se voit alors dans un miroir) dans un jeu de classement sur les Mammifères. Cette manipulation prototype amène les enfants par essais et vérifications successives à placer les dessins de Mammifères dans "la maison des Mammifères" et à placer les autres à l'extérieur. Pour ce faire, ils disposent d'une série d'indices. Ils peuvent vérifier leur réponse au dos de la carte. Ce jeu permet de confronter les conceptions à une observation d'images par l'apprentissage de critères qu'ils ont à utiliser dans le classement. De telles informations qui s'opposent à leurs conceptions surprennent les enfants et les amènent à les modifier. Une discussion avec les autres ou avec un adulte renforce cette modification. Les échanges avec l'adulte sont fondamentaux pour renforcer les découvertes faites dans l'exposition. Ce type de jeu est un puissant déclencheur de motivation pour affiner l'observation et un gage de souvenir de découvertes. Plus ces dernières surprennent, plus elles sont marquantes pour l'enfant comme l'ont montré les post-tests.

Des enquêtes menées avec les enfants montrent que la majorité d'entre eux ne regroupent pas spontanément sous le vocable "Vertébré" des animaux qu'ils considèrent comme mous, comme les Amphibiens (grenouille, crapaud), les Reptiles comme les serpents et bien entendu les poissons. Spontanément ils regroupent ces animaux avec les escargots ou les méduses qui ne sont pas des Vertébrés. Il s'agit en partie d'une absence de connaissances, mais aussi d'un obstacle d'autocentration du même type que pour les Mammifères. Les enfants se fient aux apparences premières (il y a d'un côté les "gros" animaux qui semblent costauds et au corps "dur" et il y a ceux qui correspondent aux critères "petit" ou "mou"). Leurs critères de classement s'appuient spontanément sur des critères extérieurs directement perceptibles et non sur les critères du biologiste qui ne sont pas directement visibles. Il faut donc les amener à prendre conscience de ces autres critères en jouant sur l'effet de surprise qui est émotionnel donc moteur de mémorisation. C'est ce qui a conduit à créer des jeux de classement où les enfants ont à regrouper d'un côté les invertébrés et de l'autre les vertébrés et à vérifier leur réponse en découvrant dans l'image de l'animal un schéma de la coupe de son corps comportant ou non son squelette interne. La surprise d'une découverte qui s'oppose à leurs conceptions fait naître un questionnement, l'animateur devant alors expliciter la notion de squelette.

créer un effet
de surprise
afin de susciter
le questionnement



**Figure 2. Élément d'exposition "ont-ils un squelette ?"
au Muséum de Paris (salle de découverte de l'exposition
"on a marché sur la terre")**

Ici le terme "squelette" ne s'applique pas uniquement à l'os des Vertébrés, mais à tout élément rigide soutenant les animaux et les végétaux (coquille, carapace, bois,...)

On retrouve le même type d'obstacle pour les distinctions à l'intérieur de ce que les enfants regroupent comme des "petites bêtes". On pourrait croire qu'il s'agit simplement d'une absence de connaissances, mais cette conception persiste chez beaucoup d'adultes qui ont pourtant eu au cours de leurs études des notions de systématique. Le contexte de l'expérience lors de la création de l'exposition ne nous a pas permis d'en affiner l'analyse. Cette observation a conduit à une manipulation du même nom. Elle amène les enfants à distinguer insectes, araignées et mille-pattes par des messages sonores déclenchés par les tentatives de classement et renvoyant au comptage du nombre de pattes, en fait à la découverte d'un critère discriminant qui enrichit leur connaissance sur ces animaux et peut faire évoluer une conception.

Un autre obstacle, celui-ci verbal, renforcé par le langage populaire, fait que les enfants considèrent la souris comme la femelle du rat, le crapaud comme le mâle de la grenouille et même le hibou comme le mâle de la chouette. Cet obstacle est tenace, cette dernière conception se retrouvant d'ailleurs chez bon nombre d'adultes !

Afin d'essayer de faire évoluer ces conceptions nous avons cherché à les confronter avec la définition de l'espèce biologique, qui se définit comme la possibilité d'avoir une descendance fertile. C'est ainsi qu'a été mis au point un jeu d'association mâle-femelle. C'est ce que l'on trouve dans la

salle de découverte de la Grande Galerie de l'Évolution (Guichard F., Leclercq V, 1994). La connaissance des couples que les enfants font spontanément à bon escient et de ceux qui sont spontanément erronés a permis de choisir les espèces à montrer dans le jeu. On en présente qui sont connus, afin de donner envie aux enfants de jouer, et des inconnus pour les surprendre et les faire se questionner en découvrant des faits qui s'opposent à leurs conceptions. Les enfants découvrent "le petit" que les animaux font ensemble, ou l'impossibilité d'avoir une descendance puisqu'ils sont d'espèces différentes. Les tests de ce jeu ont montré l'effet de surprise sur les enfants et le questionnement induit, vecteur de recherche et d'apprentissage.

2.3. Découverte des obstacles au travers d'un scénario pour la mise au point d'une simulation

Un obstacle important pour la construction du concept d'écosystème est encore un obstacle du type autocentrage qui conduit à des conceptions anthropomorphiques sur les relations trophiques entre les animaux dans la nature. Un pré-test auprès d'une centaine d'enfants de 7-9 ans de Paris a montré qu'ils ne percevaient pas la nécessité d'une interaction alimentaire entre les animaux d'un écosystème et qu'ils avaient une vision anthropomorphique idyllique des animaux dans la nature, qui ne doivent pas se manger les uns les autres et qu'en tous cas on ne doit pas laisser se manger entre eux.

Cette observation a conduit à créer à la "cité des enfants" de la cité des Sciences et de l'Industrie, une simulation informatique, "*drôles de drames*". Afin que cette simulation s'appuie au plus près sur les conceptions des enfants, elle a été construite à partir des propositions spontanées des enfants pour maintenir en équilibre un écosystème. Le test du synopsis de ce logiciel auprès d'une dizaine d'enfants a permis de recueillir leurs propositions en face de la situation de départ proposée : une situation d'équilibre entre des loups, des élans et la forêt, où la population locale demande de tuer les loups qui font quelques dégâts dans la région. On a alors recueilli leurs propositions comme "*tuer les loups*", "*ne rien faire*" ou surtout "*nourrir les loups*". Cette dernière proposition est une conception d'enfant, qu'aucun adulte n'aurait imaginé, alors que c'est la plus choisie par les enfants parisiens qui jouent maintenant avec ce logiciel dans l'exposition. Elle représente un obstacle important pour comprendre l'équilibre écologique d'un milieu (Guichard, 1996).

On a ainsi pu anticiper leurs réactions. Dans l'exposition, les jeunes visiteurs trouvent sur l'écran des propositions qui correspondent à leurs réactions face à ce problème. Ils découvrent les désastres écologiques qui se produisent lorsqu'ils suivent leur instinct : destruction de la forêt à cause de l'augmentation de la population d'élans. En jouant à ce jeu on constate que plus de la moitié d'entre eux choisissent

des simulations
construites à
partir des idées
des enfants...

...afin de repérer
les obstacles

l'option "*nourrir les loups*". Ainsi ils peuvent vraiment tester leurs hypothèses et avoir une chance de modifier leurs conceptions.

Apprendre, c'est confronter des hypothèses avec des faits. Il est ainsi possible de mettre l'enfant en situation de simulation en lui proposant de voir les conséquences de ses propositions spontanées par rapport à la situation proposée. Si cette mise en situation les amène à tester leurs hypothèses spontanées et à les remettre en cause, elle ne permet certainement pas, à elle seule, de lever les obstacles. Mais elle peut sans doute y contribuer en développant un questionnaire qui pourra être discuté ensuite avec les adultes.

2.4. Des obstacles pour l'appréhension des temps... géologiques

le sens
des temps
géologiques

Comprendre les concepts géologiques n'est pas plus simple non plus. Une des premières difficultés de la géologie (et en particulier de l'évolution de la Terre et de la vie) est que les apprenants (enfants et même les adultes) ont du mal à se représenter le temps. Les enfants élaborent lentement cette idée, d'abord à l'échelle des événements qu'ils vivent au quotidien (anniversaires, fêtes,...), puis au fil des saisons en gardant des traces et en les comparant. Mais lorsqu'il s'agit des échelles de temps géologiques, même pour les adultes, les dimensions n'en sont plus appréciables, car trop loin des références habituelles à l'échelle humaine.

Cet obstacle de l'appréhension des temps géologiques peut aussi être rapproché de l'autocentrage. Pour l'enfant la construction du temps est liée à sa propre vie et tout autre ordre de grandeur est difficile à percevoir.

Une analyse des conceptions a montré que le principal obstacle est que la majorité des enfants de 6 à 10 ans situent l'origine de la vie près de l'époque des dinosaures, juste avant l'origine de l'homme. Cette représentation perdure chez des élèves de 13/14 ans.

Pourtant les représentations les plus fréquentes de l'évolution proposent de ramener les 4,56 milliards d'années (écoulées de l'origine de la Terre à nos jours) à une année de 365 jours. Si cette représentation des temps géologiques ramenés à l'année est pertinente pour les adultes qui perçoivent le temps de l'année, elle ne modifie pas les conceptions de enfants, car elle leur propose un support temporel qu'ils n'appréhendent pas encore. Ils ne perçoivent pas encore bien le temps de l'année. C'est ce qui nous a amenés à chercher d'autres représentations qui ne reproduisent pas cet obstacle.

Pour la salle de découverte de la Grande Galerie du Muséum, un problème se posait de savoir comment représenter les temps géologiques dans l'espace et en particulier

sur un axe vertical pour réaliser une "tour du temps". Une mise en espace horizontale a aussi été envisagée.

Si les plus jeunes n'ont aucune connaissance et placent les repères au hasard, les plus âgés (plus de 10 ans) placent le passé systématiquement vers le bas dans une représentation verticale, ce qui a conduit, pour la salle de découverte de la Grande Galerie du Muséum, à construire une représentation verticale du temps par une tour dont les enfants descendent les degrés, du présent en descendant vers le passé.

les durées relatives
un obstacle pour
la compréhension
de l'évolution
de la vie

Une représentation linéaire du temps ne semble pas un obstacle, ils y sont habitués très tôt à l'école. Par contre, la difficulté réside dans les durées relatives, notamment des différentes périodes. Pour faire prendre conscience des périodes de temps (plus ou moins longues) qui se sont écoulées depuis la formation de la Terre (un temps neuf fois plus long, de l'origine de la vie à celle des premiers Vertébrés terrestres, que de ces premiers Vertébrés à l'homme), des repères significatifs peuvent être élaborés ou proposés.

Pour visualiser, les enfants peuvent dérouler assez lentement une très longue corde sur laquelle figurent des repères chronologiques. Cette idée simple permet de concourir à une meilleure approche de l'infiniment grand des temps géologiques et des durées relatives des épisodes de l'histoire du vivant, en projetant du temps dans une représentation spatiale.

Ainsi sur une corde de 46 mètres on a placé des nœuds tous les mètres, c'est-à-dire tous les 100 millions d'années, puis des repères aux étapes principales de l'évolution de la vie sur la Terre.

une corde
du temps
à dérouler
pour vivre
les temps
géologiques

Cette "corde" du temps suscite chez les apprenants des constatations fondamentales par rapport aux temps géologiques : les proportions entre les durées séparant les événements majeurs consécutifs (origine de la vie, premiers animaux à squelette, sortie des eaux, époque des dinosaures, origine de l'homme) et l'accélération de l'évolution de la vie dans les temps les plus récents. Les enfants passent du temps à dérouler la corde dans l'attente d'y découvrir les grands événements de l'histoire de la vie. C'est ainsi par exemple qu'en reculant dans le temps, ils prennent beaucoup de temps pour arriver à l'origine de la vie.

Cette représentation a l'avantage de faire "vivre le temps" aux enfants à une échelle qui leur est perceptible. Elle ne leur fait sans doute pas sentir l'immensité des temps géologiques, mais elle permet de repérer correctement la chronologie des événements et les proportions entre les durées séparant ces événements majeurs de la vie sur notre planète. Si nous connaissons l'impact immédiat de ces manipulations, nous n'avons pas de post-test tardif permettant d'en connaître l'impact à long terme.

2.5. Mettre en situation physique de découvrir certaines caractéristiques des systèmes techniques

La conception de l'exposition "*Technocité*" à la cité des Sciences et de l'Industrie a été précédée d'une recherche des conceptions des jeunes de 12 à 16 ans.

Par exemple la plupart d'entre eux disent que dans la voiture, une boîte de vitesse sert à aller plus vite, voire à accélérer le moteur de la voiture. Une difficulté pour leur compréhension du rôle de la boîte de vitesse est qu'ils n'ont pas l'idée de l'effort à produire par le moteur selon que la voiture est lancée ou non. Ils pensent simplement qu'on accélère en passant successivement les vitesses sans faire aucun lien avec l'effort qu'on demande au moteur. Ce qui nous fait penser qu'il s'agit d'un obstacle est que cette conception existe aussi pour une majorité de ceux qui avaient travaillé avant sur le sujet et qui disaient avoir compris "comment ça marche". Ils avaient l'impression de comprendre mais n'arrivaient pas à appréhender cet aspect du phénomène.

Pour lever cet obstacle et leur faire comprendre le besoin de la boîte de vitesse et son rôle, il était intéressant de leur faire manipuler une vraie boîte de vitesse équipée d'un carter transparent où ils découvrent l'interaction des engrenages. C'est ce que l'on trouve dans beaucoup d'expositions automobiles. Mais la découverte de l'obstacle le plus important lié à l'effort fourni par le moteur a conduit à proposer une boîte de vitesse où le visiteur joue lui-même le rôle du moteur en tournant une manivelle tandis qu'un autre peut changer les vitesses, en comparant le nombre de tours à l'entrée et à la sortie de la boîte. Alors ce qui surprend le plus les visiteurs, c'est de sentir avec leur propre corps, la différence d'effort physique pour tourner l'axe moteur, donc de percevoir la différence d'effort que subit le moteur, selon que l'on est en première ou en quatrième, et la difficulté de démarrer en "quatrième".

De même pour un autre composant technique important dans un véhicule : le différentiel. L'étude des conceptions des jeunes montre qu'ils ne comprennent pas l'utilité d'un différentiel parce qu'ils ne perçoivent pas que les roues d'un même axe ne tournent pas à la même vitesse dans un virage. Il s'agit probablement ici simplement d'une absence de connaissances.

Il était donc intéressant dans l'exposition de créer un petit modèle d'essieu de voiture avec un compte-tours sur chaque roue, et de le faire tourner dans un virage pour faire découvrir aux visiteurs la différence de vitesse de rotation des deux roues parallèles. Si nous connaissons l'impact immédiat de ces manipulations, nous n'avons pas de post-test tardif permettant d'en connaître l'impact à long terme.

une mise en situation physique afin de percevoir certaines propriétés des systèmes techniques

2.6. La représentation du temps de la vie

L'analyse du problème des représentations graphiques de la vie des animaux sous forme de cycle fermé montre comment la connaissance des obstacles permet d'éviter de les renforcer par leur mise en panneau ou maquette d'exposition.

la représentation en cycle fermé : un obstacle pour l'appréhension de la vie

Des études montrent que les représentations cycliques de la vie (cycle de vie de la grenouille, de la libellule,...) sont un obstacle pour la compréhension du concept de vie (Carrez, Daloubeix, Deunff, 1991). En effet la vie d'un individu est caractérisée par un début (la naissance) et une fin (sa mort). La représentation des différents stades de la vie – de l'œuf à la procréation en rebouclant sur l'œuf sous forme d'un cercle fermé – graphisme que l'on trouve dans beaucoup de livres et de panneaux d'exposition, conduit à occulter la mort de l'individu. Cette représentation cyclique est aussi un obstacle à la notion d'évolution car elle ne laisse pas de place pour les variations, alors que chaque individu d'une nouvelle génération est différent du précédent. C'est cet aspect qui a conduit à faire des études à propos de cet obstacle lors de la préparation de l'espace enfant de la Grande Galerie de l'Évolution.

L'analyse de cet obstacle, nous a amenés à représenter les stades de développement des animaux de façon linéaire dans nos panneaux, jeux et sur les éditions associées tant au Muséum qu'à la "cité des enfants".

2.7. Conception tenace ou obstacle mis à l'épreuve sur une maquette ?

Les typologies de représentation graphique du muscle pour un échantillon d'enfants de 6/8 ans donnent les résultats suivants.

Absence de muscle	Muscle sous la peau	1 muscle par os	1 muscle par articulation
8 %	78 %	14 %	0 %

Figure 3. Les conceptions des muscles chez les 6 / 8 ans

Lorsque les muscles sont représentés, ils sont des intermédiaires entre les os ou un emballage sous la peau. Même lorsqu'un muscle est représenté en liaison avec un os (14 % des cas), sa disposition ne lui permet pas d'être le moteur du mouvement. Cette analyse démontre l'absence de conception opérationnelle pour comprendre le rôle des muscles dans le mouvement des membres.

Mais ce qui devient surprenant, c'est la comparaison avec l'analyse de ces mêmes conceptions chez l'adulte.

beaucoup d'obstacles subsistent chez les adultes...

Le test décrit ci-dessous permet de constater, et de faire constater à de futurs enseignants en formation continue, les limites des enseignements qu'ils ont vécus. Il consiste à leur demander de "dessiner un schéma fonctionnel du bras qui permette d'expliquer comment on peut effectuer un mouvement".

Un test effectué sur 78 instituteurs donne les résultats suivants.




Les différentes représentations	un muscle par articulation (schéma exact)	un muscle non attaché	un muscle attaché sur son os
			
Futurs instituteurs (115)	12 %	47 %	41 %
Instituteurs (78)	28 %	40 %	32 %

Figure 4. Schéma fonctionnel du bras pour des adultes

...c'est le cas pour l'anatomie des muscles et leur rôle dans le mouvement

La représentation exacte, la seule qui soit fonctionnelle ("schéma fonctionnel"), correspond à un muscle attaché sur deux os différents de part et d'autre d'une articulation, afin qu'en se contractant, il puisse faire se mouvoir l'articulation ; cette conception n'est présente que chez 12 % des futurs instituteurs, contre 28 % chez ceux qui sont déjà en poste. Les autres conceptions (muscle non attaché ou muscle attaché sur un seul os) sont non fonctionnelles. Elle ont pour origine la mémorisation de schéma sans réflexion sur le fonctionnement. Elle représentent un obstacle à la compréhension du rôle du muscle car les adultes interrogés avaient l'impression de "savoir". Placés en face du schéma d'un livre, une partie d'entre eux validaient leur représentation graphique sans percevoir qu'elle n'était pas fonctionnelle. Il s'agit donc d'un obstacle par valorisation des apparences premières, l'image mentale construite à partir de l'image du document correspondant à une vision globale anatomique et pas à une vision fonctionnelle du système os-articulation-muscle.

Les résultats sont à mettre en relation avec le fait que les personnes interrogées admettent avoir appris deux ou trois fois au cours de leurs études le schéma du bras, mais sans mener de réflexion sur son fonctionnement. Tout comme les personnes interrogées, on se rend compte des limites d'un enseignement qui ne s'appuie pas sur le questionnement fonctionnel ou (et) sur les manipulations. Les résultats sont

meilleurs sur les quelques instituteurs qui enseignent ce sujet aux enfants.

Ces résultats obtenus à partir de situations de formation ont conduit à chercher des éléments d'exposition s'appuyant sur cette connaissance des conceptions et les obstacles qui y sont associés (Guichard, 1995).

la découverte
de cet obstacle
inspire une mise
en situation
dans
l'exposition...

À la "cité des enfants", nous avons donc cherché à mettre au point une manipulation incitant le visiteur à se questionner à ce propos. La solution envisagée a consisté à construire un faux muscle dont la contraction est assurée à partir d'une manette ; ce muscle est associé au squelette d'un bras. Il est fixé seulement à la partie supérieure. L'enfant doit préalablement accrocher la partie inférieure du muscle à un crochet pour obtenir un mouvement du bras lié à la contraction (simulée) du muscle.

Mais nous avons disposé plusieurs crochets à des positions correspondant aux idées préconçues des enfants ; en particulier le crochet situé à la base de l'humérus (correspondant à la représentation la plus fréquente du public) est placé pour mettre en échec les conceptions des visiteurs. En effet, si l'on attache le muscle en ce point et que l'on déclenche la contraction, on ne peut pas obtenir un mouvement du bras.

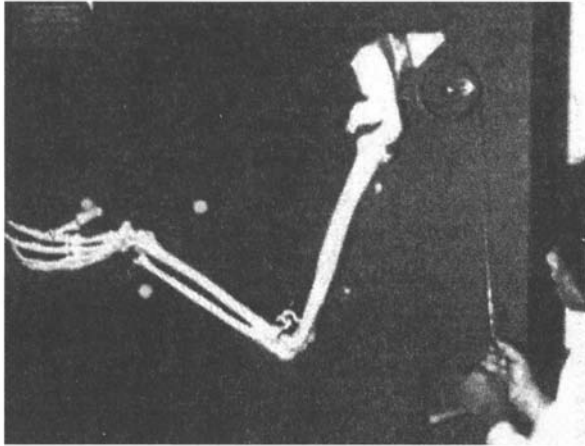


Figure 5. La manipulation sur le muscle

Les résultats de ce test montrent que plus de la moitié des enfants commencent par placer le muscle de façon incorrecte ; ils modifient alors spontanément le point d'accroche pour un second essai, cette fois concluant. La manipulation induit donc une analyse du système muscle-articulation et une réflexion sur le fonctionnement de ce système. Il faut noter que les visiteurs n'ont que deux possibilités et réussissent naturellement au second essai.

...permettant
d'accéder
à la structure
fonctionnelle
du bras

Un post-test sous la forme d'une interview montre que pratiquement tous les enfants qui effectuent cette manipulation proposent une structure fonctionnelle du bras, ce qui n'est pas le cas pour la totalité des enfants interrogés au pré-test. Les enfants ont compris le principe et le rôle du muscle dans le mouvement du bras. L'objet a induit une réflexion de la part des enfants (Guichard, 1995).

Dans cet exemple, l'obstacle ne réside pas dans la difficulté de comprendre le principe du couple muscle-articulation, mais dans l'image mentale que l'on se forge à partir d'une entrée dans le sujet principalement visuelle. En effet dans des situations de formation où l'on demande à des enfants ou à des adultes de modéliser un système os-muscle fonctionnel, on s'aperçoit que les enfants qui n'ont pas de connaissances sur le sujet réussissent mieux et plus rapidement que des adultes qui avaient l'impression de "savoir" mais qui faisaient des schémas non fonctionnels.

Il ne faudrait pas en conclure que le fait de montrer le vrai suffit à provoquer un changement de conception des enfants, mais simplement qu'il est important de faire manipuler pour comprendre et attirer l'attention sur les aspects fonctionnels. Dans le cas étudié, il s'agit de tenter de faire évoluer les conceptions vers une vision fonctionnelle en tenant compte que l'image mentale la plus courante est un obstacle à cette compréhension.

3. DES PROTOTYPES POUR DÉCELER LES OBSTACLES CRÉÉS PAR LA MISE EN EXPOSITION

la mise en objet
d'exposition
peut créer
de nouveaux
obstacles...

Cette démarche de recherche des obstacles lors de la définition du propos scientifique d'une exposition et de la création des éléments d'exposition ne doit pas faire oublier que la modélisation d'un objet d'exposition ou la finalisation d'une manipulation est elle-même, pour le visiteur, une nouvelle représentation qui peut provoquer la construction de nouveaux obstacles. Il convient donc lorsque c'est possible de passer par des stades de prototypes avant la mise en réalisation des éléments d'exposition.

3.1. Des tests de prototypes pour éviter de nouveaux obstacles

...qu'il faut
repérer à temps
grâce
à des prototypes

L'exposition pour les enfants "électricité", de la cité des Sciences et de l'Industrie, a été conçue en tenant compte d'études sur les conceptions des enfants. L'exemple suivant montre comment le passage par des prototypes a pu éviter de renforcer certains obstacles conceptuels par rapport à l'électricité.

En effet une analyse bibliographique (Johsua, Dupin, 1989) démontrait que la "métaphore du fluide" pour représenter

l'électricité dans un circuit était un obstacle à la compréhension future de la nature de l'électricité. Or c'est une conception fréquente chez les enfants qui imaginent l'électricité comme un fluide circulant dans les fils ; d'ailleurs lors de nos prétests, certains enfants ont dit que *"dans la centrale, l'eau des barrages entre dans les fils électriques"*.

Aussi nous avons été très attentifs à la modélisation physique des circuits électriques présentés dans l'exposition. Pour réaliser des circuits électriques manipulables par des centaines de milliers d'enfants et visibles de loin dans l'exposition, le designer a proposé un objet très coloré et très attractif, dont on lui a demandé de réaliser un prototype.

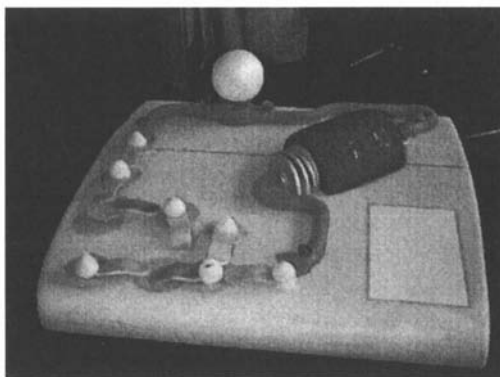


Figure 6. Prototype de l'exposition *électricité* : un prototype de designer testé pour éviter d'introduire de nouveaux obstacles

L'observation et l'interview d'enfants en face de cet objet ont montré que cette présentation renforçait cette idée de courant d'eau car ils prenaient les fils représentés en bleu pour des tuyaux d'eau. La représentation de fils électriques grossis par des petits tuyaux de cuivre renforçait aussi cette interprétation. Ces tests ont donc permis d'éviter de créer de nouveaux obstacles par rapport à la compréhension de la nature de l'électricité. Après avoir testé différentes matérialisations de ces gros fils, on a simplement utilisé, pour l'exposition définitive, de très gros fils électriques avec leur gaine de plastique, fils qui étaient directement perçus par les enfants comme des fils électriques. Cette matérialisation n'empêche pas que cette conception-obstacle existe chez les enfants, mais en tous cas elle ne la renforce pas, ce qui aurait été le cas si les créateurs de l'exposition n'avaient pas été sensibilisés à ce problème.

3.2. Analyser les obstacles qui peuvent être provoqués par les mises en images

L'étude traditionnelle du corps comme une suite de monographies d'appareils séparés (appareils circulatoire, respiratoire, excréteur, digestif,...) construit chez les élèves un obstacle à la compréhension du fonctionnement global de l'organisme et des interactions entre ces systèmes (Giordan, De Vecchi, 1987). Les enfants ne perçoivent pas les liens entre ces systèmes. Il s'agit d'un obstacle lié aux conditions d'apprentissage et de représentation graphique sur les livres (par systèmes séparés). Cette conception empêche les enfants d'avoir une appréhension dynamique du fonctionnement de leur corps.

Aussi nous avons eu l'idée d'un élément d'exposition, "*voir à l'intérieur du corps*" où l'enfant se place devant un cadre (type appareil de radiographie) réglable à sa taille pour augmenter la pertinence du procédé. Alors apparaît l'image de l'intérieur de son corps dans la glace sans tain qui lui fait face. Cette image ne devait pas être statique mais devait refléter quelques activités internes. L'enfant découvre et vit les liens entre les différents systèmes (respiratoire, circulatoire, excréteur et les organes) en voyant sur l'image de son propre corps, le trajet de l'oxygène qu'il respire et son devenir dans l'organisme.

Les résultats de l'étude montrent que les enfants repèrent alors la position des organes présentés et surtout les relations système respiratoire-système circulatoire-organes dans 80 % des cas après avoir effectué cette manipulation (Giordan, Guichard, 1993). Ainsi la découverte visuelle de ses liens sur son propre corps et en vitesse réelle a un impact sur les conceptions des enfants et leur donne une nouvelle vision du fonctionnement de leur organisme.

Le choix du type d'images ne fut pas aisé. Aucun des procédés habituellement utilisés en imagerie médicale n'est directement accessible au public. Seules quelques radiographies pulmonaire, stomacale ou intestinale sont reconnues globalement, en particulier lorsqu'elles sont recolorées par ordinateur. Toutefois aucune ne permet de visualiser les relations, par exemple respiration et circulation, nutrition et circulation. Il était alors nécessaire d'utiliser de l'image en mouvement (Giordan, Lintz, 1991). Les tests d'une petite animation par ordinateur montrèrent la nécessité de ne pas représenter le trajet de l'air en bleuté, car les enfants l'assimilaient à du liquide et non à de l'air, ce qui créait un obstacle à la compréhension du phénomène ; d'autre part ils firent ressortir également le besoin de donner du volume à l'image pour augmenter le réalisme et la compréhension. Il fut ainsi proposé d'animer sur vidéo des radiographies discrètement colorées à l'identique.

les images créées
pour un film
peuvent aussi
générer
des obstacles

4. UN EXEMPLE DONT ON A ÉTUDIÉ L'IMPACT À LONG TERME : LE SQUELETTE

Parmi les connaissances sur le corps humain qui semblent évidentes dans l'esprit de tous, il y a le squelette. Et pourtant, une analyse des conceptions des enfants de 6 à 8 ans réserve des surprises.

4.1. Un sac d'os pour les moins de 6 ans

En effet à la question "dessine ton squelette" associée à la remise d'une silhouette dessinée sur une feuille de papier, beaucoup d'enfants de 6 ans représentent leur squelette comme un "sac d'os", même s'ils semblent avoir conscience de son rôle d'armature, "pour tenir le corps" (Giordan, 1990).

Si les conceptions globales des enfants de 6 à 8 ans ne sont pas toujours aussi déstructurées, aucune ne montre une structure du squelette qui soit cohérente avec la fonction du mouvement du corps, c'est-à-dire avec des os longs d'une articulation à l'autre, et des limites des os au niveau des articulations (Giordan, De Vecchi, 1987).

En effet une enquête sur 112 enfants de 6 à 8 ans de Paris n'ayant jamais eu de cours sur le squelette donne les résultats qui suivent : les conceptions peuvent se classer en quatre types.

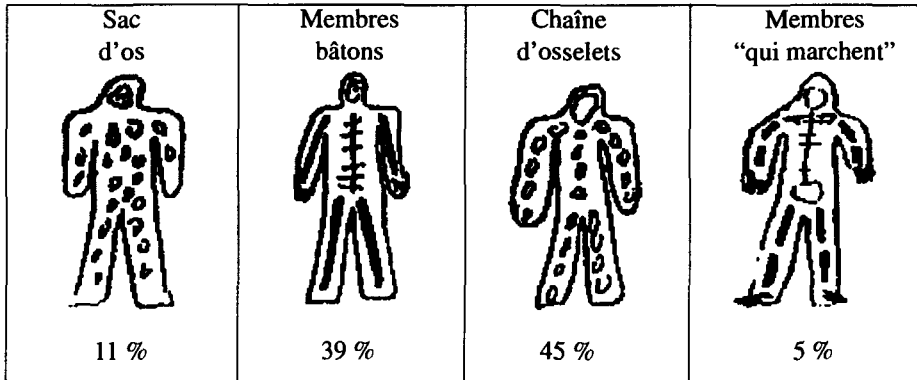


Figure 7. Les conceptions des enfants de 6 à 8 ans sur le squelette

les jeunes enfants ont des conceptions non structurées à propos du squelette...

Ces résultats confirment la prégnance d'une représentation non structurée du squelette pour 97 % des enfants de moins de 8 ans de l'échantillon. En effet seule la représentation des membres "qui marchent", c'est-à-dire d'os longs entre chaque articulation des membres, est exacte et correspond à une structure fonctionnelle du squelette. Toutes les autres conceptions sont déstructurées (le sac d'os, les

chaînes d'osselets) ou non fonctionnelles du point de vue du rôle du squelette dans le mouvement (membres bâtons).

On pourrait penser qu'il s'agit simplement d'une absence de connaissances, mais le test suivant montre les résistances de certaines de ces conceptions dans l'esprit des jeunes enfants.

4.2. Les obstacles provoqués par la mémorisation d'une image sans réflexion préalable sur la fonctionnalité du système

Afin de tester l'impact de nos outils d'aide à l'apprentissage, nous avons besoin d'un échantillon témoin ; cette situation expérimentale nous a amenés à faire un cours comme peu d'instituteurs le font encore ; nous avons proposé à deux instituteurs de CP (élèves de 6/7 ans) de réaliser une séance d'enseignement "frontal" sur le squelette sans dialogue ni présentation de la fonctionnalité de l'architecture des os : description du squelette sur une planche anatomique murale (pour l'école élémentaire) avec noms des principaux os, remise d'une polycopie représentant un schéma du squelette inscrit dans la silhouette du corps, pas d'échanges entre enfants, leçon à apprendre à la maison. Nous ne nous intéressons pas aux résultats immédiats de cet apprentissage, résultats au demeurant assez satisfaisants : le lendemain, les enfants étaient capables de représenter une structure cohérente du squelette et citaient quelques noms d'os.

Mais nous avons renouvelé cette interrogation six mois plus tard sans prévenir les élèves, afin de vérifier le résultat à moyen terme de cet apprentissage. Les résultats sont les suivants (échantillon de 51 enfants).

Sac d'os	Membres bâtons	Chaîne d'osselets	Membres "qui marchent"
2 %	52 %	18 %	28 %

Figure 8. Les conceptions sur le squelette, 6 mois après un cours frontal

...dont certaines peuvent être des obstacles qui persistent après un enseignement frontal...

La plupart des élèves représentent un mélange entre leurs anciennes conceptions (avant apprentissage) et les éléments issus de la "leçon" apprise en classe et dont il reste une vague structure générale, "l'arête de poisson", des côtes et une terminologie déjà bien mélangée (Guichard, 1995). Les conceptions en "membres bâtons" très ancrées dans l'esprit de la moitié des élèves correspondent à une image mentale incompatible avec la compréhension des articulations, alors qu'ils pensent "savoir". Des résultats semblables ont été trouvés par d'autres études sur le sujet (Becerra, 1994).

On constate que très peu d'enfants ont acquis une conception fonctionnelle du squelette compatible avec la possibilité de réaliser un mouvement. Ces conceptions représentent un obstacle à la compréhension de la fonction du squelette dans les mouvements du corps. D'ailleurs si les enfants expriment spontanément la fonction de soutien (les os tiennent le corps), ils n'expriment qu'exceptionnellement celle du mouvement.

4.3. La conception d'éléments d'exposition prenant en compte cette analyse

La manipulation "*Fais la course avec ton squelette*" a été conçue en 1976 pour un espace sur le mouvement du corps dans l'Inventorium. Elle est destinée à des enfants de 6 à 12 ans.



Figure 9. "Un enfant fait la course avec son squelette"

...mais qui peuvent être remises en cause par un objet d'exposition...

L'enfant se met en selle sur le vélo et voit en permanence l'image de son corps dans une glace sans tain. Dès qu'il pédale, il voit apparaître dans l'image de son corps un squelette en mouvement. Les mouvements des jambes et du squelette attirent spécialement l'attention de l'enfant sur le rôle et la structure du squelette du membre inférieur.

Le même test que celui du paragraphe 4.1. a été effectué auprès de scolaires (93 enfants de 6/7 ans), le lendemain de la visite. Les résultats sont notés dans le tableau suivant.

Type de représentation	Sac d'os	Membres bâtons	Chaîne d'osselets	Membres "qui"
après visite de l'exposition	0 %	5 %	0 %	95 %
8 mois plus tard	0 %	7 %	1 %	92 %

Figure 10. Conceptions des enfants après "avoir fait la course avec ton squelette" et six mois plus tard

...qui suscite l'émotion et une découverte par l'action

Comparés aux conceptions des enfants de cet âge, ils montrent une étonnante augmentation de la représentation fonctionnelle (les membres "qui marchent") qui devient évidente pour la quasi totalité des enfants (89 sur 93). Il est à noter que seulement les 2/3 des enfants représentent les deux os de la jambe (tibia, péroné). Mais l'essentiel, par rapport au mouvement, est acquis, comme l'interview d'enfants permet de le vérifier : "des os d'une articulation à l'autre", "les os s'arrêtent où la jambe se plie".

Afin de vérifier si cette connaissance était acquise à long terme, nous avons effectué ce même test sur une partie de ces enfants (67 élèves), huit mois après leur visite, alors qu'ils n'avaient pas eu de cours sur le squelette ; une partie des enfants de l'échantillon initial avait été dispersée dans d'autres classes, le test ayant été pratiqué à la rentrée scolaire suivante. Les résultats sont donnés dans le tableau précédent (fig.10).

Si l'on compare ces résultats à ceux du test six mois après un cours frontal (fig. 8), on constate l'impact à court, comme à long terme, de la manipulation proposée pour la connaissance fonctionnelle des enfants à propos de leur squelette. Si le reste du squelette n'est pas très précis, dans la quasi-totalité des cas (92 %), la structure fonctionnelle du squelette des membres est comprise et enregistrée durablement. La manipulation induite chez l'enfant a donc favorisé l'acquisition de la connaissance et de la compréhension d'une structure fonctionnelle du squelette ; et cette appropriation correspond à une acquisition à long terme, ce qui correspond à l'hypothèse de départ.

L'analyse de l'impact de cette manipulation valide donc l'option prise par les concepteurs qui voulaient mettre en évi-

dence les caractéristiques du squelette en liaison avec le mouvement, en localisant l'attention de l'enfant sur le mouvement des jambes. Elle démontre donc l'intérêt d'un outil didactique construit à partir des conceptions des enfants en privilégiant la mise en œuvre de situations qui induisent une analyse par les enfants des éléments qui vont structurer une connaissance.

CONCLUSION

L'analyse qui précède montre que la création d'éléments d'exposition peut s'appuyer sur une approche didactique :

des outils
muséographiques
construits à partir
de la connaissance
des conceptions
et des obstacles...

- en rassemblant au préalable des informations permettant d'avoir une idée sur les questions et conceptions des visiteurs, ainsi que sur les obstacles que l'on peut percevoir,
- en passant par des tests de prototypes permettant d'éviter de renforcer certains obstacles ou d'en créer de nouveaux par les modélisations mise en jeu,
- en privilégiant des solutions muséographiques qui rendent l'enfant actif.

Elle montre que la conception d'éléments d'exposition qui s'appuie sur la connaissance des conceptions des enfants et des obstacles peut parfois faire évoluer durablement leurs connaissances. Cette démonstration s'oppose à l'idée traditionnelle qui veut que l'impact de la muséographie sur le public soit uniquement de l'ordre de la sensibilisation. Elle démontre que sous certaines conditions, le musée peut aussi concourir à développer des savoirs ; et ceci mieux qu'un enseignement frontal traditionnel qui ne sollicite pas la réflexion des enfants.

Mais il faut insister sur les limites des visites d'expositions ou de musées. On ne peut pas construire de connaissances structurées lors d'une simple visite d'exposition. Si la visite peut émouvoir, questionner, surprendre, donc laisser des traces durables dans la mémoire, elle n'amène que des savoirs fragmentaires. D'une part l'enseignant doit sensibiliser les élèves et utiliser des outils pour structurer la visite afin que les élèves en gardent des traces, d'autre part un temps de structuration est bien entendu nécessaire. La durée de passage dans une exposition est insuffisante pour mettre en œuvre des apprentissages qui nécessitent des processus plus longs et répétitifs.

...peuvent
contribuer aux
apprentissages

Il n'en reste pas moins que les "outils muséographiques interactifs" construits dans ces conditions peuvent être des aides à l'apprentissage efficaces pour les scolaires, comme pour les publics venant en visite de loisir.

En aucun cas ce diagnostic didactique basé sur la prise en compte du public par les concepteurs ne peut se substituer à la démarche de création de ces outils pédagogiques. Mais il nourrit de façon efficace la créativité des concepteurs afin

qu'ils trouvent des solutions techniques qui s'appuient sur les difficultés de compréhension de leur public.

Nous pensons que des démarches de diagnostic didactique similaires (Giordan, Guichard F. et J., 1996) peuvent conduire à l'élaboration d'outils pédagogiques efficaces dans le cadre strictement scolaire.

Jack GUICHARD,
IUFM de Paris.
Françoise GUICHARD,
Muséum National d'Histoire Naturelle,
Paris.

BIBLIOGRAPHIE

ABROUGUI M., *Évolution des conceptions d'élèves de ZEP et non ZEP en fonction de stratégies pédagogiques accompagnant la visite de l'îlot "fais ta carte d'identité" à La cité des enfants*, mémoire de DEA, Laboratoire P. Clément, Université Lyon I, 1994, 90 p.

BACHELARD G., *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin 1938.

BECERRA A. L., "Ciencias en el Primer Ciclo de la Educacion Primaria", in *Alambique Didactica de las Ciencias Experimentales*, n°2, 1994, pp. 83-92.

BORUN M., 1982, "Naive notions and the design of science museum exhibits", in S. Bitgood, A. Benefield and D. Patterson (Eds.), *Visitor Studies - Theory, Research and Practise*, vol. 2, Jacksonville, AL, Center for Social Design, 1989, pp. 158-162.

BORUN M., LUTTER T., MASSEY C., "Naive Knowledge and the design of science Museum Exhibits", in *Curator*, vol. 36, n° 3, 1993, pp. 201-220.

CARREZ D., DALOUBEIX S., DEUNFF J, et al., *Dis maîtresse, c'est quoi la mort ?*, CRDP Dijon, 1991, 204 p.

GIORDAN A., DE VECCHI G., *Les origines du savoir*, Neuchatel, Delachaux et Niestlé, 1987, 212 p.

GIORDAN A., "De la catégorisation des conceptions des apprenants à un environnement didactique "optimal"", in *Protée, Expomédia*, n° 16/3, Québec, 1988.

GIORDAN A., *Document de synthèse sur les conceptions des jeunes de 6 à 13 ans à propos du corps humain*, étude DJF, Paris, cité des Sciences et de l'Industrie, 1990.

GIORDAN A., LINTZ M., *Document de synthèse sur les conceptions des jeunes de 6 à 13 ans à propos du corps humain*, Rapport interne DJF, Paris cité des Sciences et de l'Industrie, 1991.

GIORDAN A., LINTZ M., “Comparaison de quelques éléments d'exposition entre l'Inventorium et La cité des enfants”, in *Rapport de recherche interne CSI*, Paris, 1992, 60 p.

GIORDAN A. et GUICHARD J., “Le corps humain en spectacle”, in *Actes des XV^{es} JIES*, Chamonix, A. Giordan, J.-L. Martinand et D. Raichvarg Éd., 1993, pp. 355-362.

GIORDAN A., GUICHARD F., GUICHARD J., *Des idées pour apprendre*, Nice, Z'Éditions, 1997, 360 p.

GRIGGS S.A., “Formative evaluation of exhibits at the British Natural History Museum”, in *Curator* 24/3, 1981.

GRIGGS S.A., MANNING J., “The predictive validity of formative evaluation of exhibits”, in *Museum Studies Journal*, Fall, 1983.

GUICHARD F., LECLERCQ V., “La genèse d'une salle de découverte”, in *La Lettre de l'OCIM*, 1994, n° 33, pp. 46-53.

GUICHARD F., ROUDEAU-LECLERCQ V., “Approches conceptuelles de l'évolution pour les plus jeunes à travers la salle de découverte de la grande galerie du Muséum”, in *Actes des XVI^{es} JIES*, Chamonix, A. Giordan, J.-L. Martinand et D. Raichvarg Éd., 1994, pp. 385-390.

GUICHARD J., “Représentations des enfants à propos des fourmis et conception d'un outil muséologique”, in *Aster* n° 6, Paris, INRP, 1988.

GUICHARD J., *Diagnostic didactique pour la conception d'objets d'exposition*, Thèse de Doctorat ès Sciences de l'Éducation, Université Genève, 1990, 434 p.

GUICHARD J., “La prise en compte du visiteur comme outil de la conception muséologique : un exemple concret, la “cité des enfants””, in *Publics et musées*, 1993, 3, pp. 111-135.

GUICHARD J., “Designing tools to develop the conceptions of learners”, in *International Journal of Science Education*, V. 17, Issue 2, 1995, pp. 713-723.

GUICHARD J., “Nécessité d'une recherche éducative dans les expositions à caractère scientifique et technique”, in *Publics et musées*, 1996, 7, pp. 95-115.

JOHNSA S., DUPIN J.-J., “Représentations et modélisation : le débat scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique”, Berne, Peter Lang, 1989.

MARTINAND J.-L., "Questions actuelles de la didactique des sciences" in *Psychologie génétique et didactique des sciences*, Berne, Peter Lang, 1989, pp. 93-105.

NATALI J.-P., MARTINAND J.-L., "Une exposition scientifique thématique... est-ce bien concevable ?", in *Éducation permanente*, n° 90, 1987.

PIANI J. et WEIL-BARAIS A., *Les échanges adultes-enfants à la "cité des enfants"*, Rapport de recherche CSI, 1993, 56 p.

SCREVEN C.G., "Exhibit evaluation, a goal referenced approach", in *Curator*, vol. 19, n° 4, 1976.

SCREVEN C.G., "Evaluation and the exhibit design process : pretesting audience as a design tool", in *Iconographie 2/2*, Mobilia-Press, Danemark, 1983.

SUTTON C.R., "The origins of pupils'ideas" in C. Sutton and L. West (eds), *Investigation children exciting ideas about sciences*, Leicester, University of Leicester, School of Education, 1982.

TRIQUET E., *Analyse de la genèse d'une exposition*, Thèse, université Claude Bernard, Lyon I, 1993, 384 p.

VIGNES M., "Essai de caractérisation des connaissances mises en œuvre dans la manipulation de dispositifs du thème "machine et mécanismes" à la "cité des enfants"", in *Rapport de recherche interne CSI*, Paris, 1993, p. 80.

WOLF R.L., TYMITZ B.L., *A preliminary guide for conducting naturalistic evaluation in studying museum environments*, Washington D.C. Office of Museum Programs, Smithsonian Institution, 1978.

ANNEXE
CONDITIONS DE CHACUNE DES ÉTUDES CITÉES

situation testée	pré-test		test sur prototype		post-test	
	nombre (âge enfants)	conditions	nombre (âge enfants)	conditions	nombre (âge enfants)	conditions
2.2 classification des animaux	30 (7-10) 29 (7-10)	questionnaire tri de cartes	24 (7-10) 18 (7-10)	observation	29 (7-10) 24 (7-10)	questionnaire tride cartes
2.3 simulation loups-élans	106 (7-9)	questionnaire interview	11 (7-9)	interview	28 (7-9)	interview
2.4 temps géologiques	56 (8-9) 170 (10-12) 39 (13-14)	questionnaire interview	24 (8-9)	questionnaire interview		
2.5 boîte de vitesse	18 (12-14)	interview	30 (12-14)	observation interview		
2.7 muscles	110 (6-8) 193 adultes	dessin interview	20 (6-12)	observation interview	29 (7-9)	dessin interview
3.1 électricité		bibliographie	30 (7-11)	observation interview		questionnaire interview
3.2 intérieur ducorps		bibliographie	12 (7-11)	observation interview	60 (7-11)	
4 squelette	112 (6-8)	dessin interview	93 (6-8)	dessin interview	67 (6-8)	dessin interview 6 mois + tard