

Un exemple de projet scientifique parrainé

Cécile Kerboul

Depuis trois ans, l'Inspection académique de l'Essonne, soutenue par le Conseil Général du département, aide au développement d'un partenariat entre les établissements scolaires et les grands pôles scientifiques du département.

Les objectifs de ce partenariat sont, entre autres :

- pour les élèves, la sensibilisation à la démarche scientifique et le développement de leur motivation,
- pour les professeurs, une ouverture sur le monde scientifique pouvant faire évoluer leurs pratiques pédagogiques.

Le dispositif, relativement léger, a pour point de départ la demande d'un professeur, ou d'un établissement scolaire, sur un thème de son choix. Un chercheur ou un universitaire, enseignant ou doctorant, accepte ensuite d'être le parrain du groupe et l'accompagne dans son travail. Le binôme enseignant-chercheur reste libre du déroulement de son projet ainsi que de la nature et du nombre des rencontres. Toutes les disciplines scientifiques peuvent travailler dans ce cadre, y compris les mathématiques. Le dispositif concerne tout type d'établissements scolaires, de la maternelle au lycée.

Dans l'Essonne, l'aide de l'institution est relativement légère : elle organise une rencontre entre chercheurs des grands pôles scientifiques (qui ont répondu avec enthousiasme à la demande) et enseignants du primaire et du secondaire. Et, en fin d'année, elle coordonne un forum de tous les projets scientifiques parrainés, où chacun montre son travail sur un stand tenu par des élèves et vient prendre connaissance du travail des autres.

Une telle collaboration peut être mise en place un peu partout en France, à l'échelle individuelle, pour peu que l'enseignant ose aller à la rencontre d'universitaires qui, dans la plupart des cas, sont disposés à répondre favorablement (l'exemple de l'Essonne le prouve) à une telle demande.

L'article de Cécile Kerboul présenté ci-dessous n'a d'autre ambition que de vous montrer comment un tel dispositif a été une aide pour se lancer dans un thème de travail qu'elle avait depuis longtemps envie d'aborder avec ses élèves.

Depuis 4 ans dans l'Académie de Versailles, je n'avais jamais entendu parler de projets scientifiques parrainés jusqu'à ce qu'en octobre dernier une collègue m'invite à une réunion d'information à l'école Polytechnique. L'idée est simple et fort attirante : faire intervenir un scientifique dans nos classes pour aborder un sujet qui nous tient à cœur.

Allez, il faut se lancer : trouver un sujet, puis un intervenant !

Entre les maths et l'art, **les courbes fractales** m'ont toujours laissée rêveuse. Comment cependant aborder ce thème si riche (mais si complexe !) en collège ? Que proposer aux élèves ? Un thésard de l'université d'Orsay (91) accepte de relever le défi !

L'expérience se déroule dans deux classes de 4^{ème} (certains prérequis étant nécessaires : calculs sur les fractions, puissances) sur un créneau de 2 heures consécutives.

Il faut prévoir une calculatrice, deux feuilles A3 par élève, les instruments de construction et les crayons feutres.

Avant de vous présenter le travail effectué, une dernière précision : les activités décrites ci-dessous sont très classiques ; et si vous vous y connaissez déjà en fractals, n'espérez pas trouver ici beaucoup d'originalité, juste peut-être une trame possible dans vos classes !

Déroulement de l'intervention

I. Présentation et mise en évidence des caractéristiques des objets fractals

Cette première partie est entièrement guidée par notre expert en fractals !

1- Présentation d'objets fractals :

Pour introduire le sujet, plusieurs objets fractals sont présentés aux élèves : brocolis, plume d'oiseau, fougère, vaisseaux sanguins de l'œil, flocon de neige, nuages, côte de Bretagne ou de l'Esterel...



2- Mise en évidence des caractéristiques des objets fractals :

A partir des objets présentés, les élèves sont amenés à découvrir les différentes caractéristiques des objets fractals.

→ Principe d'auto-similarité de ces objets.

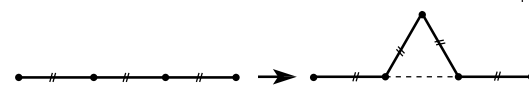
En observant notamment le brocolis et la fougère, les élèves constatent assez facilement qu'un fractal est un objet tel que ses parties ont la même forme ou structure que le tout, à ceci près qu'elles sont à une échelle différente et peuvent être légèrement déformées.

→ Longueur infinie des courbes fractales.

En s'appuyant sur les premières pages de la bande dessinée de **Ian Stewart** « *les fractals* » (Belin), une question se pose : les courbes fractales ont-elles

une longueur finie ?

Pour les élèves, ça relève de



l'évidence ! et il faut vraiment être « matheux » pour se poser ce genre de questions !!!

L'étudiant leur propose alors d'observer « de près » un exemple très célèbre, **la courbe « flocon de neige » du mathématicien suédois Helge Von Koch.**

a) la construction par chaque élève (prévoir 40 minutes)

Etape 0 : On part d'un segment de 30 cm (sur une feuille A3)

Etape 1 : On divise le segment de départ en trois petits segments de même longueur, on enlève le segment du milieu et on le remplace par deux segments de même longueur.

Etape 2 et plus : On applique à nouveau le procédé à chacun des petits segments

Avec les élèves, on s'est arrêté à l'étape 4.

b) la longueur de la courbe à chaque étape (prévoir 20 minutes)

Les élèves s'aperçoivent assez rapidement qu'à chaque étape tous les segments ont la même longueur.

On dresse alors ensemble le tableau suivant, en détaillant les calculs au tableau si nécessaire :

Etape	Nombre de segments	Longueur de chaque segment	Longueur de la courbe
0	1	30 cm	$L_0 = 30$ cm
1	$4 = 4 \times 1$	30 cm	$L_1 = \frac{4}{3}L_0 = 40$ cm
2	$16 = 4 \times 4$	$\frac{10}{3}$ cm	$L_2 = \frac{4}{3}L_1 = \frac{160}{3}$ cm (≈ 53 cm)
3	$64 = 4 \times 16$	$\frac{10}{9}$ cm	$L_3 = \frac{4}{3}L_2 = \frac{640}{9}$ cm (≈ 71 cm)
4	$256 = 4 \times 64$	$\frac{10}{27}$ cm	$L_4 = \frac{4}{3}L_3 = \frac{2560}{27}$ cm (≈ 95 cm)

Et à l'étape 58 ?

$$L_{58} = \frac{4}{3} L_{57} = \dots = \left(\frac{4}{3}\right)^{58} \times L_0$$

$$\approx 530\,000\,000 \text{ m.}$$

À l'étape 58, la courbe* a une longueur proche du rayon terrestre et tient sur une feuille A3...

Nos ados, ébahis, écarquillent les yeux !!!

II - Constructions libres

Dans cette seconde partie, les élèves se voient proposer un polycopié comprenant plusieurs « courbes » fractales avec un descriptif succinct. À eux d'en choisir une et de commencer la construction.

On leur a laissé environ 30 minutes en classe, puis ils ont terminé leur travail en devoir à la maison.

Exemples de constructions proposées à faire sur feuille A3 (cf. marge ci-contre) :

• Le triangle de Sierpinski :

On part d'un grand triangle équilatéral. On divise ce triangle équilatéral en 4 petits triangles équilatéraux, et on enlève le triangle central. On applique à nouveau le procédé à chacun des petits triangles restants.

• Le tapis de Sierpinski :

On part d'un grand carré. On divise ce carré en 9 petits carrés, et on enlève le carré central. On applique à nouveau le même procédé à chacun des 8 petits carrés restants.

• L'hexagone de Sierpinski (la courbe préférée dans mes deux classes !) :

On part d'un hexagone régulier. On remplace l'hexagone par 6 petits hexagones (chacun des nouveaux hexagones est trois fois plus petit que le grand). On applique à nouveau le procédé à chacun des petits hexagones.

• Le fractal « poussière » de Cantor :

On part d'un grand triangle équilatéral. On remplace le triangle de départ par 3 petits triangles qui ne se touchent pas (par exemple, chacun des petits triangles est trois fois plus petit que le grand triangle). On applique à nouveau le même procédé à chacun des petits triangles.

III - Conclusion

En guise de conclusion, notre scientifique nous a parlé rapidement de l'utilisation des fractals au niveau notamment des images de synthèse (modélisation d'objets « naturels » en maths) et nous a montré des exemples surprenants où il était difficile de distinguer réalité et images !

Bilan de cette intervention

Le bilan de cette intervention est globalement positif.

Tous les élèves ont été actifs durant les deux heures (ils n'ont même pas réclamé une pause !).

Le caractère attractif des constructions proposées les a poussés à faire de leur mieux. Et quelle joie pour moi de voir Pierre, élève qui refuse en général tout investissement en maths (et dans les autres matières !), prendre une feuille, commencer la construction du tapis de Sierpinski et demander des explications à l'étudiant !

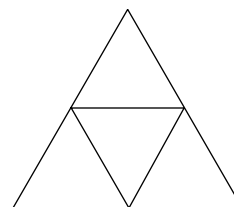
Au niveau des constructions, certains élèves ont rencontré quelques difficultés :

« Quelles dimensions prendre pour la figure de départ ? ».

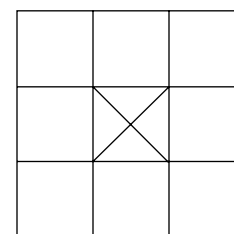
« Comment construire un hexagone régulier ? ».

« Comment partager une longueur (non multiple de 3) en tiers ? Est-ce gênant de prendre une valeur approchée ? »

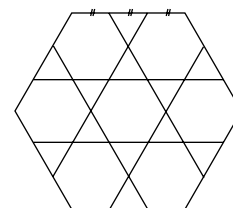
* Le mot « courbe » est utilisé pour désigner des dessins fractals qui ne ressemblent pas forcément à nos courbes ordinaires.



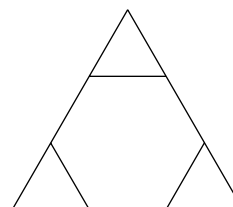
Triangle de Sierpinski



Tapis de Sierpinski



Hexagone de Sierpinski



Poussière de Cantor

Mais après avoir répondu individuellement à leurs questions, chacun a pu progresser à son rythme ; et le résultat est plutôt encourageant... Les constructions ont été, par la suite, exposées lors de la « journée portes ouvertes » de l'établissement.

Le point le plus délicat de cette intervention a été de loin la partie « longueur de la courbe à chaque étape » (I-2 b). La manipulation des fractions n'est pas encore évidente pour tous et « prendre le tiers de ... » pose encore quelques soucis à certains. Il ne faut donc pas hésiter à détailler toutes les étapes du raisonnement pour que chacun puisse en profiter !

Comme vous pouvez vous en douter, la conclusion sur les images de synthèse les a laissés un peu rêveurs et certains élèves, en l'espace de 10 minutes, ont trouvé une nouvelle vocation !

Enfin, participer à ce type de projet permet en prime aux élèves de rencon-

trer des universitaires ou des chercheurs et casse l'idée que ce sont des êtres inaccessibles, cloîtrés dans leurs laboratoires ! Certains élèves en ont d'ailleurs profité en fin de séance pour poser quelques questions : « *Quel a été votre parcours ? C'est dur ?* », « *Que cherchez-vous dans vos labos ? Avez-vous déjà trouvé quelque chose ?* », « *Les maths, ça sert vraiment ?* »...

Seul petit regret de ma part : la soutenance de thèse de l'étudiant qui s'était proposé étant bien évidemment prioritaire, cette intervention a été programmée un peu tardivement dans l'année (au mois de mai) et je n'ai eu ensuite que trop peu de temps pour réinvestir, exploiter et approfondir ce travail.

Il n'empêche que je suis à nouveau partante pour l'an prochain !

L'anti-flocon de neige
(réalisation d'élèves)

