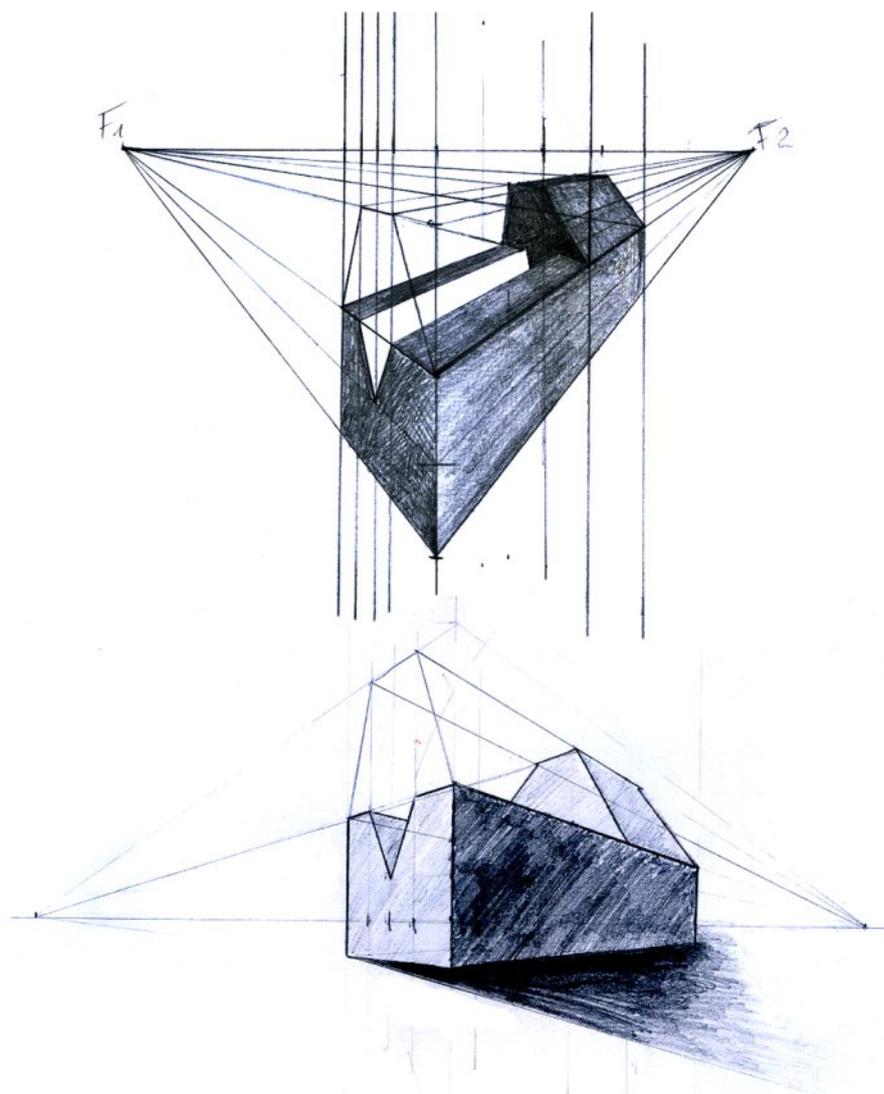


BULLETIN DE LIAISON 43



HIVER 2014 - 2015

ÉCOLE MATHIAS GRUNEWALD

4 RUE HERZOG - 68124 LOGELBACH-WINTZENHEIM

WWW.PEDAGOGIE-STEINER-COLMAR.FR

ÉDITO

par Hélène Grunenberger, professeur de littérature
dans les grandes classes

Notre lien à la nature : un thème central, sympathique, fécond, toujours à nouveau évoqué dans l'éducation des enfants selon la pédagogie Steiner. Mais comment ignorer la polarité à cela, à savoir le fait que notre vie quotidienne est en réalité imprégnée, façonnée, conditionnée par de purs produits de la recherche scientifique et que notre approche de la vie est précisément inséparable de certains problèmes ? Ceux-là peu à peu requièrent de notre part à tous que nous nous intéressions à certaines questions de la science, si nous ne voulons pas devenir des utilisateurs et exécutants aveugles, mais peut-être manipulés.

Comment alors penser une démarche pédagogique dans ce domaine-là ?

Ainsi, dans les petites et moyennes classes, c'est dans un grand geste de sympathie que l'enfant est amené à découvrir le monde de la nature tel qu'il apparaît, dans toute sa diversité et sa richesse, en biologie. Un peu plus tard, il découvre par l'expérience (en chimie, en physique) certaines des lois de cette même nature, et déjà apparaît la question de leur utilisation...

Puis, le travail en mathématiques dans les grandes classes viendra confirmer l'existence de ces lois, et aussi, leur lien avec notre pensée, notre propre activité pensante. Au fil des grandes classes, seront ainsi abordés des domaines clés de la compréhension des technologies nouvelles : l'électronique, l'informatique... Autant de domaines qui nous 'simplifient' journallement la vie, mais au moyen d'outils dont le fonctionnement a tendance à nous échapper !

L'objectif étant l'ouverture d'esprit, la liberté dans l'activité pensante des grands élèves, il importe que cet enseignement des sciences dans les grandes classes s'appuie constamment sur une démarche de compréhension qui allie premièrement la perception, l'observation ou l'expérimentation avec la réflexion dans un second temps comme moyen de construction du savoir.

Pour les parents, il peut être intéressant de passer à l'étude de l'utilisation des moyens modernes de communication, au moins ceux qui viennent aussi envahir le monde de la petite enfance, et d'emprunter une démarche tout aussi rigoureuse d'observation et de réflexion pour aborder tout ce qui éduque un enfant : et là, il ne s'agit pas des 'programmes' divers que nous pouvons mettre en place... mais bien de ce qui, en silence et dans l'intimité de sa chambre fascine... et par la force des choses 'éduque' l'enfant.

AU SOMMAIRE DE CE NUMÉRO

LE MOT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION	3
L'INAUGURATION DE LA MAISONNÉE	4
NOTRE ÉCOLE ÉVOLUE !	6
ZOOLOGIE EN 4 ^E CLASSE	8
UNE APPROCHE DU GESTE SCIENTIFIQUE EN MOYENNES CLASSES	12
ATOMES ET MOLÉCULES	16
A QUOI ÇA SERT LES MATHS ?	21
ÉLECTRONIQUE ET INFORMATIQUE	25
COMMENT SOUTENIR NOTRE ÉCOLE EN DORMANT !	28
LA MUTATION DU CHAMP DES PERCEPTIONS	29
LE CALENDRIER BIODYNAMIQUE MURAL	31

LE MOT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Le Parlement a voté, fin juillet, la loi sur l'économie sociale et solidaire (ESS). Février a vu le lancement de la campagne sur l'engagement associatif, déclaré "grande cause nationale", après l'autisme en 2012 et l'illettrisme l'an dernier. Le Premier Ministre souhaite ainsi "sensibiliser les Français aux enjeux de cet engagement au service des autres, qui, depuis la loi de 1901, constitue une chance pour notre pays et un pilier de notre modèle social et républicain". La signature d'une nouvelle charte des engagements réciproques marque, d'après ses dires, "une étape importante dans la reconnaissance du rôle essentiel et pourtant souvent méconnu que les associations jouent dans la société civile, au service de l'intérêt général".

Fichtre ! nous voici sous les feux de la rampe: L'association "Ecole Mathias Grunewald" est reconnue d'utilité publique, par arrêté préfectoral du 17 octobre 2012, ainsi que l'association "Jardin d'Enfants Rudolf Steiner"! Quelles perspectives, quels défis!

L'École Mathias Grünwald se veut une école libre, ouverte et insérée dans le monde. Elle se base sur des principes d'organisation associative, tels que proposés par Rudolf Steiner en 1919, lors de l'inauguration de la première école Waldorf à Stuttgart. Dès sa création, il a 33 ans - précédant les souhaits du Premier Ministre, l'École Mathias Grunewald se propose d'être aux côtés des enfants et des jeunes pour leur donner la possibilité de s'épanouir et d'être actifs dans la société, pour "entreprendre, s'émerveiller, questionner".

Plus que jamais, la valorisation et la pérennisation de ces formes originales, viables et adaptées aux réalités de notre monde qu'est l'École Mathias Grunewald, sont nécessaires. Notre école est ainsi à un tournant. Nous pouvons relever le défi de la poursuite de nos activités et nous projeter dans cet avenir intéressant! Les perspectives enthousiasmantes du projet de construction sauront, nous le souhaitons, mobiliser toutes les bonnes volontés nécessaires à sa réalisation. Pour cela, la prise de conscience des enjeux est vitale pour notre avenir et chacun, en tant que membre, bénévole et militant de l'engagement associatif, est invité à y prendre part.

La gestion d'un établissement libre, d'une association en recherche permanente de moyens humains et financiers qui permettent la liberté pédagogique n'est pas simple et reste en permanence sur le fil du rasoir. Le conseil d'administration de l'école se donne comme mission, par délégation de l'AG, de créer l'enveloppe pour que la pédagogie prenne corps et puisse se déployer, en toute liberté. Ce n'est pas facile. Le conseil d'administration de l'école, organe directeur qui permet de mettre en oeuvre les orientations du Collège interne, a besoin de sentir qu'il réalise la volonté de l'ensemble de la communauté école, en lien avec le paysage public environnant.

Il a 33 ans, une impulsion est née pour créer une école qui puisse répondre aux besoins de son époque. Ce projet s'est incarné. Forte de son identité, la jeune pousse a grandi, déployant son projet, proposant ses fleurs et ses fruits : Une école où l'humain éduque l'humain en créant les conditions favorables à son épanouissement. Aujourd'hui l'aventure continue, le projet pédagogique a trouvé un terrain et un environnement permettant de consolider et de pérenniser cette aventure sociale. Le jeu entre la vie et la forme nous invite à imaginer de nouvelles formes pour faire évoluer notre école, en réponse aux besoins actuels des enfants et pour les accompagner dans une société en évolution.

Nous souhaitons, dans la continuité des bonnes fées qui été présentes à sa naissance, lui donner les moyens de poursuivre son œuvre. Nous pensons qu'elle le vaut bien.

P.S. : La reconnaissance d'utilité publique (RUP) nous permet entre autres de délivrer des reçus fiscaux. 66 % de la somme versée par les dons sera déduite de votre impôt sur le revenu dans la limite de 20 % du revenu imposable ou de l'assiette de l'ISF.

**Claude Stoehr, membre du conseil
d'administration de l'école**

LE 3 OCTOBRE 2014 AVAIT LIEU L'INAUGURATION

Le 3 octobre dernier, par une journée automnale ensoleillée et douce, le nouveau bâtiment construit pour accueillir les petits du jardin d'enfants fêtait enfin son inauguration. Accueillis par la musique et les chants des élèves des moyennes et grandes classes, ainsi que par un numéro de jonglage des élèves de 7ème, les personnalités élues, les amis, les bienfaiteurs qui s'étaient déplacées pour l'occasion purent découvrir cette extension si nécessaire à la vie animée du jardin d'enfants. Après l'introduction assurée par les classes, devant toute l'école réunie sur la pelouse derrière la villa, des plus petits aux plus grands, il y eut bien sûr le couper du ruban devant ce nouveau chemin courbe qu'empruntent désormais les enfants chaque matin, ce magnifique accès à la Maisonnée ! Puis le programme de la journée se poursuivit à l'intérieur des locaux, devant un cercle réduit cette fois aux adultes, ainsi que dans une des salles d'eurythmie, et voici deux discours qui furent tenus à cette occasion.



" Chers invités, chers amis, chers parents d'élèves, chers collègues (beaucoup sont restés à leur poste auprès des élèves!)

Nous voici réunis autour de cette impulsion née de la nécessité de s'agrandir qui aujourd'hui se manifeste dans sa forme achevée : La Maisonnée.

Que représente, pour de jeunes enfants, une maison quand elle devient maisonnée ?

Une maison c'est surtout une enveloppe qui abrite un espace intérieur, qui protège et entoure. Pour

l'enfant elle est une troisième peau. Il y a d'abord celle qui lui donne ses propres limites corporelles, qui est l'interface sensible entre lui et le monde, puis celle que lui donnent ses vêtements, quelques fois ses déguisements, et celle qui marque les limites de l'espace dans lequel il va évoluer, qui lui donne un cadre de vie, un intérieur qu'il devra partager avec d'autres.

L'enfant est ainsi entouré de trois enveloppes limitantes, protectrices et médiatrices.

C'est pourquoi un soin et une attention tout particuliers ont été donnés aux formes architecturales de cette troisième peau, à l'espace, aux couleurs, à la lumière, à l'ambiance sonore, à la température.

Toutes ces qualités qui imprègnent l'architecture font d'elle un puissant éducateur aux côtés des parents et de la Jardinière d'Enfants. C'était le titre de la revue *Erziehungskunst* de juin 2014 : le troisième pédagogue : l'architecture.

En effet, de nombreuses études à travers le monde montrent que l'architecture, par ses formes, ses espaces créés, les couleurs, le type de lumière et les matériaux utilisés, agit jusque sur la corporéité de l'enfant, par l'intermédiaire entre autre de la circulation sanguine, sur son bien-être (limitant le stress), sur sa santé et même sur le développement de ses capacités.

En ce temps d'automne, temps des récoltes et de la maturation, après la floraison du printemps et la croissance de l'été, la nature nous offre ses fruits. Le fruit comme nourriture du présent, mais aussi comme porteur de la graine pour le futur.

Le travail pédagogique a lui aussi ces deux caractères du fruit, il porte des fruits visibles au présent mais une partie a le caractère de la graine et donnera ses fruits souvent bien plus tard.

Le Jardin d'Enfants est dans ce sens un haut lieu, une terre féconde où sont déposées beaucoup de graines.

De tout cœur nous souhaitons que dans ces lieux nouveaux le travail pédagogique soit fructueux dans le présent et l'avenir. "

Christiane Boudot, directrice du Jardin d'Enfants et médecin scolaire

DE LA MAISONNÉE

" Chère assemblée

Nous sommes rassemblés aujourd'hui pour fêter de nouveaux espaces, des espaces que vous avez édifiés afin de donner aux enfants leur espace.

Au second degré, créer des espaces signifie, permettre un développement. Ainsi nous reconnaissons l'existence d'espaces extérieurs et d'autres, intérieurs.

Les espaces extérieurs vous les avez construits mais les espaces intérieurs, ce sont les éducateurs (trices) qui les créent chaque jour auprès des enfants.

En observant les enfants et ce dont ils ont besoin, nous remarquons que nous n'éduquons pas les enfants de façon directe. Nous créons pour eux les espaces nécessaires à leur développement individuel, espaces au sein desquels ils peuvent se développer par eux-mêmes. Nous voyons alors que le plus important pour cela est la relation, qui se construit entre l'éducateur et l'enfant à éduquer.



Ci-dessus : un des nouveaux jardins d'enfants, déjà adopté par les enfants.

Ce sont donc le lien que développe l'éducateur et le regard qu'il porte sur l'enfant en devenir qui importent.

Le propre de la tâche éducative est que chaque éducation est au fond une auto-éducation.

L'éducateur, dans son métier, est face à des défis auxquels il ne peut répondre que de façon individuelle dans sa relation avec les enfants.

Contrairement à ce qui se passe avec des enfants plus âgés, que l'on peut éventuellement rencontrer sur un plan plus conceptuel ou intellectuel, le petit enfant dans la première semaine a besoin d'un autre type de rencontre.

L'éducateur doit donc travailler à transformer ses connaissances et sa

science de façon à acquérir une intuition juste, une intuition éduquée consciemment, en profondeur.

Le défi de la profession, en plus des connaissances relatives au développement de l'enfant, à l'embryologie ainsi qu'à d'autres thèmes encore, est d'élargir sa conscience vers des questions telles que : d'où vient l'enfant ? Qu'apporte-t-il de particulier ? Que nécessite son développement individuel ?

On peut dire aussi que les enfants connaissent le chemin et que nous sommes seulement une aide sur ce chemin. Le développement de chaque enfant se lit sur chaque enfant lui-même.

En y regardant de plus près, il apparaît clairement que l'éducation exercée jour après jour devient de l'art, elle est art de l'éducation.

Et l'enfant dans ses espaces se trouve au centre.

Avec ce nouveau bâtiment, vous avez créé d'autres espaces extérieurs que ceux que depuis de nombreuses années déjà vous partagez avec vos collègues. Et par là vous créez aussi les espaces intérieurs qui sont nécessaires aux enfants afin qu'ils puissent se développer de façon saine, selon leur propre mesure.

De tout cœur, je vous souhaite le meilleur, pour qu'à l'avenir cela se poursuive de la même manière et je vous remercie de votre attention. "

**Oliver Langscheid, membre du conseil d'administration de IASWECE
(International Association for Steiner/Waldorf Early Childhood Education)**

NOTRE ÉCOLE ÉVOLUE

Le samedi 11 octobre au matin, l'ensemble des professeurs, jardinières, membres des conseils d'administration "Immobilier", "Jardin d'Enfants" et "École" s'est réuni pour dresser un état des lieux sur l'ensemble des projets immobiliers à réaliser. Durant plus de quatre heures, les échanges ont été francs, directs, respectueux, dans un bel esprit de collégialité. Nous allons tenter de vous transmettre l'essentiel de cette rencontre qui s'est achevée sur un magnifique rayon de soleil éblouissant cette matinée de grisaille.

LE JARDIN D'ENFANTS

L'extension est achevée mais elle n'est pas encore totalement financée ; il reste environ 45 000 € à trouver. Cependant, sans tarder, nous sommes obligés d'avancer dans le projet de réhabilitation de la villa. Sans hypothéquer l'aspect pédagogique ni le bien-être des enfants et des jardinières, nous devons trouver le "goldige Mittelweg", la voie médiane qui permettra de répondre aux normes drastiques de la PMI, de la commission de sécurité, sans oublier l'accès aux personnes à mobilité réduite. La quadrature du cercle que nous devons élucider, avis aux chercheurs...

Comme exprimé dans le dernier bulletin de liaison, ce projet de mise aux normes du Jardin d'Enfants que l'on évalue approximativement à 300 000 € devrait être le dernier projet immobilier de cette association. Il pourrait donc être envisagé de créer un cercle de donateurs emprunteurs pour financer le remboursement d'un emprunt. La question est à l'étude et toutes les idées sont les bienvenues.

L'ÉCOLE

Le projet qui dormait dans les cartons depuis deux ans a été réveillé. Afin de le présenter aux nouveaux professeurs et nouveaux membres des conseils d'Administration, il a été largement déployé, les plans projetés et explicités, les raisons et les motivations détaillées. L'ensemble de la structure globale du bâtiment d'environ 2 000 m² a été accepté par les personnes présentes : une commission va maintenant s'atteler à le peaufiner afin que les espaces et volumes intérieurs correspondent au mieux aux besoins pédagogiques et au bien-être des élèves.

Comme expliqué dans le dernier bulletin de liaison, le casse-tête qui se pose toujours est de savoir "qui construit" ? : l'Association École Mathias Grünewald ou l'Association Immobilière ? Le Fisc refuse d'accorder à l'association immobilière la possibilité de délivrer des reçus fiscaux. L'association École Mathias Grünewald, "reconnue d'Utilité Publique" peut bien sûr

délivrer des reçus fiscaux et donc recevoir des dons plus facilement. Transfert de fonds ? Construction sur terrain d'autrui ? La question est à l'étude auprès d'un notaire, mais n'hésitez pas si vous avez une idée lumineuse !

Au niveau des finances : sur le compte "construction" l'école dispose de 150 000€. Les promesses de dons et de subventions s'élèvent à environ 320 000 € soit presque 1/5ème sur un financement à trouver de plus ou moins 2,5 millions d'euros. La commission "recherche de fonds" est dans les starting-blocks et attend que le projet soit cadré à tous les niveaux pour se lancer le plus rapidement possible dans la recherche de cette somme.

Ensuite, il restera encore à envisager les constructions pour les classes 1, 2, 3, 4 et 5. L'idée de pavillons en auto-construction a été suggérée à la place des bâtiments actuels pour respecter l'espace nécessaire au développement des enfants en fonction de leur âge.

Tous les parents, amis et membres sont appelés à l'aide : plus nous serons nombreux à porter ces projets ensemble et plus nous aurons de chance de les voir se réaliser. Construire ces locaux qui permettront à nos professeurs et à nos élèves d'évoluer dans les meilleures conditions est un projet humain, bienveillant, de grande ampleur qui nécessite l'engagement et l'enthousiasme de tous.

La rencontre du 11 octobre a permis de créer un bel élan et une réunion sera proposée à l'ensemble des parents dans les tous prochains temps. Avec la "foi du charbonnier", l'espoir et l'enthousiasme vrillés à la plus petite parcelle de leur corps, chacun va se mettre au travail alors rejoignez-nous vite, votre aide nous est précieuse.

N.B. Nous rappelons que l'Association Ecole Mathias Grünewald, reconnue "d'Utilité Publique" peut recevoir des transmissions de patrimoine hors frais de succession.

Michèle Scharf et Marcelle Erny, pour le conseil d'administration de l'école

ZOOLOGIE

EN 4^E CLASSE

par Guy Chaudon, professeur de 4^e classe

C'est avec ces paroles (*ndlr : ci-contre*) que j'ai d'introduit la première période de zoologie dans l'actuelle quatrième classe de l'école Mathias Grunewald, c'est à dire avec des élèves de neuf-dix ans environ. En effet, c'est à cet âge que les enfants acquièrent la maturité suffisante pour aborder un tel sujet. Celle-ci leur ouvre plus grandement les yeux sur le monde extérieur et sur la nature, provoque intérêt et enthousiasme pour tout ce qu'ils y découvrent, particulièrement les animaux cela va sans dire.

Ces paroles mettent en évidence la tri articulation physique du corps humain. Celui-ci, en effet, est constitué essentiellement d'une tête, d'un tronc et de membres. Ces parties distinctes recèlent aussi des fonctions spécifiques : la tête est le siège de la vie représentative et de l'activité pensante, le tronc est le lieu où se manifeste les sentiments (poitrine) et la digestion (abdomen), les membres enfin manifestent par leur mobilité la puissance de la volonté.

La découverte progressive de ces spécificités va transformer le regard des enfant sur l'être humain. Les expériences concrètes faites avec eux en classe vont les amener à s'émerveiller sur toutes ces belles aptitudes qu'ils considéraient, jusque là, comme banales et naturelles. Quelles perturbations dans la vie quotidienne peut provoquer une cécité passagère, une main droite immobilisée, une jambe plâtrée.... Tout mouvement est à réapprendre, exige une rééducation longue et fastueuse. Quel bonheur d'avoir ses deux mains pour jouer et travailler, de bons yeux pour lire et écrire, de bonnes jambes pour courir sans même y penser... Ils réalisent alors que c'est la complémentarité de toutes ces facultés, leur interaction réciproque, qui offre à l'être humain sa grandeur, sa toute noblesse. Oui, il est pleinement lui-même, cet être humain, lorsqu'il se redresse dans une belle verticalité, ouvre ses bras et ses mains envers le monde et autrui, cultive de beaux et nobles sentiments, parle, pense par lui-même.

Lorsque ce sentiment vit dans l'âme des élèves, ils sont prêts à aborder l'étude des animaux avec le recul suffisant et dans un rapport juste avec la nature dont ils en ont maintenant les justes repères.

L'observation du corps humain a révélé aux élèves que la tête se caractérise surtout par sa rondeur, sa dureté à l'extérieur (crâne) et sa fragilité à l'intérieur (cerveau), que les membres, à l'opposé, sont plutôt longs et linéaires, mous à l'extérieur et durs à l'intérieur (os), que le tronc, quant à lui, a une forme oblongue, intermédiaire.

Ces formes spécifiques et complémentaires nous donnent la clef pour aborder la multiplicité du monde animal, selon une méthodologie progressive et évolutive. Expliquons-nous. Certains animaux sont constitués selon les principes qui régissent le pôle tête, ainsi les coquillages, les moules, les huîtres... tous sont durs à l'extérieur et tendre à l'intérieur, d'autres associent le pôle tête et le pôle tronc ainsi les rongeurs par exemples dont les pattes sont encore minuscules, insignifiantes. Enfin les grands animaux, tels les chevaux ou les bovins par exemple, développent outre la tête et le tronc de puissants membres.

Il s'agit donc d'aborder l'étude des animaux en commençant par les animaux « tête » puis d'aborder ceux qui sont « tête-tronc » pour enfin terminer avec ceux qui, comme l'homme sont constitués d'une tête, d'un tronc et de membres bien développés, afin de présenter aux élèves une logique quant à l'évolution du monde animal.

Considérons la moule. Ce mollusque, comme chacun sait, vit solidement accroché aux rochers qui bordent les mers et les océans. Ce petit être fragile, tendre, et de plus aveugle, sourd, sans

Homme, quelles merveilles

En toi tu possèdes

Que de riches dons

Tu as à ta disposition !

Ils t'apportent richesse

Joie et liberté

Ainsi sue ton humanité.

Trois, toutefois

T'élèvent tel un roi

Par delà tous les règnes.

Désires-tu les connaître ?

Contemple-toi.

En te redressant

En marchant droit

Au dessus de l'animal

Tu te hisses vraiment.

Acquiers la conscience

Du ciel et de la terre.

Ta parole riche et belle

Te relie à tes frères

En toi la pensée éveille.

Tes bras et tes mains

Libérés de toutes contraintes

T'offrent la liberté

De travailler, de créer

Pour te nourrir

Pour offrir, pour aider aussi.

Homme ! Quelles merveilles

En toi tu possèdes

Que de riches dons

Tu as à ta disposition.



membres, donc incapable de se mouvoir et de se nourrir par lui-même, s'est, à notre grande surprise, choisi le lieu le plus inhospitalier du monde pour élire son domicile. Lieu où il sera assailli, frappé furieusement par les vagues de la marée et des tempêtes. A chaque seconde, en effet, la moule doit résister aux terribles chocs des flots incessants et cela sa vie durant. Elle pressent pourtant que c'est le lieu idéal pour elle. Là, elle pourra être nourrie sans devoir se mouvoir. Oui, se dit-elle confiante, que l'océan lui-même pourvoit à mon alimentation. Pour cela, elle s'amarré solidement à un rocher, et attend, confiante, d'être nourrie par l'eau marine riche en planctons. Pour qu'une telle prouesse soit possible, il lui faut, bien sûr, se protéger. Qu'à cela ne tienne ! Elle s'enferme à double tour dans la double carapace noire de sa coquille qu'elle élabore, véritable cachot médiéval, où elle est alors bien à l'abri des chocs. Pour se nourrir, il lui suffit d'entrouvrir ses coquilles pour permettre aux vagues de s'engouffrer en elle et de lui apporter ce dont elle a besoin pour vivre et croître.

Ainsi en est-il aussi de la tête humaine. Elle aussi est placée au sommet du corps, exposée aux intempéries et aux chocs, incapable de se nourrir par elle-même, vulnérable, fragile. Elle aussi, pour subsister, résister, survivre, a dû se constituer une forteresse solide pour protéger son cerveau : le crâne.

Pour conclure cette description, l'on peut encore préciser que les moules sont en quelque sorte des petits crânes indépendants sans troncs ni pattes qui vivent de façon autonome dans la nature. Cette image pourra faire sourire certains,

elle éveille cependant chez l'enfant un ressenti juste et surtout crée un lien entre ce mollusque insignifiant et la noble tête humaine. L'un et l'autre sont frères et même si des éons les séparent, ils sont soumis l'un et l'autre aux mêmes contraintes.

La description du poulpe emmène les élèves dans les bas fonds marins, royaume multicolore et scintillant où algues, poissons et crustacés se partagent le territoire. Dans cet univers féerique tout est en mouvement. Les poissons, solitaires ou en bancs, traversent les eaux comme des éclairs, les algues ondulent nonchalamment, véritables danseuses orientales, au gré des courants et des reflets lumineux, les crustacés se terrent dans le sable en créant, lorsqu'ils bougent un peu, de suspects nuages de sable..... Cachée dans sa caverne rocheuse, véritable « blockhaus », le poulpe observe de ses grands yeux ce splendide paysage. Avec ses huit tentacules, véritables lèvres ou langues, il goutte l'eau salée, retient son souffle si l'on peut dire... Il attend son heure, c'est à dire l'instant où un crabe insouciant, sans doute tenaillé par la faim, ou tout simplement curieux, ose s'aventurer sur le sable à proximité de l'ancre du « monstre ». Tel l'éclair, le poulpe jaillit alors de sa caverne, enserre le crabe de ses tentacules recouvertes de ventouses, ramène l'animal vers lui et le fracasse de son bec osseux, la seule chose dure qu'il possède, afin d'en faire son repas. Perçoit-il un danger ? Aussitôt il projette un jet d'encre noire autour de lui et file en quelques secondes vers sa caverne où il se blottit peureusement.

Le poulpe, à l'instar de la moule est aussi un animal « tête ». Mais une tête sans crâne car aucun

La moule

Face à l'océan bleuté
Je m'accroche aux rochers.
A l'assaut des vagues
Des tempêtes, des orages
Je sais faire face
Avec force et courage !
A chaque vague
L'océan me nourrit
Me comble, me gratifie.
Tapie dans mes coquilles,
Je me sens à l'abri.
Mais j'en ai trop dit
Vous savez n'est ce pas
Qui je suis.
Mais oui, c'est moi la moule !

Le poulpe

Dans les profondeurs aquatiques
Je me cherche un abri
Où je puis me blottir
Car je suis fort craintif !
De mes grands yeux clairs
J'observe tout dans la mer.
Mes longs bras souples
Dansent avec la houle !
Une écrevisse, une autre proie
S'approche t-elle de moi ?
Vif comme l'éclair
Je bondis sur elle
L'étouffe de mes bras
Puis à toute vitesse
Dans mon ancre disparaît
Ne laissant derrière moi
Qu'un nuage tout noir
Oui c'est moi le poulpe
Vous l'aviez deviné n'est-ce pas ?

La souris

*Tard dans la nuit
Quand le silence s'établit
Je sors de ma cachette
Oreilles grandes ouvertes !
L'oeil aux aguets
Je longe le parquet
Malgré les dangers
Qui de tous côtés
Me guettent sans arrêt !
La faim me tenaille
Le torture, me fait mal.
Vite, sur le champ
Il me faut grignoter
Manger goulûment
Beurre, lard, fromage
Qu'importe, tout me va
Me nourrit, me régale !
A petits pas rapides
Dans la cuisine me faufile
Tremblante d'envie...
Aie, ouille, aie !!!!*

La brebis

*Dans les hauts pâturages
Aux étendues sauvages
Je broute avec appétit
Entourée de mes amies
Avec elles, je me régale
de cette herbe sans égal.
Les chiens du bergers
Veillent à ma sécurité.
Du matin jusqu'au soir
Ils sont là près de moi
A former, c'est leur métier
Un troupeau bien serré.
Par delà les grand prés
Le loup est aux aguets
Rien que d'y penser
Je me mets à trembler.
Vite, courons à la bergerie
Pour y passer la nuit.
Vous savez qui je suis ?
Mais oui, la douce brebis !!!!*

os n'est là pour la protéger. Il est donc très vulnérable. C'est la raison pour laquelle le poulpe se cherche un habitat rocheux dans lequel il se love et où il peut se sentir en sécurité. La nature ne lui a pas donné un crâne protecteur, qu'importe ! Il s'en cherche un par lui-même !!

Tout est mou chez le poulpe sauf son bec qui se trouve au centre des huit tentacules sous le manteau. Ce bec est, en fait, formé par les deux uniques dents qu'il possède. Les tentacules sont, quant à elles, les lèvres qui les entourent. Le tout forme une bouche monstrueuse où des lèvres gigantesques se sont allongées tant et tant qu'elles sont devenues ce qu'on appelle les tentacules. Elles vont là où le poulpe lui-même n'ose s'aventurer.



Le poulpe, à l'instar du visage humain, est aussi un grand imitateur. Pour se dissimuler il se pare des couleurs du sol au dessus duquel il évolue, imite même le relief des roches avec un souci d'exactitude incroyable. Impossible à quiconque de le distinguer de son environnement.

En étudiant ces deux animaux, les élèves découvrent que l'un est surtout crâne (la moule) et que l'autre est plutôt un visage avec une bouche et des yeux hyper développés : le poulpe.

Quittons l'océan pour les caves et les greniers de nos maisons. Ceux-ci sont souvent habités, voire parasités, par de petits animaux qui courent ici et là, surtout la nuit, le long des parois à la recherche de nourriture : les souris. La souris, outre une petite tête au museau pointu et moustachu, aux grandes oreilles ouvertes, possède un tronc impressionnant,

presque disproportionné, qui se termine par une longue queue imberbe qu'elle traîne derrière elle.

C'est un animal que nous qualifions «tête-tronc» car ses membres sont si menus que seules les pattes griffues apparaissent sous le volumineux tronc. Celles-ci ont de la peine à le soulever, mais peuvent le mouvoir avec une vivacité et une dextérité tout à fait extraordinaires.

Tout chez la souris exprime l'avidité : ses petits yeux luisants, ses longues dents qui n'ont de cesse de ronger, son museau luisant de gourmandise, sa boulimie perpétuelle, sa reproduction phénoménale, son immense estomac et... l'abondance des ses crottes ! En outre, elle est aussi extrêmement craintive, c'est sa deuxième caractéristique majeure.

Toujours en émoi, en alerte, elle tremble dès qu'elle sort de sa cachette de tout son corps.. va, vient, avance, recul, hume l'air, s'inquiète du moindre bruit, s'immobilise.... son coeur bat alors à la cadence phénoménale de 600 coups à la minute !!!! Elle n'est plus alors que frémissement, tremblement !!

Tout cela est à mettre en relation avec le « pôle médian » (tronc), siège comme nous l'avons vu, des sensations, des sentiments, des instincts et des pulsions. Il complète, bien sûr, le « pôle tête » neurosensoriel, que la souris a aussi particulièrement bien développé.

Les élèves aiment beaucoup ce petit animal familier. J'en ai amené deux en classe. Il se sont reproduits et quelques semaines plus tard, sept bébé sont nés de cette union. Quelle joie dans la classe, les élèves frétilaient, sautaient de tous côtés, chacun en

L'écureuil

L'écureuil, l'oeil vif

La queue en panache

Joue à cache cache.

Sans effroi, il tournoie

Saute, pirouette, s'élançe

Bondit de branche en branche

Se rit des obstacles

Escalade les cimes

Dévale tête en bas

Les troncs les plus droits.

A la saison des fruits

Il oublie tout ceci.

Fâmes, pignons, noisettes

Deviennent son unique souci.

Tout le jour sans répit

Il fait la navette

De cache en cachette

Qu'il remplit de fruits secs.

voulait une pour lui seul ! Puis d'autres rongeurs furent décrits afin que les élèves comprennent bien la spécificité des ces animaux «tête-tronc » comme l'écureuil, ce si sympathique habitant de nos arbres et le castor, ce constructeur sans pareil.

Pour clore cette étude il me fallait encore aborder les animaux dits supérieurs, à savoir ceux qui disposent d'une tête, d'un tronc et de membres bien développés. Le choix est riche. R. Steiner conseille, pour commencer, de choisir la brebis.

La description de la brebis emmène les élèves sur les hauts plateaux des Causses ou des Alpes, par exemple, où elle vit avec ses consœurs rassemblées en troupeau mené par un berger et quelques chiens. Là, dans ces hauteurs balayées par les vents, baignées de lumières, la brebis païsse, rumine, allaite, dort jour après jour avec bonhomie. A l'exception du loup, rien ne vient déranger cet animal paisible et peu exigeant. L'étude de ses pattes, cependant, va éveiller un réel intérêt chez les élèves. Celles-ci, contrairement aux jambes humaines qui dévoilent au grand jour l'équilibre harmonieux de leur tripartition, à savoir, le rapport de la cuisse, du mollet et du pied, les pattes des grands mammifères nous réservent une belle surprise. Ce que nous prenons pour une patte, en effet, est en fait un pied formé par un ou deux orteils. Ceux-ci se sont tant développés, hypertrophiés même, qu'ils ont contraint les trois autres à une dégénérescence radicale, à tout bonnement disparaître ! Comme chacun sait, les sabots de la

brebis sont doubles. Ils sont formés par l'ongle de l'orteil dit majeur, pour l'un et pour l'autre par celui appelé auriculaire. La patte est donc un pied étiré verticalement tout en longueur. Les élèves n'en reviennent pas. Chez le cheval, c'est encore plus spectaculaire puisqu'il galope sur ses quatre doigts !!!

La brebis est élevée par l'homme depuis la nuit des temps, elle est devenue sa compagne dans maintes contrées. Grâce à elle l'homme est comblé de bienfaits. Sa laine bien sûr, son lait, sa viande, sa peau, ses tendons, ses os aussi dont on fait de la colle (la poix). Tout en elle est utilisable, transformable... On peut vraiment dire qu'en réponse aux soins et à la protection que l'homme lui a prodigués, la brebis s'offre en retour totalement à l'homme, dans un extraordinaire geste de générosité, d'amour même peut-on dire.

Pour étayer ces propos, les élèves ont appris à dessiner, à peindre ces animaux dans leur habitat et éléments naturels respectifs. A les modeler avec de l'argile. A les observer de visu aussi. A écrire et à réciter de petits textes rimés sous formes de devinettes, à mimer leur démarche... Tout ceci afin d'intensifier les vécus et fortifier les liens. Les élèves ont aimé découvrir ces animaux, s'émerveiller de leurs aptitudes, du génie même, que chacun possède dans un domaine particulier. Ils ont alors mieux compris le rapport qu'il y a entre eux, les êtres humains et les animaux. Ces derniers formant les parties, dispersées dans la Nature, du tout concentré en un seul organisme : l'Homme.

Guy Chaudon

Le cheval

Le cheval, c'est sa nature

Aime trotter, galoper

Caracoler sans but

Toute la journée.

Il a soif d'espace

De soleil, de mistral

De courses effrénées

D'obstacles à sauter

Quand à l'homme il se lie

Quand il devient son ami

Il met tout son honneur

A faire son labour

A mesurer ses pas

A tirer avec foi !



UNE APPROCHE DU GESTE SCIENTIFIQUE DANS LES MOYENNES CLASSES

par Danielle Mendaille, professeur intervenant dans les petites et moyennes classes

"Donnez moi un point d'appui, et je souleverai le monde !" C'est cette découverte explorée par le célèbre Archimède qui ouvre la voie scientifique de la physique pour la première fois aux jeunes élèves de sixième classe.

«*La sixième classe : point de retournement des douze classes d'une école Steiner Waldorf.*» Tel était l'intitulé d'un des articles publié dans le bulletin numéro 17 dédié au 10ème anniversaire de l'Ecole de Colmar, en 1991, au moment où j'étais le professeur de la sixième classe, dans mon premier cycle.

À l'âge de douze ans, en effet, l'élève a déjà accompli la moitié du chemin offert par l'Ecole, et c'est précisément à ce carrefour-là, que de nouvelles matières s'inscrivent dans le plan scolaire, pour s'investir en jetant un nouveau regard sur le monde et sur la façon de s'y placer. En plus du travail du bois et du jardinage, la géométrie l'invite à se tourner vers l'expérience du passage à l'infini, et en physique, il est amené d'une part dans le domaine de l'acoustique et aussi de l'optique et des phénomènes lumineux, par l'intermédiaire de la musique et de la peinture qui lui sont familières depuis son entrée à l'école.

Si nous suivons maintenant le geste de l'histoire des sciences depuis le début de la scolarité jusqu'au bout du cycle, nous percevons que c'est l'image de l'homme qui est au centre, véritable colonne vertébrale du plan scolaire. Nous pouvons constater que le chemin à accomplir de classe en classe n'est possible que s'il est mis en adéquation avec le développement de l'enfant et avec la compréhension de la nature humaine.

L'HOMME DANS LES SCIENCES DE LA NATURE, UNE PREMIÈRE APPROCHE DANS LES CINQ PREMIÈRES CLASSES

Dans les deux premières classes, la frontière avec la nature est inexistante ; l'enfant se fond véritablement avec le monde environnant, tandis qu'en troisième classe, autour de la neuvième année, commence autrement ce chemin vers l'intelligence terrestre, avec la présentation de l'homme en tant que travailleur sur la terre. Et, en quatrième classe, apparaît véritablement pour la première fois, la première image de l'homme en lien cette fois avec le monde animal, dans la période de zoologie, tandis que l'année suivante la période de botanique soulignera, elle, le lien de l'homme avec la plante, depuis les mousses et champignons jusqu'aux rosacées et liliacées subtilement placés là, en parallèle avec l'image de l'homme dans son évolution terrestre. Ensuite, la sixième classe, précisément, à mi-chemin, véritable axe de symétrie du plan scolaire des sciences, amènera quelque chose qui annonce une cristallisation physique, dans l'approche du monde minéral, et cette période de minéralogie suivie par la période où l'homme se tournera vers les astres en 7ème classe, mettra en quelque sorte un point d'orgue à ces premières approches scientifiques, que l'on pourrait qualifier de

«sciences de la nature».

L'HOMME DANS LES SCIENCES INORGANIQUES : LA NOTION DE CAUSALITÉ DANS LES CLASSES 6,7 ET 8

Si nous observons à présent ce qu'il se passe à partir de douze ans, en sixième classe, nous percevons tout d'abord, que sur le plan physique, s'opère une importante croissance des os et également un allongement des membres, une taille qui grimpe, dans un geste où le système musculaire se relie fortement au squelette. C'est l'âge où les garçons s'exercent au « bras de fer » et aux tractions en tous genres, comme pour éprouver leurs propres forces et aussi rencontrer la force de l'autre. Cette nouvelle façon de rentrer en relation avec le monde, pourrait vite aller vers la violence, ou au contraire vers un repli sur soi et une quête de compensation par des substances, si la recherche d'équilibre n'était pas au rendez-vous. Là, commence à se poser une distanciation avec le monde, un nouvel état de conscience.

À cet âge-là, où la "mécanique des os" s'installe, la faculté de faire le lien se fait jour et la possibilité de développer la pensée causale peut se poser maintenant.

PREMIÈRE ILLUSTRATION AVEC LA PHYSIQUE

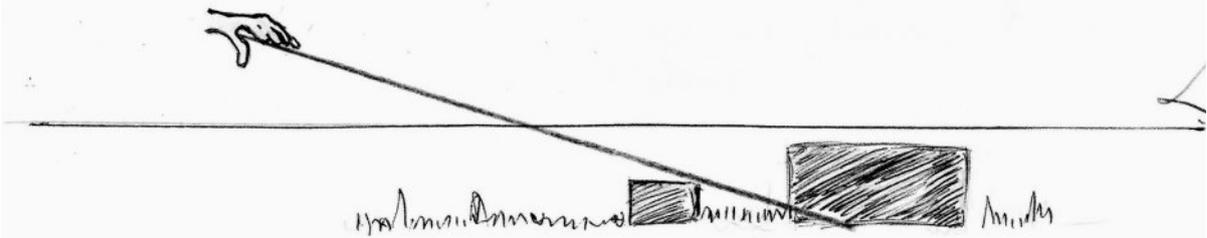
Ici, à partir de l'image de l'homme, et de la compréhension du stade de l'évolution de l'élève, le plan scolaire des sciences introduit la physique avec l'acoustique, l'optique, la chaleur et l'électricité (thèmes repris dans les classes suivantes) dans le but de solliciter l'élève dans toutes ses forces, et de l'apprendre à **observer**.

Il n'est pas surprenant de constater, que Les paroles du matin qui commencent la matinée de classe, soulignent, elles aussi, cette étape importante, tout en rappelant chaque pas abordé dans le chemin des sciences de la nature « **Je regarde** le monde, où brille le soleil, scintillent les étoiles (astronomie) où reposent les pierres (minéralogie) Les plantes vives y croissent (botanique) les bêtes sensibles y vivent (zoologie) où l'homme doué d'âme donne asile à l'esprit... »

Une première illustration de ce moment où l'élève de sixième classe est invité à aiguiser ses facultés d'observation et de jugement pour commencer à cheminer des faits aux lois, va se placer ici. Dans la série d'expériences sur les leviers qui vont suivre, l'élève est sollicité non seulement pour observer les phénomènes mécaniques mais il est invité aussi à reconnaître au plus profond de son être les lois qui régissent la « mécanique de son corps ».

LES LEVIERS

EXPERIENCE N°1:



Il a été possible de soulever avec une seule main et sans effort une énorme pierre impossible à ébranler à plusieurs, grâce à une longue barre de fer que nous avons placée en déséquilibre sur un point d'appui,

EXPERIENCE N°2:



Deux élèves de 40 kg placés à l'extrémité de la planche furent capables de soulever leur professeur de 80 kg et de le maintenir en hauteur

EXPERIENCE N°3



Pour rétablir l'équilibre, les deux élèves avancèrent vers le milieu de la planche, près du point d'appui.

EXPERIENCE N°4



Pour maintenir l'équilibre, le poids le plus élevé est placé plus proche du point d'appui

EXPERIENCE N°5:



Equilibre avec les deux pierres l'une sur l'autre

EXPERIENCE N°6:



En augmentant la charge des deux côtés, la planche s'est brisée en son centre, à l'emplacement du point d'appui.

EXPERIENCE N°7:

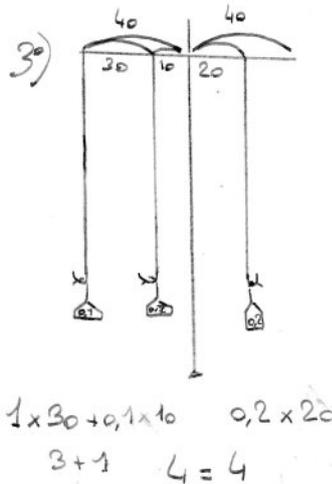
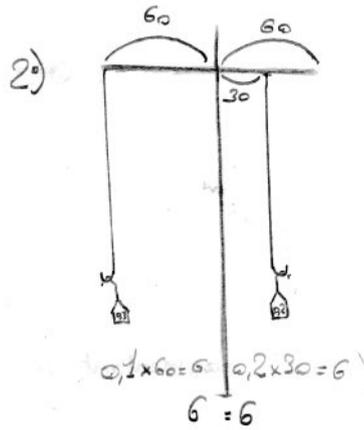
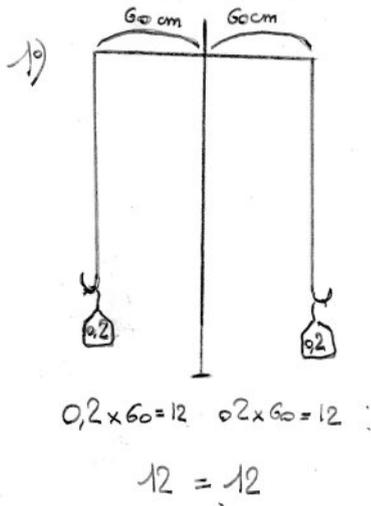


Avec une nouvelle planche, nous avons recommencé à ajouter des pierres et avons renforcé le point d'appui; la planche fléchit mais ne rompt pas.

Conclusion

Les expériences 3 et 4 nous montrent que si la charge grandit, la distance diminue proportionnellement. Les expériences 5, 6, 7 nous montrent que c'est sur le point d'appui que la pression exercée par le poids est à son maximum.

EXPERIENCE N° 8:



DEUXIÈME ILLUSTRATION AVEC LA CHIMIE

C'est donc un processus **volontaire** qui est engagé dans les différentes expériences pour amener à la compréhension des phénomènes musculaires. L'élève accède à la conscience du processus grâce à la mécanique musculaire et s'exerce dans le lien de cause à effet. L'évaluation de l'intensité de ces forces mécaniques réapparaîtra en 8^e classe et se poursuivra avec l'expérimentation des forces et des solides ainsi que de la transmission des forces par les liquides.

Après cette aventure dans le monde des muscles et du corps physique, essayons maintenant de pénétrer dans le monde subtil de la vie psychique de notre cher élève, une année après, en septième classe. A cette étape-là, l'adolescent vit de plus en plus en lui-même. Sa vie volontaire se concentre. La représentation perd de son côté vivant, et les images si vivantes, à l'époque des sciences de la nature, deviennent plus pâles. La conscience devient dépendante de la réalité extérieure. La pensée est dirigée vers ce qui est vu. Des signes de bouillonnements internes opposés à des signes de fermeture à l'extérieur de soi, sont au goût du jour. Nous vivons là, ce qui pourrait s'intituler « fermeture pour rénovation ». Et c'est justement, dans cette situation nouvelle, que la période de chimie est introduite pour la première fois, en septième classe, une année après l'introduction de la physique, en 6^eme classe. L'adolescent est interpellé à ce moment là, dans sa nature profonde, dans son

"alchimie intérieure", et cela lui demande une maturité nouvelle dans l'observation des phénomènes, qui sera d'ailleurs poursuivie en 8^e classe, l'année suivante avec le monde des plantes par le biais des recherches sur les protéines, les graisses, et les lipides.

Aborder la chimie pour la première fois, en 7^e classe, en se basant sur les données de la nature humaine est particulièrement « enthousiasmant », pour les élèves mais aussi pour le professeur. L'attente se lit dans les regards, les interrogations commencent à fuser : Y aura-t-il des tubes à essais ? des éprouvettes ? des flacons fascinants ? des explosions ? Des nuages de fumée ? etc... Non, pas tout de suite. Lorsqu'on annonce aux élèves que nous allons nous exercer à observer des phénomènes simples qui vont se dérouler sous nos yeux, en essayant de respecter certaines règles dans l'observation, l'intérêt redouble encore un peu quand ils prennent conscience qu'ils ont déjà, au quotidien, participé à des phénomènes chimiques sans le savoir. Le point de départ de la première observation débutera alors par la combustion. Avant d'allumer le petit feu de bois, précisons que nous allons maintenant rentrer dans la phénoménologie propre à l'observation.

L'OBSERVATION DU PHÉNOMÈNE

La première matinée de la période, il s'agit simplement d'empiler des fibres de bois et de les enflammer pour obtenir un feu bien pétillant, tout en couleurs.

Alors l'attention est attirée sur toutes sortes de particularités : couleurs et formes des flammes, passage des flammes à la fumée. Projection des étincelles, « carbonisation » du bois clair, incandescence du charbon et au final les passages au tas de cendres sans forme.

Ce qui a été vu est rappelé rapidement et tous ensemble, sans y mêler des explications, des considérations, des jugements de valeur. Exercice particulièrement difficile afin que l'image en tant que telle reste claire, objective, le moins modifiée possible, pour pouvoir plus tard être emportée dans le sommeil.

LE RETOUR SUR LE PHÉNOMÈNE

Le lendemain matin, ce qui a été vu le jour précédent est rapporté le plus fidèlement possible en faisant apparaître clairement ce qui relève de l'observation intime. A partir de là, il est alors possible d'aller plus loin encore dans les phénomènes et d'y rattacher des considérations. De la flamme rayonne de la lumière et de la chaleur tandis que les cendres informes retombent au sol. Si on faisait cela le jour même de l'expérience, un barrage entre les enfants et les phénomènes se serait dressé, et aurait même entravé le passage voulu dans le royaume du sommeil et empêché les questions qui ont d'abord surgi, des profondeurs, avec le souvenir. On apporte un ordre scientifique dans la succession de choses à demi-conscientes que l'adolescent formule.

LA CONCLUSION SUR LE PHÉNOMÈNE

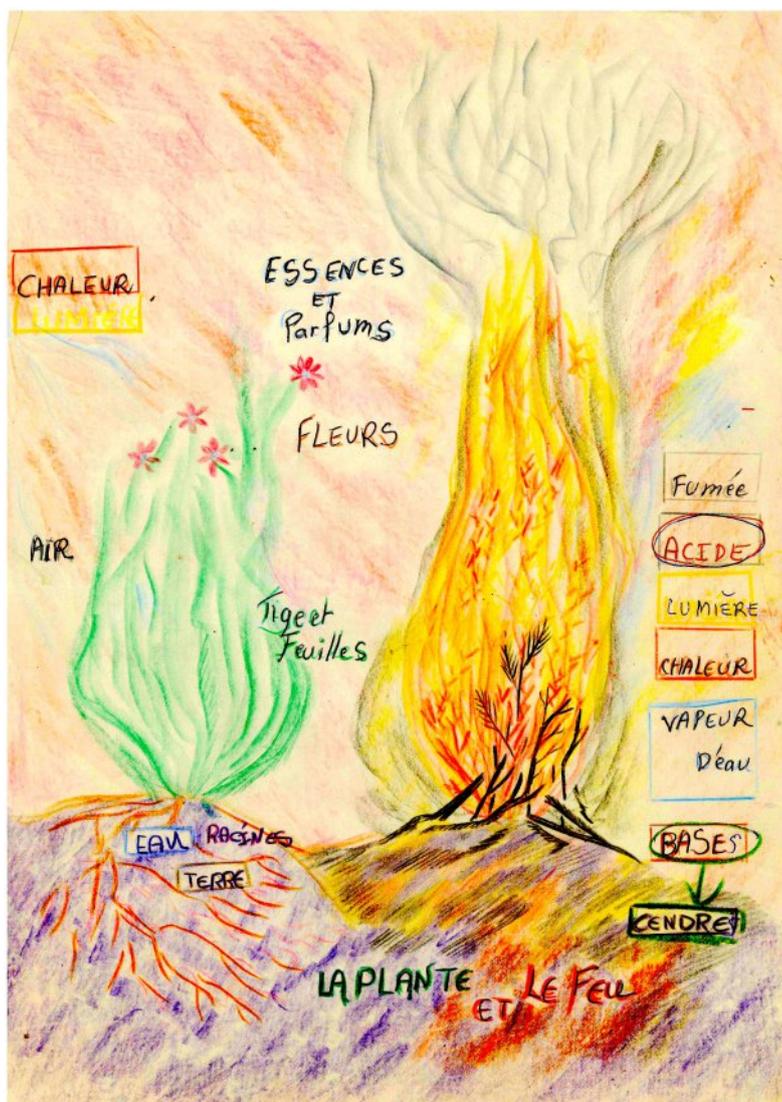
Tout ce qui a été dit, sur le cheminement successif des deux premiers jours servira de base pour toute la suite, et sera concrétisé dans le cahier de période par les textes et dessins des expériences abordées. À ce processus d'observation, s'ajoute l'une des caractéristiques de cette pédagogie, à savoir le soin apporté à la digestion (travail du sommeil) et de la respiration (les trois phases) que l'on retrouve dans la didactique des apprentissages scolaires comme l'introduction des voyelles et consonnes en première classe.

À partir de là, il sera possible d'aller plus loin encore vers les acides et les bases, quand il s'agira de la combustion de différentes plantes ou des différentes parties de la plante, comme les racines, les feuilles et les fleurs :

dans son action libératrice, le feu laisse échapper vers le haut tous les *acides* que contenait la plante sous forme de gaz qui s'enflamment alors en de belles flammes colorées et chaudes, et laisse retomber sur le sol, la cendre, c'est-à-dire tout ce qui appartient à la terre, au monde minéral, c'est l'univers des *bases*.

Acides et bases sont comme deux frères ennemis : rien ne les rapproche, tout les sépare (les expériences sur ce thème en provoquant la rencontre entre l'acide chlorhydrique et la soude caustique pour arriver jusqu'au sel sont spectaculaires et inoubliables pour les élèves !) L'observation de ces phénomènes amène à la conclusion que : les acides s'évaporent, s'enflamment, dégagent des parfums très forts. Tandis que les bases sont inertes, fades, inodores, ininflammables, lourdes. Dans la nature, la plante s'approprie les acides pour créer sa fleur, son fruit, son goût, son parfum (orange, citron, kiwi) ; en revanche, elle puisera de la terre les bases pour se donner consistance et corporéité. L'élève peut alors découvrir que dans la vie de tous les jours, il fait de la chimie sans le savoir, qu'il utilise des acides pour agrémenter ses repas, pour élaborer les parfums, pour créer les couleurs. Lorsqu'il use des produits de nettoyage comme le savon, le shampoing ou le déboucheur de lavabo, le décapant, c'est dans le monde des bases qu'il pénètre.

Avec ces deux exemples simples d'une part en physique sur les leviers en 6^e classe et d'autre part en chimie en 7^e classe sur la combustion et jusqu'aux acides et aux bases, c'est le lien des phénomènes et des substances avec L'HOMME et les forces de la nature qui est recherché, de manière phénoménologique. Avec ce point de départ, les adolescents vont être plongés dans des périodes de physique et chimie, tout au long des trois classes « moyennes » de 6, 7 et 8^e classe, dans un élargissement et un approfondissement directement en lien avec ce qui se manifeste à l'intérieur et à l'extérieur d'eux-mêmes au moment de l'adolescence.



ATOMES ET MOLÉCULES

À PROPOS DE L'ENSEIGNEMENT DE LA THÉORIE ATOMIQUE EN 11^E CLASSE

par Clément Defèche, professeur de sciences dans les grandes classes

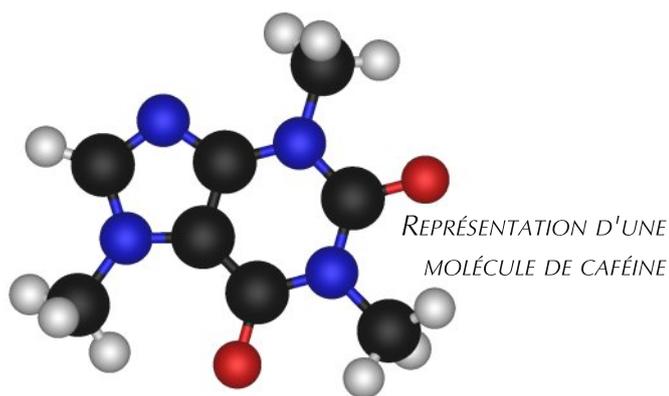
Dans le cursus d'enseignement de la chimie, les élèves n'abordent la théorie atomique et les concepts d'atomes et de molécules qu'en 11^e classe (17 ans), alors que ces théories sont exposées dans le cursus traditionnel au commencement de l'apprentissage de la chimie (4^e de collège – 13 ans). Sur quels principes pédagogiques la pédagogie Steiner-Waldorf fonde-t-elle ce choix ?

Au cours de l'année de 11^e (17 ans) à l'école Mathias Grünewald de Colmar, les élèves, après un parcours en chimie qui a débuté dès la 6^e classe, vont rencontrer pour la première fois en cours les idées d'atome et de molécules. Ces deux notions ne sont pas abordées de manière frontale, mais constituent le point d'orgue de la période. Bien sûr, les termes d'atome et de molécule, ou encore d'électron, de neutron et autres particules infiniment petites sont bien souvent déjà connus des élèves. Elles sont en effet largement répandues dans notre culture scientifique moderne et nous suivons par exemple régulièrement les avancées du CERN, qui traque des particules mystérieuses comme le boson de Higgs...

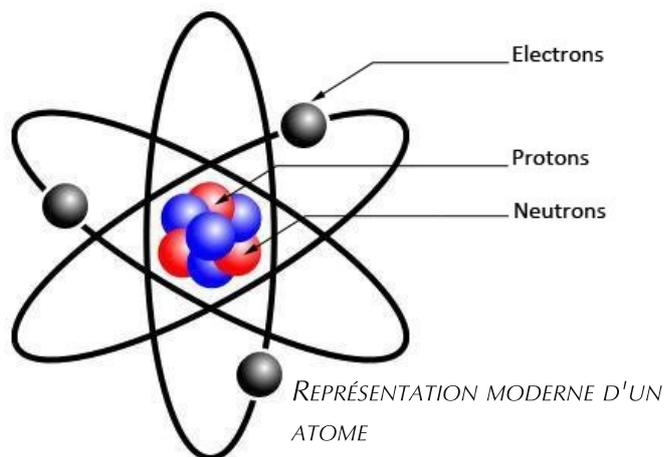
Dans l'enseignement classique en France, c'est dès l'âge de 13 ans (4^e de collège) que l'enfant est invité à manipuler ces notions. Dans un manuel de 4^e de collège pris au hasard, on peut lire par exemple ceci, en guise d'introduction à la chimie :

"LA MATIÈRE EST CONSTITUÉE DE PARTICULES EXTRÊMEMENT PETITES : LES MOLÉCULES"

"LES MOLÉCULES SONT ELLES-MÊMES CONSTITUÉES D'ATOMES"



Ils apprendront ensuite par exemple qu'à l'état gazeux, la matière est compressible... Pourquoi ? Car à l'état gazeux les molécules ou atomes qui composent la matière sont espacés entre eux, et en la comprimant nous pouvons réduire cette distance (contrairement aux liquides et aux solides). Atomes et molécules sont rapidement érigés comme fondement explicatif de tous les phénomènes rencontrés lors du cours de chimie. L'élève apprendra un peu plus tard que les atomes sont eux mêmes constitués de trois particules encore plus petites : les protons, les électrons et les



neutrons, et à eux trois ils constitueront à nouveau le point de départ de l'explication des phénomènes rencontrés.

Un jeune enfant qui découvre tout ceci est rapidement intrigué par ces particules infiniment petites qui sous-tendraient toute la matière environnante (incluant les plantes, les animaux et les hommes) et ses lois, qui seraient donc les constituants fondamentaux de l'univers tout entier ! Quelle est alors la couleur d'un atome ? Quelle est la forme d'un proton ? Le goût d'un électron ? La texture d'une molécule ? Ces questionnements s'apaisent quelque peu lorsque des représentations sont montrées aux élèves (voir illustrations). Mais quelle déception lorsque l'on comprend, souvent bien plus tard, que ces images ne sont que des représentations de quelque chose qui échappe à toute possibilité de perception !

L'ATOME SE PENSE, MAIS NE SE VOIT PAS

Et pour cause, d'après les calculs élaborés à partir de savantes hypothèses mettant en jeu des expériences complexes, un atome d'hélium mesurerait environ 62 picomètres, soit 0,000 000 000 062 mètre ! Son noyau (constitué de neutrons et de protons) est de l'ordre de quelques femtomètres (un femtomètre mesurant un milliardième de milliardième de mètre...). A cette échelle de grandeur, même la lumière est un phénomène bien trop grossier (??!) pour nous donner une quelconque sensation lumineuse : pas de forme, pas de couleur. Le goût et l'odeur ? Atomes et consorts constituent actuellement le point de départ explicatif de la notion de goût et d'odeur, par conséquent il est hors de question qu'ils en

soient eux-mêmes dotés ! En définitive, qu'y a-t-il de commun à l'ensemble des entités que l'on rencontre dans ce monde infiniment petit ? Elles échappent précisément à tout ce qui, en tant qu'être humain, constitue notre premier rapport fondamental au monde (en particulier chez l'enfant) : l'activité sensorielle. Un atome, c'est le nom que l'on donne à la matière à l'échelle où plus aucune qualité sensible ne subsiste : personne n'a jamais pu et ne pourra jamais percevoir le moindre atome par l'intermédiaire de ses sens ! N'y voyons pas là une imperfection, plutôt une loi inhérente à la théorie atomique qui ne peut être comprise que par une étude approfondie.

Tout ceci étant bien difficile à comprendre pour un enfant, on fait donc dans le cursus traditionnel l'économie de telles précisions, car il est fort séduisant (la théorie atomique est un outil de calcul puissant) d'établir rapidement de telles notions avant de se plonger dans le monde de la chimie. Dans notre école, c'est seulement à l'âge de 17 ans que nous plongeons dans le monde atomique. Cela peut paraître bien tardif, en tout cas très décalé par rapport à l'enseignement traditionnel. Ils arrivent que nos élèves, à l'écoute de leur environnement sociétal, trépignent en attendant de pouvoir parler de protons et d'électrons. Certains s'imaginent même qu'il s'agit là d'une lubie chère aux professeurs d'école Waldorf, une mystérieuse retenue d'informations... Il n'y a pourtant pas l'ombre d'un mystère, et c'est ce qui est présenté au cours de la période de chimie de 11^e. La théorie atomique est présentée aux élèves quand ceux-ci ont développé une certaine acuité dans l'activité pensante, une faculté d'abstraction suffisante, car **l'atome se pense, mais ne se voit pas**. Dans l'histoire des sciences, l'atome est tout d'abord une hypothèse élaborée par l'activité intellectuelle des hommes, avant même de recevoir de solides appuis expérimentaux. Si l'on veut comprendre de manière pleine et entière la théorie atomique, il convient alors naturellement de parcourir le cheminement intellectuel effectué par les hommes de sciences dès la fin XVII^e siècle, là où a commencé la grande révolution moderne de la chimie. **C'est ce fil conducteur qui constituera la colonne vertébrale de la période de chimie de 11^e classe.**

L'enseignement de la théorie atomique est également une formidable occasion d'aborder un autre aspect fondamental de notre époque scientifique, bien trop complexe et intellectuel pour les jeunes classes : la distinction entre *réalité* et *théorie*. Nous verrons plus loin dans cet article que cette distinction entre représentation et réalité est au cœur de problématiques scientifiques actuelles, et des défis de l'avenir.

"ENSEIGNER LES SCIENCES, C'EST ENSEIGNER L'HISTOIRE DES SCIENCES" GOETHE

Au regard de l'histoire de l'humanité, la théorie atomique est très jeune. Elle s'est installée peu à peu au cours du XIX^e siècle chez les chimistes, avant d'être unilatéralement acceptée au début du XX^e siècle. Tout commence par la révolution lavoisienne de la chimie, dans ces temps agités de la révolution française. A l'époque, la chimie est le mauvais élève des sciences. Les autres champs d'activité scientifique ont entamé leur grande

métamorphose selon le projet de mise en conformité des sciences depuis la révolution Galiléenne du XVI^e siècle. Ce projet initié par Galilée, c'est celui de la mathématisation. Être scientifique selon Galilée, c'est percer le langage de la nature, dévoiler les lois qui régissent les phénomènes qui nous entourent, se conformer à la pensée agissante dans la nature et dans le cosmos, avec un présupposé fort : le grand livre de la nature est écrit dans le langage des mathématiques. Etudier la trajectoire d'un objet en chute libre, c'est par exemple établir les relations mathématiques liant hauteur de chute, vitesse de l'objet, durée de la chute etc. Un phénomène est connu lorsqu'il se traduit par une formule mathématique vérifiée expérimentalement. De quoi a-t-on besoin pour faire des mathématiques ? De nombres. Comment traduire la nature en nombres ? Par la mesure : établir des unités étalons nous permettant de quantifier les divers phénomènes que nous rencontrons (le mètre pour la longueur, la seconde pour le temps, le kilogramme pour la masse etc.). En résumé, le projet scientifique Galiléen est simple : ramener notre expérience de la nature à ce qu'elle a de mesurable, rechercher les relations mathématiques entre les mesures obtenues.



ANTOINE LAVOISIER ET SON ÉPOUSE

En ce début de XXI^e siècle, un tel procédé nous paraît quelque peu réducteur (que faire alors de ces sensations offertes par le monde, qu'on ne peut réduire à un nombre, comme notre vécu des couleurs par exemple ?), mais à l'époque c'est une formidable opportunité pour faire entrer la science dans un cadre rigoureux et méthodique. Et le succès d'une telle entreprise ne va pas longtemps se faire attendre : Newton démontre que les formules mathématiques liant le déplacement de la lune sont à l'œuvre dans le déplacement de n'importe quel objet matériel. Si nous parvenons à établir la relation mathématique liant les grandeurs du monde, alors le monde devient davantage prévisible, donc d'avantage exploitable, et le développement de la technologie connaît peu après celui de la science un essor tonitruant.

Et pourtant, dans ce climat euphorique largement répandu au XVIII^e siècle, la chimie est à la traîne. Il n'y est point question de mathématiques, les chimistes sont empêtrés dans une conception

dévoquée des 4 éléments grecs d'Aristote, qui compris comme une réalité matérielle entraînent les pires confusions, et de plus en plus de contradictions avec les réalités expérimentales. Un homme va sortir la chimie de ce marasme : Antoine Lavoisier (1743-1794), le père de la chimie moderne. Pour en finir avec les confusions et les mauvaises interprétations de toutes sortes, Lavoisier va mettre en conformité la chimie avec la méthodologie scientifique moderne. La chimie doit se mathématiser, pour cela il lui faut des grandeurs mesurables, comme la masse des substances chimiques en réaction, le volume des gaz produits, la quantité de chaleur créée par une réaction etc.

Ses avancées vont rapidement permettre à la chimie de tourner la page avec les conceptions grecques inappropriées à son époque, et poser une nouvelle grille d'analyse de la matière, celle des *éléments simples* et des *substances composées* par des éléments simples : l'eau est par exemple un corps composé, que l'on peut décomposer en hydrogène et oxygène, deux éléments simples indécomposables chimiquement.

LES MATHÉMATIQUES ET LE TRIOMPHE DE LA CHIMIE

Lavoisier a initié la réforme de la chimie, et les chimistes talentueux vont se succéder pour apporter leur pierre à l'édifice, avec une perspective bien définie : révéler les rapports de proportion mathématiques à l'œuvre dans les transformations des substances. Les résultats vont rapidement dépasser toute attente : la chimie ne se contente pas d'une mise en conformité par rapport à la science moderne, elle en devient le nouvel étendard. En étudiant une grande diversité de réactions chimiques, les chimistes vont mettre à jour un univers mathématiques absolument fascinant. Les quantités de matières intervenant dans les composés chimiques et leurs réactions font apparaître des rapports de proportions mathématiquement parfaits. C'est ce qui va donner naissance aux fameuses formules chimiques, comme le H_2O de l'eau, ou le CO_2 du gaz carbonique. Mieux encore, le recensement des substances fondamentales constituants toutes les autres (les éléments chimiques fondamentaux) et l'étude de leurs propriétés chimiques et physiques dessinent un ordonnancement mathématique parfait : c'est la découverte du tableau périodique des éléments de Mendeleïv en 1868. Avec le tableau périodique des éléments, son ordonnancement rythmique en octaves, l'homme peut s'émerveiller : il a découvert là la partition originelle, la musique primordiale qui organise l'ensemble des substances dans des rapports mathématiques entiers. C'est le triomphe de la chimie au sens de Galilée.

L'APPARITION DE LA THÉORIE ATOMIQUE

Le règne des mathématiques dans le monde de la chimie fascine, et questionne. Les relations sont certes limpides, mais l'apprenti chimiste est confronté à un effort d'abstraction important pour réussir à les utiliser. Par ailleurs, ces lois mathématiques interrogent fortement notre rapport au réel : en chimie quantitative, chaque élément chimique se trouve lié à un nombre entier, permettant de calculer et prévoir la quantité de matière

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Le tableau périodique des éléments est divisé en groupes (I à VIII) et périodes (1 à 7). Les éléments sont classés par ordre croissant de leur numéro atomique. Les symboles chimiques sont indiqués à côté de chaque élément. Des annotations en français sont présentes, notamment 'Lanthanoïdes' et 'Actinoïdes' pour les séries de terres rares et radioactives.

intervenant au sein des réactions chimiques. Par exemple l'oxygène est associé au nombre 16, que l'on retrouve dans tous les rapports de proportions des composés où l'oxygène participe. Le XIX^e siècle est également celui de l'apogée du matérialisme : les réalités mathématiques inhérentes aux substances ne peuvent demeurer au rang de réalité idéelle incarnée, elles doivent nécessairement découler d'un sous-bassement physique qui nous échappe.

En 1804, le chimiste John Dalton va proposer l'idée suivante : les relations mathématiques intervenant dans les transformations de la matière sont sous-tendues par une réalité physique dans le domaine de l'infiniment petit. C'est la première théorie atomique qui voit le jour, qui postule l'hypothèse suivante : **la matière qui nous paraît être une unité uniforme est en fait un agrégat de particules extrêmement petites et indivisibles, appelée atomes**. Ces atomes (anciennement *éléments simples*) réalisent une grande diversité de combinaisons formant des molécules (anciennement *substances composées*), rendant ainsi compte de la grande variété des substances chimiques existantes.

L'hypothèse de Dalton apparaîtra d'abord comme totalement contre nature, car anti-intuitive du point de vue de notre expérience sensorielle du monde. Elle va toutefois marquer les esprits et s'imposer peu à peu tant elle est séduisante pour les mathématiciens de la chimie : avec quelques précisions supplémentaires concernant les propriétés de ces fameux atomes, elle donne un support de représentation extrêmement efficace aux relations mathématiques à l'œuvre dans la transformation des substances chimiques. Osons la comparaison suivante : autant il est parfois nécessaire pour l'apprentissage des mathématiques d'utiliser des représentations concrètes pour apprendre le calcul abstrait (on se représente par exemple les fractions avec des parts de gâteau, avant de leur reconnaître une existence autonome idéelle), autant la théorie atomique facilite l'assimilation des lois mathématiques de la chimie.

UN SIÈCLE DE CONTROVERSE

Présentée au début du XIX^e siècle, la théorie atomique de Dalton va être mise à rude épreuve par les scientifiques de l'époque, car elle interroge en profondeur le rôle et les limites de la science. Jusqu'ici, la science établissait des relations mathématiques entre des grandeurs issues de notre expérience sensorielle du monde, elle

postule maintenant que la constitution d'un monde échapperait indéfiniment à notre perception. La théorie atomique va connaître de nombreuses évolutions, toutes auront pour but d'affiner et compléter les hypothèses de Dalton afin d'accorder la théorie avec un maximum de faits expérimentaux (par exemple les propriétés de la matière à l'état solide, liquide ou gazeux). Elle va ainsi devenir de plus en plus englobante et performante, tout en étant condamnée à demeurer une hypothèse, puisque du fait de l'extrême petitesse des atomes, il est vain d'espérer un jour les contempler à l'aide de nos sens. La théorie atomique repose toujours sur un postulat, certes extrêmement ingénieux, mais indémontrable de manière unilatérale.

Un débat intense va alors agiter la communauté scientifique durant près d'un siècle, pour savoir s'il est scientifiquement acceptable de donner du crédit à la théorie atomique. La révolution scientifique de Galilée est également une entreprise d'émancipation de l'humanité des grands dogmes religieux. Avec la théorie atomique se présente à nouveau la possibilité de placer une foi aveugle dans un invisible agissant et inaccessible... Toutefois, devant le succès pratique de la théorie atomique et devant la multitude de faits corroborés par elle, elle va peu à peu s'imposer chez tous les chimistes. Elle va cependant permettre en science de définir avec rigueur ce qu'on appelle en fait une théorie.

QU'EST-CE QU'UNE THÉORIE EN SCIENCE ?

Empruntons à Gilles Willett quelques définitions très bien formulées sur le concept de théorie : "*Une théorie est une construction de l'esprit élaborée à la suite d'observations systématiques de quelques aspects de la réalité [...]. Une théorie n'est pas la réalité, ni un moyen de révéler la vérité. Toutefois, une théorie crée une réalité qui permet de concevoir, de percevoir, de comprendre et d'expliquer un aspect du réel de manière logique et formelle. Il est donc plus fécond de se demander si une théorie est utile, plutôt que de se demander si elle est vraie*". Prise dans cette acception, la théorie atomique évite la question piège : "*Les atomes sont-ils réels ?*". L'atome devient bien plus un outil de représentation permettant une appropriation plus efficace des lois qui structurent le comportement de la matière. Fort de cet outil, la chimie, devenue physique des particules, va poursuivre sa formidable ascension dans la maîtrise de la substance, et remporter de nombreux succès à l'origine du formidable développement technologique que nous avons connu au cours du XX^e siècle.

POURQUOI ENSEIGNER L'ATOMISME EN 11^E CLASSE ?

Le lecteur qui a suivi ce qui a été exposé jusqu'à présent est en droit de se poser la question suivante : pourquoi diable est-il nécessaire d'aborder des concepts aussi compliqués, alors que la théorie atomique est justement faite pour faciliter la compréhension de la chimie ? Pourquoi ne pas comme dans l'enseignement conventionnel, débiter la chimie par une présentation de la théorie atomique, plutôt que d'attendre aussi tardivement, en faisant subir par ailleurs aux élèves un suivi minitieux de l'idée d'atome au cours de l'histoire ? Parce qu'il est

impossible à un enfant en dessous d'un certain âge de comprendre ce qu'est une théorie. La théorie atomique, si elle est enseignée à de trop jeunes élèves devient nécessairement dès le départ une vérité inébranlable, et n'est pas une "construction de l'esprit". Pire encore, cette vérité inébranlable échappe totalement à l'expérience primordiale que nous faisons du monde dans les jeunes années de la vie, à savoir percevoir le monde comme une unité plutôt que comme un agrégat de particules. À quoi aspire un enfant de 12 ans lorsqu'il débute l'apprentissage des sciences ? Pouvoir élaborer une compréhension du monde sur base d'une observation offerte par les sens. C'est un sentiment d'émancipation extrêmement fort : pouvoir comprendre par soi-même les lois mystérieuses à l'oeuvre dans le spectacle de la nature. C'est d'ailleurs le sentiment qui, dans l'histoire de l'humanité, a donné naissance à la révolution scientifique. Fonder l'intégralité des lois de la substance sur une réalité "extra-sensorielle" est totalement à contre courant de l'impulsion qui vit en l'enfant au commencement de l'apprentissage des sciences. Pour l'auteur de cet article, un enseignement précoce de la théorie atomique pourrait même conduire à une violente désillusion (souvent inconsciente) chez l'enfant, apte à provoquer une profonde déception et détourner la vie psychique du spectacle de la nature : **pourquoi tenter de comprendre par soi-même la nature puisque le point de départ de cette compréhension est une réalité inaccessible à notre expérience de la nature**. Les génies scientifiques qui ont élaboré la théorie atomique étaient eux-mêmes bien conscients de la dimension théorique de la chose et de son utilité, mais cette dimension est bien trop complexe pour un être en développement, à peine au commencement de l'acquisition de la pensée abstraite. Puisque l'atome se pense, mais ne se voit pas, on abordera, dans les écoles Waldorf, l'atome et sa compréhension à l'âge où la faculté d'abstraction est acquise : les grandes classes.

Mais l'enjeu de la période de 11^e ne s'arrête pas là : la distinction entre réalité et théorie est un élément de compréhension indispensable à la culture scientifique du XXI^e siècle.



LE DÉBAT AUTOUR DE LA MÉMOIRE DE L'EAU

Parmi les débats scientifiques d'avant-garde, il en est un qui suscite particulièrement des émois au sein de la communauté scientifique. C'est la recherche autour de la mémoire de l'eau, menée initialement par le biologiste Jacques Benveniste, actuellement poursuivie par le prix Nobel Jacques Montagner. Résumons la problématique : une substance dissoute dans 1L d'eau modifie les propriétés de celle-ci, de la même façon que le sel dissous dans l'eau modifie sa saveur, sa température d'ébullition etc. Que se passe-t-il avec les hautes dilutions ? Si par exemple on dissout 1g de sel dans 1 L d'eau pure, et que l'on prélève 10 mL dans ce mélange, et que l'on complète la solution obtenue avec 1L d'eau pure ? On peut rapidement entrevoir qu'en répétant l'opération plusieurs fois, la quantité de sel dissout dans la solution obtenue tend vers zéro. Autrement dit, à chaque dilution, les mélanges obtenus deviennent de moins en moins salés. Mathématiquement le mélange obtenu s'apparente de plus en plus à de l'eau pure sans toutefois être totalement exempt de sel dissout, même si la quantité de sel contenu devient infiniment petite. Les chercheurs qui travaillent sur la mémoire de l'eau étudient les propriétés de solutions hautement diluées, et d'après leurs expériences, ces solutions continuent de présenter des propriétés différentes de celles de l'eau pure, même lorsque l'on atteint de très hautes dilutions (ce phénomène a été baptisé *mémoire de l'eau*).

Ces expériences, avant même d'être étudiées par des scientifiques tiers, ont provoqué des débats parfois violents, qui ont plus ou moins amené l'excommunication de Jacques Benveniste de "*UNE DILUTION 10 PUISSANCE 50 FAIT DISPARAÎTRE LES MOLÉCULES. OR LA PHYSIQUE ET LA CHIMIE EXIGENT QU'IL Y AIT DES MOLÉCULES*"

FRANÇOIS JACOB, PRIX NOBEL DE MÉDECINE, EXPRIMANT LA PROBLÉMATIQUE POSÉE PAR LES EXPÉRIENCES DE JACQUES BENVENISTE

la communauté scientifique. Quel est le sujet de ces débats ? La théorie atomique ! Celui qui se représente les expériences de dilution évoquées ci-dessus à l'aide de la théorie atomique, arrive à une conclusion logique et rigoureuse : puisque le gramme de sel dissout est en fait constitué d'un nombre bien défini de molécules de sel, il arrive nécessairement un seuil de dilution à partir duquel statistiquement, la dilution obtenue ne contient plus la moindre molécule de sel... Autrement dit, les dilutions successives conduisent finalement à l'obtention d'une eau pure. Comment cette dilution pourrait-elle présenter des propriétés différentes de l'eau pure, sans entrer en contradiction avec la théorie atomique ?

Il ne s'agit pas ici de défendre la recherche menée autour de la mémoire de l'eau, mais plutôt d'analyser cette situation du point de vue de la méthodologie scientifique. Avant même que ces expériences de dilutions soient confirmées, deux scénarios peuvent avoir cours.

Premier scénario : nous sommes face à de nouvelles expériences, qui si elles sont validées peinent à trouver une explication satisfaisante dans le cadre de la théorie atomique. La théorie atomique étant une "construction de l'esprit", il conviendrait alors de faire évoluer nos théories sur le comportement des substances de façon à ce qu'elles s'accordent avec ces nouveaux résultats expérimentaux. Ce scénario a constamment eu lieu au cours du XX^e siècle, par exemple à propos de la nature de la lumière, qui est passée d'une conception ondulatoire à une conception corpusculaire grâce aux travaux d'Albert Einstein, ouvrant la voie à des pans de recherches entiers (la physique quantique).

Deuxième scénario : les expériences menées autour de la mémoire de l'eau sont absurdes et il ne sert donc à rien d'aller plus loin, puisque non compatibles avec la théorie atomique... Celle-ci se serait tellement ancrée dans les consciences, qu'elle en aurait perdu son statut de "construction de l'esprit", qu'il faudrait normalement constamment conformer aux expériences réelles. Se faisant passer pour une réalité, elle provoquerait alors une inquiétante distorsion de la méthodologie scientifique : on en viendrait à nier à priori une réalité expérimentale parce qu'elle induirait une déconstruction (douloureuse) de l'actuelle théorie atomique. Ce scénario peut paraître rocambolesque, et furieusement rappeler la bataille pour faire admettre que la terre était en fait ronde ! Et pourtant, il a bien lieu parallèlement au premier. La science s'y piège elle-même, et se risque à nier la réalité au nom d'une théorie devenue dogme...

LA SCIENCE, AVENTURE EXPÉRIMENTALE, AVENTURE DE LA PENSÉE

Gardons-nous de supposer que cette situation problématique puisse être en lien avec un enseignement trop précoce de la théorie atomique. La controverse autour de la mémoire de l'eau, exposée aux élèves de 11^e, se révèle extrêmement pédagogique, car elle met en lumière l'interrelation entre pensée et réalité, dans sa génialité et ses écueils. Elle ouvre la voie à une compréhension intelligente de la physique du XX^e siècle, siècle de la physique quantique, où de courageux chercheurs ont constamment repoussé les limites de la pensée, en acceptant de déconstruire régulièrement nos habitudes de pensée pour se conformer à la nature du réel. Nous-mêmes dans notre quotidien, ne nous privons-nous pas d'expériences enrichissantes car trop heurtantes ou invisibles pour nos habitudes de pensée ?

Qu'est-ce qui est réel ? Qu'est-ce que la pensée ? Comment participe-t-elle à l'établissement de notre rapport au monde ? C'est ce champ de questions existentielles qui seront abordées durant les périodes de sciences l'année suivante en 12^e classe, notamment autour de la physique quantique qui continue d'interroger en profondeur notre rapport au réel.

Clément Defèche

À QUOI ÇA SERT LES MATHS ?

À PROPOS DE L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES DANS LES GRANDES CLASSES

par Luc Lismont, professeur de mathématiques dans les grandes classes

Pour quelles raisons enseigne-t-on les maths dans les grandes classes ? L'enjeu de cet enseignement n'est pas l'utilité pratique que les élèves pourraient en retirer, mais bien leur rôle dans le développement individuel de chaque élève. Quels sont alors les critères pédagogiques qui orientent nos choix quant aux thèmes abordés ?

En fait, l'utilité pratique des mathématiques – en tout cas pour celles enseignées dans les grandes classes – pour la vie quotidienne est très faible. Oserais-je dire quasiment nulle ? Que faut-il savoir faire en pratique ? Calculer ? Quand calcule-t-on encore ? Le vendeur au marché calcule la somme totale à payer sur un bout de papier lorsqu'il n'a pas de caisse enregistreuse ou de calculatrice. Qui vérifie son calcul de manière précise ?

Il peut être utile par contre de manipuler des ordres de grandeur. La somme que le vendeur m'annonce est-elle cohérente avec mes achats ? Pour adapter une recette de cuisine, savoir calculer par la proportionnalité est une aide. Ou pour modifier le patron d'un tricot. Dans certaines situations particulières, il peut donc arriver que les maths servent à quelque chose. Mais dans la plupart des cas, des machines le font bien mieux que nous. D'autre part, beaucoup de notions mathématiques ne trouvent aucune application quotidienne. Chez les gens «normaux» en tout cas... Qui a besoin de résoudre une équation du second degré ? D'additionner $3/4$ et $5/7$? De déterminer l'heure de rencontre de deux cyclistes partis de deux villes différentes à des heures différentes avec des vitesses différentes mais supposées constantes ?

Non, décidément c'est clair ! L'objectif du cours de maths – principalement dans les grandes classes, mais en partie aussi dans les classes moyennes – n'est pas d'apprendre des choses pratiques pour la vie quotidienne. Le viatique mathématique nécessaire à cela a déjà été appris dans les petites classes.

Mais alors, à quoi sert l'enseignement des maths dans les grandes classes ? Serait-ce un moyen éliminatoire, une manière de sélectionner une élite intellectuelle ? Éliminons d'emblée cette réponse en ce qui nous concerne. Il est absolument contraire à la pédagogie pratiquée dans notre école de vouloir sélectionner. Serait-ce une nécessité pour la formation de futurs scientifiques et ingénieurs indispensables à la poursuite de notre civilisation hautement technologique ? Non. Nous ne formons pas nos élèves en fonction de soi-disants besoins de notre société. Nous ne voulons pas former nos élèves. Nous ne voulons pas les faire rentrer dans un moule. Ce que nous essayons de faire, c'est de leur offrir l'environnement le plus propice à leur développement, à un développement qui tienne compte de l'humain dans toutes ses dimensions. C'est dans cette direction qu'il faut chercher : comment les mathématiques contribuent-elles à cet

environnement ? C'est en effet parce qu'elles peuvent soutenir de manière appropriée le développement des enfants et adolescents que les mathématiques trouvent leur place dans une école comme la nôtre.

Pour illustrer cette réponse, nous allons la reprendre sous deux aspects : un aspect plus extérieur qui a trait à la place des mathématiques dans le monde et un aspect plus intérieur qui concerne l'activité mathématique elle-même. Sans vouloir être exhaustif sur les thèmes abordés en maths dans les grandes classes, cela nous permettra de donner en même temps un certain nombre d'éléments concernant le programme des cours de maths.

QUELLE EST LA PLACE DES MATHÉMATIQUES DANS LE MONDE ?

Avec l'apparition des ordinateurs et des technologies dérivées (lecteurs MP3, smart-phones, tablettes, cinéma d'animation 3D, ...) les mathématiques n'ont jamais été aussi présentes dans le monde. Mais elles restent invisibles. Elles nous entourent même si souvent nous n'en avons pas conscience, d'autant plus que nous sommes de moins en moins appelés à les utiliser nous-mêmes. Si nous souhaitons que nos élèves puissent comprendre le monde – et cela fait partie du développement de l'être humain que de chercher à comprendre le monde dans lequel il vit – alors il faut que nous leur donnions les outils pour cela. Les ateliers d'électronique sont prévus à cet effet (voir l'article sur l'électronique et l'informatique), et pour préparer ce travail nous abordons en mathématiques le système binaire et donc de manière plus générale les systèmes de numération, c'est-à-dire la manière dont nous pouvons écrire les nombres. Il s'agit de comprendre comment nous pouvons «écrire» tous les nombres possibles avec deux chiffres (qui pourront ensuite être câblés électroniquement). Au passage, pour pouvoir comprendre en profondeur les systèmes de numération, une exploration des puissances est appréciable. Pour pouvoir réaliser la manière dont des informations sont placées sur un écran, il nous faut étudier la géométrie analytique qui permet de faire de la géométrie à partir de l'algèbre dont il faut au préalable avoir travaillé les bases. Si nous souhaitons comprendre les particularités des représentations 3D, alors la géométrie projective est incontournable. Pour comprendre comment sont créés les plans et les cartes, il nous faut travailler la trigonométrie. Et pour en

expérimenter la mise en pratique, nous partons en stage d'arpentage.

Un autre aspect de cette action des mathématiques dans le monde concerne la mathématisation de la science (voir l'article sur les atomes et molécules). Très rapidement après la révolution de pensée opérée par Galilée, les mathématiques elles-mêmes connaissent plusieurs révolutions, dont la découverte du calcul infinitésimal par Newton et Leibniz. Découvrir les rudiments de cette nouvelle manière d'approcher l'idée de changement fait donc partir du bagage permettant de comprendre les soubassements invisibles de notre civilisation.

Un dernier thème est celui des statistiques et probabilités. À l'heure des sondages de tous ordres, nous ne pouvons pas omettre ces deux disciplines.

Regarder où les mathématiques sont à l'œuvre dans le monde nous donne donc déjà quelques indications sur ce qu'il y a lieu de travailler à l'école. Bien sûr, le niveau des mathématiques utilisées concrètement dans chacun des domaines cités dépasse ce qu'il est possible d'étudier à l'école. Un défi pédagogique important est donc de trouver un fil dans le déroulement de la matière qui soit suffisamment simple pour permettre aux élèves de le suivre, mais qui soit aussi suffisamment profond pour qu'une compréhension plus large s'en dégage. Par exemple, je ne peux pas comprendre entièrement le fonctionnement d'un processeur d'ordinateur. Mais en ai-je compris suffisamment pour que les principes de ce fonctionnement soient devenus clairs et que je sache qu'un processeur est obtenu en poussant plus loin – beaucoup plus loin – ce que nous avons pu pratiquer à notre niveau ?

FAIRE DES MATHÉMATIQUES

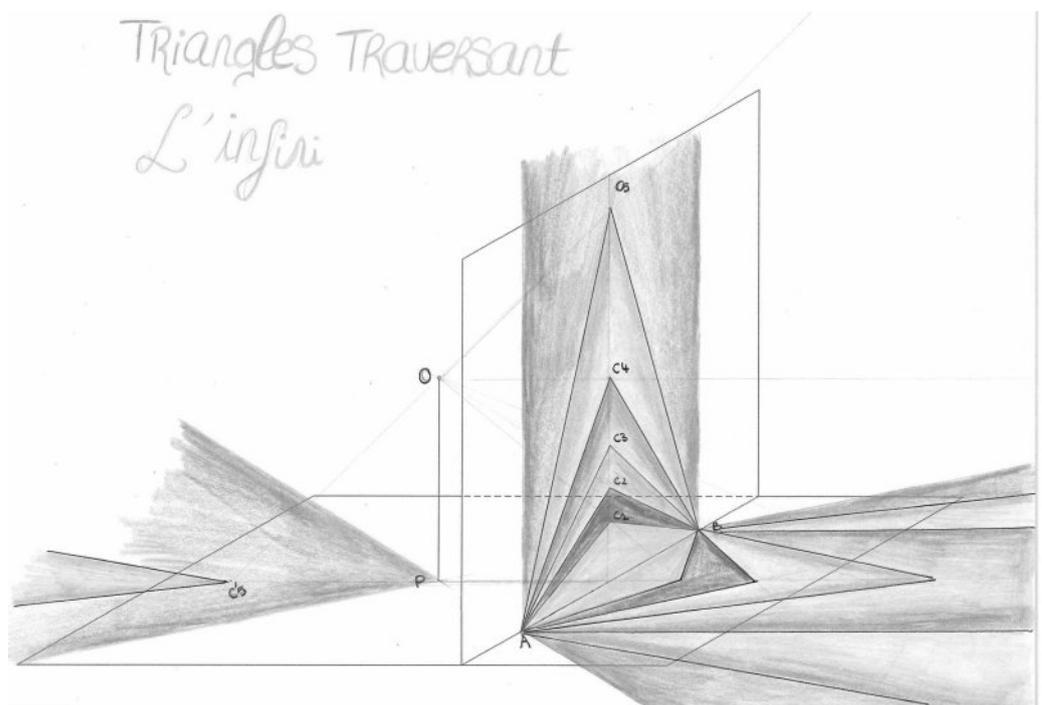
Au-delà de ces points de vue extérieurs à l'être humain lui-même, les mathématiques sont en prise avec notre intériorité. Il faut pouvoir se concentrer pour faire des maths. Se centrer... Être présent à soi-même. S'abstraire du monde et de ses sollicitations.

Il y a là un paradoxe : l'activité mathématique, en étant profondément liée à notre intériorité, n'est-elle pas le propre de l'homme ? Pourtant nous pouvons la faire faire par des machines. Les machines seraient-elles aussi douées d'intériorité ? Celui qui a construit lui-même des circuits électroniques permettant de calculer n'a pas d'hésitation quant à la réponse négative à donner à cette question. Pour résoudre ce paradoxe, il faut percevoir le double aspect de l'activité mathématique. Si elle résulte d'une activité intérieure de l'être humain, elle possède en elle-même un aspect plus

extérieur. Il est basé sur la forme des calculs (d'où le nom de formalisme mathématique). La régularité des phénomènes mathématiques, lorsqu'elle est perçue et comprise par l'être humain, permet l'écriture de formules, les fameuses formules mathématiques. Elles expriment des règles qui rendent possible l'exécution automatique de calculs. Le mot à la mode pour désigner un ensemble de telles règles est « algorithmes ». C'est la source de cette expérience que beaucoup de personnes font en maths : je comprends comment il faut faire pour trouver la bonne réponse – je peux appliquer la règle lorsqu'on me dit de le faire –, mais je ne sais pas pourquoi c'est cela qu'il faut faire – je n'ai même peut-être rien compris à ce qu'il y a derrière les symboles utilisés. Dans ce cas-là, je ne saurai pas quand il faut appliquer quelle règle, et le hasard pourra m'aider ou non selon le cas. Mais cela ne m'empêchera pas de résoudre des exercices même si je n'en ai pas compris le sens !

C'est uniquement cette extériorité des règles qui permet de programmer des machines. L'intériorité reste, elle, l'apanage des hommes. Et nous avons ici un objectif essentiel de l'enseignement des maths : participer à leur manière au développement de l'intériorité. Il s'agit d'une dynamique qui apparaît bien sûr dès que l'on commence à faire des maths et n'est pas du tout le propre des grandes classes. Prenons les tables de multiplication : l'enfant commence à les vivre dans des rondes, en rythme, dans le mouvement. Petit à petit elles vont devoir s'intérioriser pour que l'enfant puisse librement en disposer et posséder ainsi un outil intérieur nécessaire pour pouvoir penser de nouvelles choses.

De nombreuses activités mathématiques contribuent à développer l'intériorité, à commencer par le calcul mental bien sûr. Chercher à comprendre ou à prouver un phénomène mathématique y contribue également. Pourquoi pour multiplier 26 par 11 suffit-il d'additionner 2 et 6 et de mettre le résultat 8 entre 2 et 6 : $26 \times 11 = 286$? La raison, je ne la trouve pas en regardant les nombres... Il faut que je fasse intérieurement le lien entre la

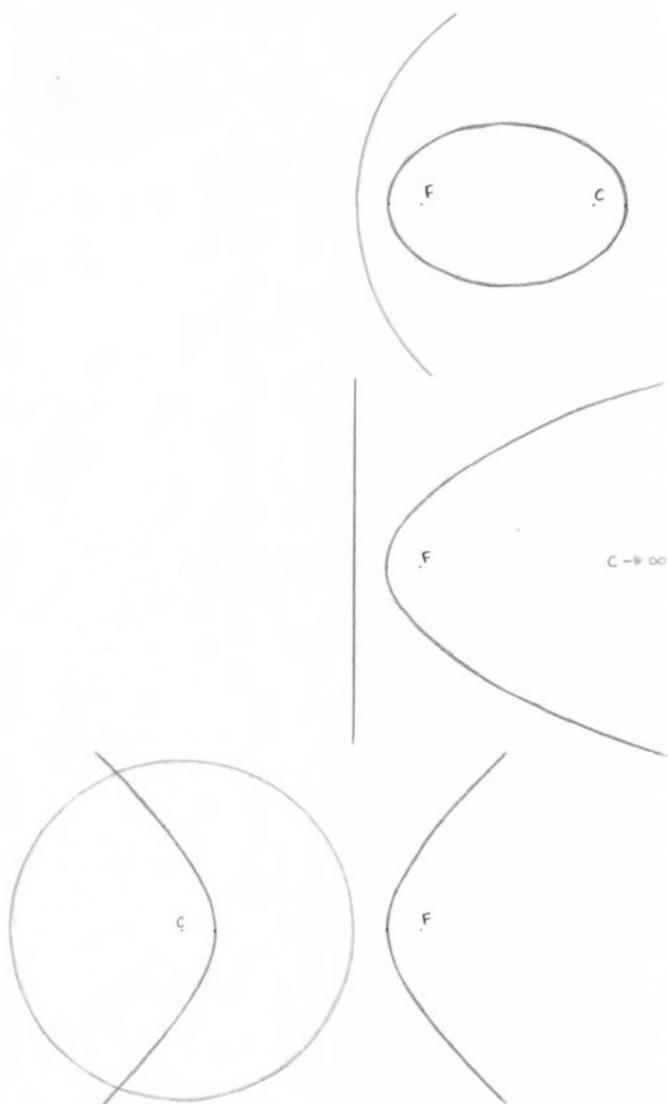


multiplication et l'addition : multiplier par 11, c'est multiplier par $10+1$ et, par conséquent, ...

D'autres exercices permettent de rendre les représentations mobiles. Imaginons un triangle isocèle dont la base est horizontale et dont les côtés tournent symétriquement et à vitesse constante autour des deux sommets de cette base. Comment se transforme ce triangle ? Peut-on le décrire de manière précise ? Que devient un cercle dont le rayon grandit jusqu'à devenir infini ? De tels exercices de mobilité intérieure participent évidemment du développement d'une intériorité vivante, mais contribuent également à l'enrichissement du monde mathématique lui-même, ce qui peut contribuer à enrichir d'autant plus l'intériorité lorsque l'élève peut participer activement à ce mouvement intérieur.

S'il est essentiel de travailler le sens des notions mathématiques, ce qui ne s'acquiert que par une intériorisation, la connaissance de règles permettant la résolution automatique de calculs est également indispensable pour faire des maths. La découverte des idées mathématiques ne suffit pas. Il est aussi nécessaire d'intérioriser cet aspect plus extérieur des maths donné par les règles : comme pour les tables de multiplication, c'est l'intériorisation de la règle qui me donnera la liberté de faire un pas en plus dans la découverte des mathématiques.

METAMORPHOSE DE L'ELLIPSE



Prenons un exemple. Un des points du programme de 9e classe tel que nous le pratiquons à l'école est de reprendre les bases de l'algèbre qui ont déjà été travaillées dans les classes moyennes. Quel en est l'objectif ? L'algèbre peut être vue comme un ensemble de règles s'appliquant à des expressions comportant des lettres qui elles-mêmes représentent des nombres. Par exemple, l'expression $(a+b)x$ a toujours la même valeur que $ax+bx$. Tout un travail sera fait pour que chaque élève puisse, dans la mesure du possible, donner du sens à l'écriture $(a+b)x=ax+bx$ et à toutes les règles similaires que l'on trouve en algèbre (cette règle exprime d'une manière générale ce que l'on pratique en calcul mental : $14 \times 7 = 10 \times 7 + 4 \times 7 = 70 + 28 = 98$). Ensuite, l'exercice de ces règles est pratiqué. Ce que j'ai pris du temps pour penser, parfois laborieusement, je le pratique ensuite pour le mémoriser et le rendre «automatique». Ma pensée se libère en intégrant un nouvel outil qui me permettra par exemple d'aborder la géométrie analytique.

Par ailleurs, le professeur de maths fera souvent l'expérience d'apaisement d'une classe lorsqu'a lieu en classe l'exercice des règles algébriques bien comprises. Ceci peut aussi devenir un objectif complémentaire du cours d'algèbre : à un âge où l'âme des élèves est parfois bien agitée, permettre des moments de réel apaisement.

Autre exemple important d'activité visant à développer l'intériorité : faire une démonstration. La démonstration d'un phénomène ne se trouve en aucun cas à l'extérieur de moi-même. C'est en moi que je vais mettre en relation divers éléments et mettre ensuite l'un derrière l'autre une suite d'arguments qui vont me convaincre de la vérité d'une affirmation. Ce ne peut pas être l'autorité du maître ou du prof de maths qui doit me convaincre. C'est mon raisonnement.

Nous rejoignons ici un autre objectif de l'enseignement des maths du point de vue intérieur à l'être humain : exercer la rigueur de la pensée. Bien souvent, je peux être convaincu par un raisonnement qui n'est pas exact. Comment dès lors m'assurer de l'exactitude des raisonnements ? La démonstration géométrique est un excellent outil pour exercer cette faculté.

Si c'est en 6e classe que l'on peut commencer à travailler les démonstrations, nous avons pris l'habitude de retravailler les bases du raisonnement géométrique lors d'une période de 9e classe. Il s'agit d'acquérir de l'assurance et de la rigueur dans le raisonnement et de découvrir les règles qui président à cette rigueur. Lorsque nous pratiquons cela, nous redécouvrons la démarche initiée par les mathématiciens grecs et qui fut immortalisée dans le fameux livre «Les éléments» écrit environ 300 ans avant JC par Euclide et qui resta le modèle de la rigueur mathématique jusqu'à la fin du XIXe siècle (ce livre connut plus de 1000 éditions – seule la Bible en a eu plus !).

Ce qui fut notamment découvert par Euclide et ses prédécesseurs, c'est que pour démontrer il est nécessaire de se baser sur des évidences. Celles-ci sont de deux ordres :

Il y a des évidences géométriques, par exemple tous les angles plats sont égaux.

Il y a des principes plus généraux. Chez Euclide, elles

concernent n'importe quelle grandeur. En voici un exemple simple : si on enlève une même grandeur à deux grandeurs égales, alors les deux nouvelles grandeurs obtenues sont aussi égales (en écriture moderne, on a : $x = y \rightarrow x - a = y - a$).

Voici une telle démonstration. Une propriété élémentaire de la géométrie euclidienne concerne les angles : des angles opposés par le sommet sont égaux. Dans le dessin suivant, les angles α et β sont opposés par le sommet.



Puisque tous les angles plats sont égaux, on sait que $\alpha + \gamma = \beta + \gamma$. En retirant γ à ces deux angles égaux, on obtient deux angles égaux. Par conséquent, $\alpha = \beta$.

Une petite démonstration comme celle-ci n'a l'air de rien, mais elle est une des nombreuses briques qui nous amèneront à démontrer des résultats beaucoup moins évidents, qui peuvent même s'opposer complètement à notre intuition. Et cela pourra devenir un objectif supplémentaire de l'enseignement des maths : faire l'expérience qu'il peut être nécessaire (souvent ?) de dépasser les impressions immédiates, les représentations que nous avons du monde et qui nous empêchent d'accepter la réalité telle qu'elle est, même si elle ne nous plaît pas ou nous paraît étrange. Dans le cas de la période de 9e classe, il s'agit par exemple de la découverte de « l'incommensurabilité », découverte qui provoqua une crise philosophique chez les Grecs.

Pour acquérir une vraie sûreté dans le raisonnement, il nous faut encore découvrir des notions et principes de logique. Qu'est-ce qu'une implication et qu'est-ce que sa réciproque ? La vérité d'une implication entraîne-t-elle la vérité de sa réciproque ? Nous avons démontré que si deux angles sont opposés par le sommet, alors ils sont obligatoirement égaux. Mais il n'est pas vrai que si deux angles sont égaux, alors ils sont obligatoirement opposés par le sommet. Par contre, si deux angles ne sont pas égaux, alors il ne peuvent pas être opposés par le sommet, et voilà la contraposée qui fait son apparition. Une dernière technique souvent utilisée en maths est la démonstration par l'absurde. Je suppose que l'affirmation que je cherche à démontrer est fautive et j'en tire certaines conséquences. Si j'arrive à une contradiction, c'est que je n'avais pas le droit de supposer la fausseté de cette affirmation. C'est donc qu'elle est vraie.

Poursuivons notre exploration des objectifs du cours de maths. Il est relativement fréquent que l'on confonde une représentation avec un concept. Imaginons un cercle. Je peux le dessiner avec un compas. Je le perçois avec mes sens. Je puis aussi me le représenter intérieurement. Est-ce pour autant que je sache ce qu'est un cercle, que je connaisse le concept de cercle ? Dans ce cas précis, ce n'est

pas très compliqué de dire ce qu'est un cercle : ses points sont tous situés à la même distance d'un centre. Supposons que je veuille étudier les propriétés du cercle. Le dessin que je fais, qui en est une représentation, n'est là que pour soutenir ma pensée qui doit se baser sur le concept de cercle ! Ou bien, je peux partir d'un concept et découvrir ensuite les propriétés et aspects pratiques de cet objet dans le monde concret. C'est ce que nous pratiquons dans la période de découverte des coniques en 9e classe. À partir de définitions qui sont données, nous explorons les paraboles, ellipses et hyperboles. Nous engloberons ensuite ces trois courbes dans un même concept, celui de conique. Ces concepts de cercle, de coniques et d'autres objets géométriques, nous les approfondirons encore lorsque nous verrons, en géométrie analytique en 11e classe, quelles sont les relations algébriques qui les sous-tendent. Une autre période très intéressante de ce point de vue est celle de géométrie projective de 11e classe. Dans cette géométrie les limites des représentations et concepts euclidiens explosent pour donner place, suite aux développements de la perspective en peinture, à une géométrie vivante qui fut aussi une des sources historiques des conceptions modernes des mathématiques.

Parvenir à dépasser complètement le monde des représentations sensibles pour travailler de manière purement conceptuelle et faire l'expérience que, de cette manière, l'on peut parvenir à développer des techniques qui s'appliquent parfaitement au monde concret de nos perceptions trouve son apogée dans la période de calcul infinitésimal (dérivées) en 12e classe. Pour résoudre de manière entièrement satisfaisante les questions liées aux vitesses, débits, de manière générale aux variations instantanées de grandeurs physiques, il est nécessaire d'utiliser un processus de pensée infini qui en lui-même n'a pas de correspondance dans le monde concret, mais dont le résultat s'applique tellement bien au monde concret qu'il est à l'origine du développement de la science moderne qui a permis l'évolution technologique depuis le XVIIIe siècle.

Les mathématiques se pratiquent à la frontière entre intérieur et extérieur. Nos perceptions sont une porte qui ouvre sur le monde qui est extérieur à nous-même. Par l'activité de notre pensée, nous élaborons intérieurement ces perceptions pour découvrir les concepts qui leur correspondent. Ce travail peut se détacher entièrement du monde sensoriel pour devenir purement conceptuel. Enrichis de nouvelles expériences intérieures, nous nous tournons à nouveau vers le monde. Celui qui peut ainsi découvrir les liens profonds qui existent entre le monde concret et un concept mathématique et ressentir intérieurement comment différents concepts sont reliés les uns aux autres et sous-tendent le monde sensible fait l'expérience d'une harmonie qui procure une joie intense. Les mathématiques rejoignent alors la sphère artistique, on y découvre la beauté mathématique et, parfois, une expérience unique de cette beauté reste gravée dans le souvenir pour toute l'existence.

Luc Lismont

ÉLECTRONIQUE & INFORMATIQUE À L'ÉCOLE MATHIAS GRÜNEWALD

FONDEMENTS ET ESQUISSE D'UN PARCOURS PÉDAGOGIQUE PROPOSÉ AUX GRANDS ÉLÈVES

par Clément Defèche, professeur de sciences dans les grandes classes

Depuis la création du cycle pédagogique des grandes classes, l'école Mathias Grünewald propose à ses élèves un parcours d'ateliers techniques concrets avec pour objectif la compréhension de l'ordinateur. Après plusieurs évolutions, ce parcours peut s'étendre aujourd'hui de la 9^e à la 12^e, durée requise pour explorer l'électronique et l'informatique jusque dans ses fondements. L'article ci-dessous vous propose d'en découvrir les grandes lignes.

« Pensez combien de gens aujourd'hui voient filer sous leurs yeux la machine à vapeur sous la forme d'une locomotive, sans avoir la moindre idée des forces physiques et mécaniques qui la propulsent [...]. La pire des choses, c'est de participer à un monde créé par l'homme sans se soucier de ce qu'il est. »

Rudolf Steiner tint ces propos lorsqu'il aborda la question du programme scolaire dans les grandes classes, à l'ouverture de la première 9^e (15 ans) à Stuttgart. Il tenait pour essentiel le fait que puissent être donnés à l'adolescent les moyens et les facultés de comprendre le monde moderne, afin de se préparer à en devenir un citoyen averti et engagé. Ainsi, la période de physique de 9^e classe est consacrée aux moteurs thermiques (vapeur, explosion etc.) et aux premières inventions exploitant les phénomènes électriques (téléphone, moteur électrique etc.).

Cependant, ces indications pédagogiques furent données au début du siècle dernier, et bien qu'elles constituent un point de départ incontournable pour permettre à l'adolescent de rencontrer le monde moderne, s'en tenir au plan scolaire de 1924 en 2014 serait très inconséquent ! A l'époque de Steiner, le monde technologique n'en était qu'à son éclosion, et cent ans après, le paysage de l'homme a été considérablement bouleversé : est apparue l'électronique, puis l'informatique dont la place est aujourd'hui prédominante aussi bien dans le monde professionnel que dans notre vie privée. De la même manière que R.Steiner a consacré une partie de l'enseignement des grandes classes à la compréhension du monde de l'époque, il apparaît indispensable aujourd'hui de laisser une large place à l'enseignement de l'électronique et de l'informatique.

"PARTICIPER À UN MONDE CRÉÉ PAR L'HOMME, EN SE SOUCIANT DE CE QU'IL EST."

Il convient de distinguer entre deux objectifs possibles d'un enseignement de l'informatique : savoir utiliser correctement un ordinateur, et **comprendre un ordinateur**. Les deux sont bien évidemment souhaitables, toutefois dans le sens de l'indication donnée par R.Steiner, c'est clairement le deuxième objectif qui doit être au centre de l'enseignement des grandes classes : le fait par

exemple qu'un voyageur soit capable d'utiliser le train ne change rien au problème évoqué plus haut !

LA PLACE DE L'ORDINATEUR DANS LE MONDE, QUELS ENJEUX ?

L'histoire technologique des hommes n'est pas linéaire : bien que le progrès technique ait poursuivi sa formidable ascension au cours des trois derniers siècles, il convient d'identifier des paliers. L'ère du numérique et l'apparition de l'ordinateur marquent un tournant dans l'histoire : les hommes jusque-là avaient développé des machines capables de suppléer notre volonté (le moteur de la voiture nous épargne l'effort physique de nous rendre au travail à pied), de nous faciliter la communication (télégraphe, puis



l'ENIAC, premier ordinateur électronique créé en 1946, occupant une pièce entière

téléphone etc.). Dans quelle sphère humaine l'ordinateur pénètre-t-il ? **Dans Le penser**. Dans le développement de la science moderne et de ses applications notamment militaires, les scientifiques ont rapidement senti l'importance de recevoir de l'aide dans les calculs mathématiques : un des premiers ordinateurs construits (extrêmement volumineux à l'époque) était dédié à résoudre des équations permettant de calculer avec précision la balistique de missiles en tenant compte d'un grand nombre de facteurs. La démocratisation de ces machines à calcul a plus tard donné naissance à la calculatrice. La notion d'ordinateur a

aujourd'hui pris un sens très large : notre environnement quotidien est aujourd'hui truffé de puces électroniques qui par leur capacité de calcul nous épargnent des tâches qui nous incomberaient. Le régulateur électronique de la voiture nous soulage désormais de devoir surveiller notre vitesse et d'ajuster le pied en conséquence, le détecteur de présence situé à l'entrée de la grande surface nous épargne la présence d'esprit d'ouvrir quand quelqu'un se tient devant la porte, les ordinateurs calculent la météo etc.

Depuis quelques années un nouveau cap a été franchi, les ordinateurs désormais s'occupent de la finance mondiale : des programmes extrêmement élaborés réalisent les transactions et placements les plus intéressants en une infime fraction de seconde. Autre phénomène : plusieurs entreprises américaines comptent désormais sur des programmes d'analyse de données présentes sur Internet pour trier les candidatures, les dossiers de souscription aux assurances etc. avant même que ceux-ci soient étudiés par un responsable clientèle. Bref, nous confions de plus en plus de tâches complexes et essentielles aux ordinateurs.

L'histoire a montré à bien des reprises que le développement technologique est à double tranchant : il libère l'homme de la contrainte de la nature, et en recevant ce pouvoir, nous nous retrouvons à la tête de responsabilités toujours plus importantes. De par sa position prédominante, l'ordinateur ne peut pas rester un objet énigmatique que l'on consomme sans rien connaître de son fonctionnement intime. Les débordements liés à l'expansion de l'informatique nous sont connus depuis quelques années maintenant, ce n'est pas pour autant qu'il faut le diaboliser et faire l'impasse dessus. Bien au contraire, donner à l'ordinateur sa juste place dans nos vies passe nécessairement par une compréhension suffisante de sa logique interne.

4 ANNÉES POUR APPRÉHENDER ET COMPRENDRE LE FONCTIONNEMENT DE L'ORDINATEUR

L'objectif pédagogique posé, il n'en demeure pas moins ambitieux. Tout d'abord, il ne paraît possible d'introduire l'ordinateur dans l'école que si celui-ci réalise des tâches déjà comprises et assimilées par les élèves : il serait profondément anti-pédagogique de proposer l'usage de la calculatrice à de jeunes êtres qui ne possèdent pas le savoir-faire de la division... Par conséquent, l'ordinateur à l'école Mathias Grünewald ne fait irruption que dans les grandes classes.

S'il est envisageable de comprendre l'essentiel d'un moteur électrique, ou du télégraphe en 3 semaines de période en 9^e classe, la compréhension de l'électronique et de l'informatique requiert beaucoup plus de temps. Il fut un temps où ouvrir une machine était parfois suffisant à sa compréhension. Les mécanismes d'une horloge peuvent révéler leurs mystères à un observateur attentif. La chose est plus délicate pour un ordinateur, surtout depuis que ceux-ci ont engagé la course à la miniaturisation. L'informatique semble vouloir se cacher, devenir invisible pour ne pas déranger notre vue, nous permettre d'oublier sa présence. Difficile alors de participer à un monde en se souciant de ce qu'il est, comme le préconise R.

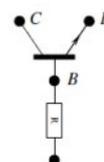
Steiner si ce monde échappe à notre regard ! Pour aborder l'ordinateur, il conviendra de répartir et jalonner l'objectif sur 3 ou 4 années minimum, c'est à dire tout le cursus des grandes classes. S'interroger sur les questions d'intelligence artificielle, sur la « pensée de l'ordinateur », au regard de la « pensée humaine » avec de jeunes adultes de 12^e classe (18 ans) est particulièrement fructueux. À l'école Mathias Grünewald, nous avons donc décidé d'échelonner un parcours sur 3 ou 4 ans, durant des séquences d'ateliers mêlant manipulations pratiques et travail théorique. Les lignes qui vont suivre vous proposent de parcourir dans les grandes lignes ce programme pédagogique, sachant que celui-ci est en cours d'évolution et régulièrement modifié.

9^E CLASSE (15 ANS) - BASES DE L'INFORMATIQUE & UTILISATION DE L'ORDINATEUR

Un premier atelier en 9^e classe peut être consacré à l'utilisation "intelligente" de l'ordinateur. Il s'agira alors notamment d'assimiler concrètement un certain nombre de termes propres à l'informatique : *programme, fichier, dossier, système d'exploitation, traitement de texte, navigateur internet etc.* Même si la plupart des élèves de cet âge ont déjà eu l'occasion d'explorer par eux-mêmes le fonctionnement de l'ordinateur, il convient toutefois de clarifier les termes, écarter quelques confusions.

Il est surtout important durant ce premier atelier de prendre conscience de l'ampleur du phénomène informatique sur la planète (peu de gens par exemple ont une idée de l'infrastructure que le réseau internet requiert), de sensibiliser les jeunes à la protection des données personnelles (que deviennent les informations que l'on essaime via *Facebook* ?...). On pourra également aborder les enjeux financiers et la propriété intellectuelle, notamment à travers l'histoire des systèmes d'exploitation propriétaires (*Windows* et *MacOs*) et de l'émergence de l'informatique libre (*Linux*), et s'essayer au formatage d'un ordinateur pour réinstaller le système d'exploitation de son choix. On pourra ensuite identifier les constituants essentiels de l'ordinateur : *disque dur, microprocesseur, mémoire vive, périphériques etc.* pour s'essayer à l'assemblage d'un ordinateur. Enfin il est intéressant à l'entrée des grandes classes d'initier les élèves à la manipulation d'un traitement de texte, voir d'un tableur. Au cours de leur scolarité, ils auront l'occasion de rédiger CV et lettre de motivation, rapport de stages etc.

En bref, l'objectif d'un premier atelier en 9^e classe est de poser le décor, baliser l'environnement informatique, et d'éveiller les élèves aux enjeux de société posés par l'informatique.



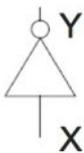
Le transistor, constituant fondamental de l'ordinateur

10^E CLASSE (16 ANS) – DÉCOUVERTE DU TRANSISTOR

Une fois le décor installé, nous pouvons alors faire un pas, et pénétrer les entrailles de l'ordinateur. L'intérieur de l'ordinateur est bardé de puces électroniques obscures : que contiennent-elles ? Des transistors par milliards. Le transistor est effectivement le pilier de l'électronique numérique. L'invention de celui-ci suite à l'étude des matériaux semi-conducteurs (dont le fameux silicium, qui donnera son nom à la Silicon Valley) a directement ouvert la voie à la fabrication de l'ordinateur. Comprendre l'ordinateur, c'est donc d'abord comprendre le fonctionnement du transistor. Durant le premier atelier de la 10^e classe, les élèves se familiariseront avec les rudiments de l'électronique, en manipulant des composants électriques simples comme la DEL (diode électro-luminescente), la résistance et la pile. C'est alors que l'on pourra introduire le transistor, d'abord en analysant de façon simple son comportement (il fonctionne comme un interrupteur commandable électriquement...), puis en l'intégrant dans des montages de plus en plus complexes, pouvant aboutir à des réalisations concrètes et pratiques, comme un détecteur d'obscurité, ou un métronome.

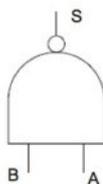
X	Y
0	1
1	0

Table de vérité de la porte NOT



A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table de vérité de la porte NAND



Le deuxième atelier d'électronique en 10^e sera consacré à la réalisation des portes logiques. La mise en commun de plusieurs transistors permet la réalisation de circuits électroniques appelés **portes logiques**, intégrant une logique élaborée. Dans un premier temps, les élèves analyseront et réaliseront ces différentes portes logiques. Ce sera également pour eux l'occasion de découvrir la soudure en électronique.

Dans ce type de circuit, on peut simplifier l'utilisation des grandeurs électriques classiques (mesure de tension en volts, mesure d'intensité en ampères etc.) en se contentant de savoir si les entrées et sorties du circuit sont alimentées en tension ou pas : l'état "1" symbolisera une entrée ou sortie alimentée, l'état "0" l'absence d'alimentation électrique. Cette symbolique permet de simplifier grandement la compréhension du fonctionnement de ces portes logiques, résumé dans une *table de vérité* propre à chaque type de porte.

L'apparition des chiffres 1 et 0 fera écho chez les élèves, qui en mathématiques étudient la même année les systèmes de numération. A cette occasion il ont pu découvrir le binaire, système de numération qui grâce aux chiffres 0 et 1 permet d'écrire tous les nombres. Une porte s'ouvre alors, pour faire le pont entre le transistor et l'ordinateur créé pour réaliser des calculs. Jusqu'alors les élèves considéraient des tensions électriques, qu'il peuvent maintenant par convention considérer comme des chiffres binaires. Pourrait-on alors envisager un circuit électronique capable de

réaliser des calculs ?

En combinant différentes portes logiques, il devient possible de réaliser un additionneur capable d'additionner deux nombres binaires simples. Au final, le circuit calculateur réalisé grâce à des composants électroniques, des plaquettes en bois et des punaises occupe près d'1 m², et intègre une centaine de transistors à peine.

11^E CLASSE - DU CALCULATEUR À L'ORDINATEUR

Désormais capable de réaliser un calculateur additionneur, les élèves de 11^e vont relever un défi plus ambitieux : imaginer un circuit électronique capable de réaliser une opération plus complexe, par exemple $(8 + 6)/2 + 5$? Que fait l'ordinateur quand il est confronté à ce type d'opérations ? Il lui faut décomposer cette opération en opérations simples et mémoriser les résultats intermédiaires : il exécute pour cela un programme.

> $8 + 6 = 14$

> *Mémorisation du résultat 14*

> $14 / 2 = 7$

> *Mémorisation du résultat 7*

> $7 + 5 = 12$

> *Mémorisation du résultat 12*

> *Affichage du résultat final 12*

L'exécution de ces diverses instructions implique des circuits électroniques supplémentaires au simple calculateur, comme la mémoire, ou un circuit capable de réaliser des divisions etc. Les élèves vont étudier une à une les différentes fonctions électroniques nécessaires à l'exécution de notre programme, qui seront finalement mises en commun dans un circuit électronique global, en tout point similaire (du point de vue de son architecture et de son fonctionnement) à un véritable ordinateur.

La deuxième partie de l'atelier sera ainsi consacrée à l'exploitation de cet ordinateur simple, en réalisant divers programmes simples. **À l'issue des ateliers de 10^e et 11^e classe, les élèves pourront véritablement jeter un pont entre les circuits électroniques (incluant des transistors) et l'ordinateur, en gardant à l'esprit que si notre machine intègre quelques centaines de transistors, un ordinateur moderne en intègre quelques milliards...**

12^E CLASSE - LA "PENSÉE" DE L'ORDINATEUR

Les élèves possèdent maintenant dans les grandes lignes les principes essentiels qui rendent possible la construction d'un ordinateur, et il est temps maintenant d'en profiter en s'essayant à la programmation, cette fois sur un véritable ordinateur et un langage de programmation plus évolué, le *FreeBasic*. Toutefois, le processus reste parfaitement identique à celui déployé en 11^e classe : écrire un programme, c'est d'abord décomposer celui-ci en instructions simples exécutables par l'ordinateur, puis de traduire ces instructions en code binaire exécutables par l'ordinateur (étape de compilation). Diverses consignes de programmes, de plus en plus ambitieux, seront proposées aux élèves : un programme qui affiche

bonjour à l'écran, un programme qui affiche un cercle, un programme qui enregistre votre nom, prénom et adresse, un programme capable de résoudre une équation du second degré etc.

QUELQUES PISTES DE RÉFLEXION SUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Parmi les nombreuses questions qui vivent chez les élèves concernant le monde de l'informatique, c'est sans doute celle de l'intelligence artificielle qui suscite le plus de débats. Le programme informatique le plus élaboré de demain peut-il posséder l'intelligence d'un homme ? Cette question est extrêmement intéressante pour un jeune adulte de 18 ans, car se pencher dessus nous amène directement à nous interroger sur la pensée humaine.

Les élèves peuvent déjà avec les quelques notions de programmation envisager un programme "intelligent", un personnage virtuel qui répondrait aux questions posées par l'utilisateur. On réalise vite alors que la performance d'une telle "intelligence" est fortement liée à la capacité du programmeur

d'anticiper la plus grande diversité possible de questions auxquelles le programme peut répondre. Le résultat peut devenir bluffant (comme le programme SIRI, qui vous rend capable de piloter votre téléphone portable), mais les élèves distinguent rapidement un point essentiel : ce genre de programme intelligent ne peut faire face à une question qui n'a pas été prévue lors de sa conception... Cette intelligence artificielle n'a par ce biais pas la possibilité de prendre une décision librement, de s'inventer elle-même. En est-il de même pour l'homme ? Nos comportements sont ils le résultat d'un programme génétique ? etc.

C'est ce genre de questionnement qui a cours lors du dernier atelier d'informatique en 12^e classe. A l'âge où les élèves vont maintenant quitter l'école pour devenir eux-mêmes responsables de leur éducation, pour se déterminer eux-mêmes, le thème de l'intelligence artificielle et de la nature humaine résonne en profondeur. Ne serait-ce d'ailleurs pas là une autre raison d'être de l'ère de l'informatique ? Nous permettez à nous, humains, de nous interroger en profondeur sur le sens de notre humanité ?

Clément Defèche

COMMENT SOUTENIR NOTRE ASSOCIATION... EN DORMANT ?!

Chacun de nous a obligation de souscrire un, et souvent plusieurs contrats d'assurances. Or, un contrat souscrit auprès d'un courtier d'assurance, entraîne au bénéfice celui-ci, et cela durant toute la durée de vie du contrat, le versement d'une commission annuelle !

UNE IDÉE SIMPLE : L'ASSURANCE SOLIDAIRE !

Trouver un courtier qui accepte de reverser une partie de sa commission au bénéfice de l'association choisie par le souscripteur ! Ainsi sans effort financier supplémentaire vous soutenez l'association de votre choix.

Le cabinet FIDAC accepte de jouer le jeu. En contrepartie, bien sûr, il espère une augmentation sensible du nombre de contrat. (Normal !).

VOICI LA PROPOSITION :

Le souscripteur reçoit après encaissement annuel du paiement par Fidac, un chèque de 10.00€ pour un contrat dont la cotisation annuelle est de 200.00€ minimum. Le chèque sera à l'ordre de l'association bénéficiaire. Tous les contrats dont la cotisation annuelle globale est supérieure à 1000.00€ ttc, donneront lieu au reversement d'une commission de 20.00€ par tranche de 1000.00€ de cotisation encaissée. (Et cela chaque année, bien sûr !). Tout cela à garanties et prix équivalent !

SITE ASSOCIATIONS : WWW.ASSURANCE-SOLIDAIRE.FR RUBRIQUE « OBTENEZ DES SUBVENTIONS »

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS :

FIDAC

3 BOULEVARD DU 14 JUILLET

47300 VILLENEUVE SUR LOT

TÉL : 03 53 01 18 18 FAX : 05 53 49 42 95 MAIL : fidac6@orange.fr

Henri Mendaille, pour la commission recherche de fonds

LA MUTATION DU CHAMP DES PERCEPTIONS



QUELS IMPACTS SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'ÊTRE HUMAIN ?

par Philippe Pérennes,
professeur de la 7^e classe,
extrait d'un livre à paraître,
*les perceptions
infrasensibles*

La nature du changement majeur de ce début de 21^{ème} siècle réside dans le changement d'activité de l'être humain pendant son temps de veille. Toutes les époques ont vu des révolutions changer radicalement des modes de vie que l'on croyait pourtant immuables. Le monde avant et après l'avènement de la voiture n'est plus le même, celui qui suit la découverte des matières plastiques ne ressemble plus à celui qui le précède etc. De la même manière, le développement des moyens de communication informatique a profondément bouleversé le quotidien. De nos jours, nous passons un temps très conséquent devant les médias. Nous savons par exemple qu'un homme de 72 ans, lorsqu'il meurt, a passé 16 années de sa vie de veille (environ 17 heures/jour) devant son écran de télévision. La question n'est pas de savoir si cette activité l'a rendu plus ou moins intelligent, la véritable question est de savoir comment il se serait développé, quelles rencontres il aurait faites, quelles facultés il aurait eues, si au lieu de regarder l'écran, il avait par exemple travaillé un instrument de musique, ou qu'il avait donné son énergie à une association caritative, ou tout simplement qu'il avait lu ? Quel est l'impact d'une perception indirecte du monde pratiquée pendant de nombreuses heures au quotidien ? Cette question n'est pas insignifiante quand on prend conscience des chiffres officiels qui illustrent cette mutation des champs de perception.

Selon des statistiques faites en 2013, on découvre qu'un individu de 21 ans a, en moyenne :

- envoyé et reçu environ 250 000 e mails ou SMS.
- passé 10 000 heures au téléphone portable.
- passé 5000 heures à jouer aux jeux vidéo.
- passé 3500 heures sur les réseaux sociaux (facebook etc.)

Lorsque nous faisons le décompte du temps passé devant l'écran pour réaliser toutes ces activités, nous trouvons le nombre de 1333 jours (le jour n'étant pas de 24 heures mais de 17 heures qui correspond à un temps moyen de veille), c'est à dire 3,5 ans de sa vie d'être éveillé. Une chose est certaine, **cela ne peut pas ne pas avoir d'influence sur son développement**. 3,5 années passées non pas devant le réalité du monde, mais en immersion dans le monde virtuel.

Selon les statistiques officielles, il est courant aujourd'hui de voir des adultes, des enfants passer jusqu'à 6 heures par jour ou plus devant les écrans. Lorsque l'on additionne toutes ces heures ensemble on découvre que cela représente 128 jours par an (toujours du point de vue du temps passé à l'état de veille).

"IL EST COURANT AUJOURD'HUI DE VOIR DES ADULTES, ENFANTS PASSER JUSQU'À 6 HEURES PAR JOUR OU PLUS DEVANT LES ÉCRANS"

Concrètement, cela signifie que l'année des perceptions virtuelles commencent le premier janvier et se termine le 7 mai et que celle des perceptions réelles commence le 8 mai pour s'achever le 31 décembre... Ce chiffre de 6 heures quotidiennes n'est pas exagéré, dans certains cas, il est nettement en dessous de la réalité et il faut bien constater que pour bien des personnes, que ce soit parce qu'elles travaillent du matin au soir sur des écrans, ou parce qu'elles utilisent l'ordinateur à des fins ludiques, la moitié du temps de veille est passée en mode informatique.

Comment ce bouleversement impacte-t-il le développement de l'être humain ? Cette question doit trouver sa réponse. L'abandon toujours plus important des perceptions sensorielles directes au

profit d'une immersion dans les images numérisées du monde n'est pas anodin. La progression régulière des durées d'exposition aux écrans confirme que cette problématique ne va pas en s'amenuisant, mais s'amplifie année après année

Quand un être humain s'éveille le matin, deux mondes se tiennent face à face : son monde intérieur, et l'environnement dans lequel il vit. L'intériorité de l'être humain est sans cesse touchée par ce qui flue vers lui de la périphérie. Cette migration se fait par le biais des perceptions sensorielles, lesquelles assurent les liens entre les mondes intérieur et extérieur. Selon ce que nous entreprenons, le milieu dans lequel nous évoluons, nos centres d'intérêts, nous faisons sans cesse des expériences qui nous mettent en relation avec un environnement qui nous impacte via nos sens. Certes nous transformons le monde par les actions que nous entreprenons, mais le monde agit aussi sur nous et nous transforme en retour. Celui qui travaille huit heures par jour dans un bureau au trentième étage d'une tour, ne vit pas la même chose qu'un garde forestier qui passe une grande partie de sa journée en milieu naturel.

L'expérience sensorielle n'est pas neutre, elle dépose quelque chose en nous qui modifie notre façon de penser de ressentir et d'agir.

Les recherches les plus récentes dans le domaine de la neurologie attestent que l'organe de la conscience, notre cerveau, est d'une plasticité remarquable et qu'il évolue en fonction de deux critères principaux. D'une part celui de l'hérédité et d'autre part celui de l'expérience directe que fait l'individu dans son milieu ambiant.

L'expérience sensorielle influe profondément sur nous-même. Dans un environnement appauvri en perceptions diversifiées, l'être humain n'a que peu de chance de se développer harmonieusement au plan des facultés qu'il possède. Pour illustrer cette évidence, le cas des orphelinats roumains des années 1970 dans lesquels les enfants étaient abandonnés à leur sort sans aucune sollicitation particulière est souvent cité. Le régime communiste de cette époque déclara l'illégalité du contrôle des naissances et de l'avortement, ce qui eut pour conséquence directe l'abandon de plus de 100000 enfants qui furent placés dans des orphelinats dans lesquels ils étaient certes à peu près nourris et habillés, mais passaient leurs journées sur un lit sans stimulation sensorielle particulière et sans relation sociale avec le personnel de ces institutions. Après la chute de ce gouvernement, on découvrit ce désastre et les enfants furent placés dans des familles d'accueil aux États-Unis, en Angleterre, au Canada etc... Les études qui furent menées montrèrent de façon indiscutable qu'une majorité de ces enfants souffrait de retard dans leur développement, tant au plan physique (notamment le périmètre crânien très en dessous de la

normale) que mental. Une fois sortis du désert sensoriel dans lequel ils vivaient, ces enfants reprirent le cours de leur développement moteur et cognitif. Pour la plupart, ils firent des progrès extrêmement rapides qui montrèrent que ces traumatismes n'avaient pas éradiqué leurs facultés de régénération. On constata cependant que les enfants qui avaient été adoptés après l'âge de six mois ne récupéraient pas l'entièreté du potentiel qui était le leur. Leur périmètre crânien resta en dessous de la normale, contrairement à celui des enfants adoptés avant l'âge de six mois. Cet événement dramatique montre que l'être humain -mais il en va de même pour l'animal- placé dans des conditions de privation sensorielle, n'est pas à même de se développer normalement, et que lorsque cette situation est trop longue, la récupération totale est compromise. L'appauvrissement des stimulations sensorielles influe sur l'ensemble des facultés de l'être humain qui n'est pas en mesure de déployer les ressources qui sont en lui.

Remarquons une chose essentielle, notre mémoire est elle aussi liée à l'intensité des perceptions que nous avons. Ce qui flue vers nous en provenance de notre environnement pénètre simultanément en nous par différents canaux sensoriels. Nous sommes, en quelque sorte, impressionnés par ce que nous percevons. Lorsque nous faisons appel à notre souvenir, nous plongeons en nous à la recherche des traces que ces perceptions ont obligatoirement laissées dans notre corporéité physique. L'intensité, la multiplicité et la qualité des perceptions influent grandement sur notre capacité à nous souvenir de ce que nous avons perçu. Un être sans mémoire est un être sans passé, mais aussi sans futur. Il n'est pas en mesure de s'appuyer consciemment sur les expériences passées pour évoluer positivement. Il souffre intensément d'un problème identitaire car notre identité, ou tout du moins la conscience que nous en avons, est liée au souvenir de ce que nous avons été, c'est à dire de ce que nous avons perçu de nous et du monde dans le courant de notre biographie.

Il est indiscutable que la communication par écrans interposés ne sollicite que très partiellement nos sens et que l'environnement numérique est pauvre au niveau de la diversité et de l'authenticité des perceptions sensorielles.

Quand on met cette conclusion en lien avec les chiffres exposés dans la première partie de cet article, on se pose de sérieuses questions quant à la protection de l'enfance. Une chose est certaine : **aujourd'hui, ce ne sont plus les lois qui protègent efficacement l'enfant, mais chaque individu dans la mesure où il tend à développer une juste conscience de l'impact des nouvelles technologies sur le développement de l'être humain. A chacun de se situer, c'est notre responsabilité.**

Philippe Pérennes

UNE INITIATIVE POUR SOUTENIR L'ÉCOLE

LE CALENDRIER BIODYNAMIQUE MURAL

2015

Affiché dans la cuisine, dans l'entrée, au bureau ou près des outils de jardin, ce calendrier circulaire est un complément au calendrier des semis.

Tournez la roue pour placer à hauteur des yeux, le jour ou la période qui vous intéresse, et accédez en un coup d'œil aux indications astronomiques.

Une face du disque représente le premier semestre civil, et en tournant le disque vous accédez au second semestre.

La spirale de semis est une création issue d'un partenariat entre l'école Mathias Grünewald, le Mouvement d'Agriculture Biodynamique et Noname Design.

LES RECETTES VONT À L'ÉCOLE MATHIAS GRÜNEWALD

En vente à 10 euros, aux Chants de la Terre, à l' Ecole Mathias Grünewald et à la Maison de la Biodynamie (vente par correspondance au 03 89 24 96 41). Visuel du calendrier sur les sites internet de l'école et de la Maison de la Biodynamie.



Le Bulletin de liaison de la pédagogie Steiner à Colmar est publié sous la responsabilité du collège des professeurs.

Directeur de la publication : Philippe Perennès

Rédaction du n°43 : Hélène Grunenberger, Clément Defèche.

Imprimé par nos soins en Décembre 2014

ISSN-0294-3360

Droits d'auteur : Tous les textes contenus dans ce bulletin sont libres de droit. On peut sans restriction les reproduire et les diffuser, intégralement ou partiellement, sauf à des fins commerciales, à condition d'en mentionner l'origine. On sera reconnaissant, en cas de reproduction à grande échelle, que l'on ait bien voulu préalablement nous en informer.

Ce bulletin de liaison est téléchargeable sur :

<http://www.pedagogie-steiner-colmar.fr/index.php/bulletins-pedagogiques>



ÉCOLE MATHIAS GRÜNEWALD & JARDIN D'ENFANTS RUDOLF STEINER

4 RUE HERZOG

68124 LOGELBACH

TÉL 09 62 32 73 01 Fax 03 89 27 13 24

WWW.PEDAGOGIE-STEINER-COLMAR.FR