



# The BacteriO'Clock

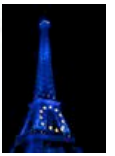
Equipe iGEM Paris

Rapport 2008



FONDATION  
BETTENCOURT  
SCHUELLER





## Avant propos

Vous trouverez ci-après une synthèse des travaux de l'équipe iGEM Paris qui a remporté cette année la médaille de bronze au concours international de biologie synthétique iGEM ("*International Genetically Engineered Machine*"), manifestation qui se déroule chaque année au Massachusetts Institute of Technology (MIT, Cambridge, Etats Unis).

Comme en témoignent les étudiants participants, iGEM est avant tout un programme pédagogique sans équivalent. Il permet en effet à de jeunes étudiants, pour certains inexpérimentés, d'apprendre à monter un labo, construire un projet, le développer en mode collaboratif et interdisciplinaire, avant de le présenter en public dans le cadre d'une compétition opposant plus de 80 équipes issues des meilleures universités mondiales !

Depuis la première participation française à iGEM en 2007, plus de 25 étudiants de niveau Licence 3 à Master 2 d'horizons différents ont pu bénéficier de cette expérience : étudiants en informatique, physique, biologie, pharmacie ou chimie, issus de l'école de l'Inserm/programme Bettencourt, des universités (*Paris Descartes, Paris Diderot, Pierre et Marie Curie, Evry*) des grandes écoles (*Ecole Normale Supérieure, Supelec, AgroParisTech, Mines, Centrale*)... sans oublier des lycéens lauréats de la *Science Académie* !

De plus, le succès éclatant de l'équipe iGEM Paris 2007, couronnée du 1er prix de Science Fondamentale, a permis de rassembler et mobiliser une nouvelle communauté des chercheurs en biologie synthétique en France, avec le concours de représentants des principaux organismes de recherche (*INSERM, CNRS, INRA, INRIA*) et de cinq universités.

Nous devons le succès de notre projet cette année (Médaille de bronze) aux talents des étudiants et au dévouement de leurs encadrants et conseillers, mais également aux nombreux partenaires qui nous ont soutenus.

Nous tenons ainsi à remercier chaleureusement la **Fondation Liliane Bettencourt-Schueller** pour sa très généreuse contribution, qui a permis au projet iGEM Paris 2008 de voir le jour. A noter que l'équipe 2008 laisse aux futurs projets iGEM des investissements importants réalisés en matériels de laboratoires grâce à la Fondation.

Un grand merci à **Paris Centre Universités** (*Paris Descartes, Paris Diderot, Paris La Sorbonne*) pour son important concours financier.

Merci également à **l'Université d'Evry et l'INRIA**, à **l'Ambassade de France aux Etats Unis**, au **GdR CNRS BIM** et à la société **Qiagen** pour leurs donations et à l'accueil chaleureux des membres de **l'Unité 571 INSERM**.

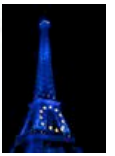
Rien n'aurait été possible enfin sans le précieux concours de l'Université **Paris Descartes et de sa Faculté de Médecine** qui nous ont accueillis dans leurs locaux.

Par ce rapport, nous espérons motiver tous ceux qui, de près ou de loin, pourront nous aider à poursuivre cette aventure, où étudiants et chercheurs peuvent s'unir pour pratiquer de la science de haut niveau et représenter ainsi fièrement notre communauté à l'étranger.

Pour l'équipe Paris iGEM 2008,

Ariel B. Lindner, Responsable de l'équipe  
Professeur associé  
Faculté de Médecine, Université Paris Descartes  
INSERM U571

Samuel Bottani  
Maître de Conférences,  
UFR de Physique, Université Paris Diderot



## 1. Introduction

### 1.1 La biologie Synthétique

Fondée sur des principes d'ingénierie, la biologie synthétique a pour objectif la conception et la réalisation de systèmes complexes fondés sur la biologie, et qui remplissent des fonctions n'existant pas dans la nature. Cette perspective d'ingénierie implique le développement de standards de constructions qui permettront de disposer d'un répertoire de composants biologiques pouvant s'assembler facilement les uns avec les autres pour l'assemblage des machines biologiques à la manière des composants standardisés de circuits électroniques. La construction d'unités complexes demande l'utilisation, encore inhabituelle en biologie, de modélisations mathématiques pour faire de la conception assistée par ordinateur (CAO) de systèmes biologiques.

### 1.2 La compétition iGEM

Organisée par le MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), la compétition iGEM réunit depuis 2004 des équipes d'étudiants venant d'universités du monde entier pour inventer des systèmes biologiques synthétiques (\*). iGEM s'est rapidement imposée comme un moyen ouvert, ludique et remarquablement efficace pour susciter chez les meilleurs étudiants biologistes, chimistes, informaticiens, physiciens ou ingénieurs, des vocations de chercheurs et d'entrepreneurs. En stimulant l'inventivité et l'esprit d'équipe des étudiants, elle a suscité un foisonnement d'idées ambitieuses dont certaines ont donné lieu à des publications dans les plus grandes revues scientifiques mondiales comme *Nature*. Enfin, en catalysant l'émergence de la biologie synthétique, iGEM participe à une véritable révolution dans la manière de pratiquer la biologie, qui fait la part belle à l'open-source et à la standardisation, et dont de nombreux scientifiques anticipent des retombées industrielles très significatives.

L'édition 2007 a vu la première participation d'une équipe française – notre équipe iGEM Paris, qui était récompensée, parmi 57 équipes, par le Premier prix de *Science Fondamentale* ainsi que par une Médaille d'or pour son travail sur un organisme multicellulaire à partir de bactéries

L'édition 2008 d'iGEM est la plus importante à ce jour, avec 84 équipes issues du monde entier, rassemblant plus de 1200 étudiants participants et dotée cette année de critères d'évaluation des réalisations beaucoup plus sévères que lors des éditions précédentes. Des projets très variés, y ont été présentés : la reprogrammation de bactéries comme vaccin contre les ulcères et les cancers gastriques, pour filtrer les toxines dans le sang et remplacer la dialyse dans les pathologies rénales, pour produire du courant électrique, pour détecter des toxines dans l'environnement et communiquer directement avec des appareils de mesure électroniques, des levures pour mesurer des quantités d'alcool et fabriquer des éthylotests, ainsi que de nombreuses autres contributions sur les fondements scientifiques, dont celle de l'équipe parisienne.

(\*) Site Internet iGEM : [http://parts.mit.edu/igem07/index.php/Main\\_Page](http://parts.mit.edu/igem07/index.php/Main_Page)



## 2. Déroulement des activités de l'équipe

### 2.1. Le Club SynBioSys

La première participation d'une équipe française à la compétition iGEM avait été le résultat des activités du club de Biologie Synthétique organisé l'année Universitaire 2007/2008 dans le cadre du Master 2 "Approches Interdisciplinaires du Vivant" (AIV). Suite à cette expérience de la compétition iGEM, le club s'est reconstitué pour l'année universitaire suivante en s'intitulant club SynBioSys, faisant référence cette année à la fois à la Biologie Synthétique et Systémique et visant l'étude des notions essentielles dans ces deux domaines.

Réuni à partir du mois de décembre 2007, ce club a rassemblé de 15 à 20 membres actifs issus de formations supérieures très variées et de disciplines différentes, des sciences de l'ingénieur à la chimie, en passant par les mathématiques, la génétique, etc. se retrouvant toutes les deux semaines au Centre de Recherches Interdisciplinaires (CRI) avec les encadrants de l'équipe.

Mues par l'esprit de partage et d'interdisciplinarité propre au CRI, les réunions du club ont eu lieu toutes les deux semaines, avec cette année le choix de baser les sessions sur l'étude du livre "*An Introduction to Systems Biology - Design Principles of Biological Circuits*" de Uri Alon (*Institut Weizmann/ Harvard*). Ecrit par un des chercheurs les plus originaux et actifs dans le domaine, cet ouvrage fait déjà figure de classique et développe notamment tous les fondements biologiques et mathématiques pour l'étude de circuits génétiques indispensable à la biologie synthétique. Les sessions étaient préparées par des binômes d'étudiants volontaires, assistés au besoin par les chercheurs participant au club, et présentant les différents chapitres successifs du livre.

C'est donc naturellement que l'engouement pour cette science nouvelle s'est maintenu et transformé en réelle motivation pour la constitution d'une nouvelle équipe parisienne à la compétition iGEM.

### 2.2 Constitution de l'équipe Paris iGEM 2008

Tous les participants au club SynBioSys ne pouvant pas se mobiliser pour iGEM durant l'été, une campagne de recrutement a été lancée courant mars 2008 auprès d'étudiants d'établissements parisiens par le biais d'affiches, de publication d'annonces sur des sites web ou forums étudiants, ainsi que d'interventions au sein de classes.

Une première réunion de lancement de l'équipe a eu lieu le 7 Mai 2008 et a permis de constituer un groupe de 15 étudiants motivés ainsi qu'une équipe d'encadrement étoffée d'anciens membres de l'équipe 2007 et de chercheurs membres de grands organismes de recherche dans de nombreuses disciplines (*présentés en Annexe I - Participants*).

A celle-ci a succédé un rythme intense de réunions hebdomadaires focalisées sur l'étude de projets iGEM des années précédentes et des techniques nécessaires à la compétition. En particulier les bases du système des "BioBricks" pour la réalisation des assemblages de molécules d'ADN portant les systèmes génétiques, et d'autre part les méthodes de modélisation. Au mois de juillet 2008, l'équipe a accueilli durant trois demi-journées un groupe de lycéens de la Science Académie (\*) pour leur présenter les différentes facettes d'un travail de recherche et de laboratoire. Deux élèves de la Science Ac' ont poursuivi leurs interactions avec l'équipe en participant au travail durant l'été et l'un d'eux est même venu comme membre à part entière de l'équipe à la présentation officielle à Boston en novembre 2008 !

(\*) Site Internet Science Académie : [www.scienceacademie.org](http://www.scienceacademie.org)

## 2.3 Construction du projet

Rapidement le travail collectif a dû se concentrer sur le choix d'un projet susceptible de solliciter les compétences diverses et véritablement complémentaires des étudiants rassemblés dans le cadre d'échanges et de science décrits plus haut. Les mois de mai et juin 2008 ont donc été ponctués de nombreuses soirées, journées et week-ends de débats, avec pour objectif d'imaginer un maximum de projets potentiels et de s'offrir alors un véritable choix avant d'entrer de plain-pied dans la compétition. Le contact avec les chercheurs encadrants a été un facteur moteur pour la créativité et l'enthousiasme des étudiants, conscients de vivre une expérience aux frontières scientifiques et technologiques les plus actuelles. En parallèle de ce travail préparatoire, différents membres de l'équipe et des encadrants se sont occupés de réunir les moyens matériels, les locaux et les soutiens financiers nécessaires au projet.

Cette année, l'équipe a obtenu un soutien très généreux (50.000€) de la Fondation Bettencourt-Schueller, permettant d'envisager sereinement le travail dès l'été.

Des soutiens complémentaires ont été obtenus sur concours par le réseau Paris Centre Universités réunissant Paris La Sorbonne, Paris Descartes et Paris Diderot (20.000€), l'Ambassade de France à Washington (8.000€), la société Qiagen (8.000€), le laboratoire IBISC de l'Université d'Evry (6.000€), le GdR BIM et l'INRIA (2.000€).



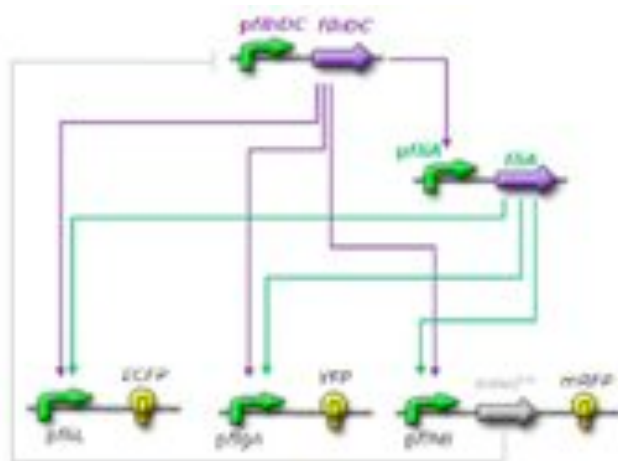
Les locaux, une pièce de paillasse humide et une salle attenante pour les réunions et le travail informatique, ont été mis à disposition par la Faculté de Médecine de l'Université Paris Descartes. Enfin l'équipe a bénéficié durant l'été du soutien logistique du Laboratoire TaMaRa INSERM U571.

## 2.4 Description du projet

A l'occasion d'un week-end marathon de travail début juillet au cours duquel 4 propositions de projets ont été discutées et étudiées collectivement, les étudiants de l'équipe ont convenu par eux-mêmes, sans la participation des encadrants au vote, du sujet qu'ils souhaitent développer. Intitulé "*BacteriO'Clock*", l'objectif du projet était la construction d'une chaîne de fabrication moléculaire pour contrôler l'assemblage des pièces successives de constructions à l'échelle cellulaire.

Pour coordonner dans le temps chaque étape de production l'une après l'autre, l'équipe s'est inspirée de circuits des queues électroniques et informatiques nommées FIFO (First In First Out) dans lesquels l'ordre d'activation de tâches successives correspond à l'ordre de leur arrêt (le premier processus actif sera le premier terminé). Une telle queue d'exécution optimise l'usage des ressources car chaque étape se déroule juste le temps nécessaire. Le dispositif conçu par l'équipe dans une bactérie, permet l'allumage successif d'une séquence de gènes et leur extinction dans le même ordre d'une manière robuste face aux fluctuations et au bruit auquel sont soumises naturellement les cellules. Le design utilisé a été inspiré par un circuit de contrôle génétique bactérien utilisé pour la fabrication du système de propulsion de ces cellules et qui faisait l'objet d'une discussion dans le livre de Uri Alon étudié par le club SynBioSys. En guise d'application l'équipe a aussi exploré la possibilité de placer cette chaîne d'assemblage au sein d'un circuit pouvant générer des répétitions périodiques de son fonctionnement.

Figure 1 : Diagramme du système développé avec trois gènes à contrôler.



Les trois ampoules représentées dans le bas (notées ECFP, YFP, mRFP) correspondent aux trois gènes dont l'activité doit être ordonnée dans le temps. Ces gènes sont sous le contrôle de deux gènes régulateurs (flhDC et fliA). L'activité du système dépend des "forces" associées à chaque flèche qui représente une interaction génétique. Un tel schéma ressemble à un circuit électronique. Pour programmer de tels circuits la biologie synthétique demande le développement de modèles théoriques et de logiciels de simulations pour prédire les comportements.

## 2.5 Installation du laboratoire

Les pièces mises à disposition étant vides, le travail pratique de l'équipe a commencé par l'équipement et l'installation complète d'un laboratoire de biologie moléculaire pour les étudiants, grâce au soutien de la Fondation Bettencourt Schueller. L'essentiel de l'équipement de base des paillasses a dû être acheté pour cela, quant à l'équipement plus lourd il a été mis à disposition par le laboratoire TaMaRa, quatre étages plus bas dans le même bâtiment. La pièce informatique attenante a été équipée en même temps avec l'achat de trois ordinateurs par le laboratoire d'informatique IBISC d'Evry. Une fois la phase d'organisation passée, les phases actives de conception théorique et de réalisation biologique ont pu commencer dès la seconde semaine de juillet.

## 2.6 Déroulement du projet

L'équipe s'est organisée de façon naturelle en deux pôles, l'un s'occupant des expériences de biologie nécessaires (9 étudiants), et le second se consacrant aux activités de modélisation associées (5 étudiants). Cette combinaison d'approches est propre à la biologie synthétique et une des caractéristiques principales de formation de la compétition iGEM. Les interactions entre les deux parties du projet ont été particulièrement étroites, grâce à la proximité des salles de travail, et ont permis d'avancer par itérations successives.

Le déroulement du projet, hormis les journées (et nuits parfois) passées au laboratoire, s'articulait autour de réunions hebdomadaires avec l'ensemble des encadrants, permettant ainsi un suivi efficace du projet ainsi que des conseils avisés en temps et en heure. Durant juillet et août, une rotation des étudiants et encadrants a permis de poursuivre le travail sans interruption; en outre, l'équipe a appliqué de bonnes pratiques de laboratoire avec la tenue de cahiers de suivi et le remplissage quotidien d'un cahier de laboratoire en ligne sous la forme d'un wiki sur le site officiel iGEM de l'équipe (\*).



*Lors d'une réunion hebdomadaire dans le laboratoire.*

*De gauche à droite :*

*Hugo Ragnet,  
Romain Rousseau,  
Tazzio Tissot,  
Benoit d'Ayer.*

A partir de septembre, la plupart des étudiants ont repris leur cursus et l'activité collective sur le projet a diminué. Le travail expérimental s'est néanmoins poursuivi grâce à l'engagement exceptionnel de certains équipiers ayant presque élu domicile au laboratoire ! Ces efforts poursuivis jusqu'à la fin octobre ont permis de rattraper des problèmes de conception de séquences d'ADN retardant l'expérimentation et de conduire l'essentiel des réalisations biologiques prévues ainsi que de faire la caractérisation du fonctionnement de certaines.

Durant ce mois l'équipe dispersée sur la région parisienne a dû se mobiliser à nouveau en parallèle des engagements et études de chacun pour préparer la communication sur le projet destinée à la compétition. En particulier un second week-end marathon de travail a été consacré début octobre à la préparation du site web wiki final officiel exigé par la compétition pour présenter le travail de l'équipe. Fin octobre, l'équipe a pu achever la finalisation du wiki et la préparation du poster pour l'exposition des travaux des équipes au MIT lors du final de la compétition, appelé le Jamboree.

(\*) site Internet iGEM Paris 2008 : <http://2008.igem.org/Team:Paris>

### 3. Résultats obtenus

Suite à un travail bibliographique intensif et de nombreuses heures de discussion, nous avons été amenés à proposer et implémenter des modèles prédisant qualitativement le comportement du système biologique en construction, et avons alors été conduits à envisager différentes modifications du plan d'expériences prévues. Par ailleurs, le travail théorique poussé entrepris a aussi permis la description d'un nouveau standard de caractérisation des éléments génétiques au cœur de la biologie synthétique, et ce, en vue de proposer un modèle aussi complet et proche des réalités du laboratoire que possible.

Du côté expérimental, après beaucoup d'efforts, l'équipe est parvenue avec succès à fabriquer les différents composants génétiques du système planifié. En outre ces réalisations ont pu être mises en œuvre pour obtenir la preuve de principe de la validité du système conçu.

Ces résultats ont démontré le succès de notre approche en termes de contrôle de l'expression de la fluorescence par les promoteurs synthétisés à partir du système flagellaire en réponse à des signaux externes de choc osmotique et de nutriments.

### 4. Le Jamboree au Massachusetts Institute of Technology



*Dernières finalisations en direct du MIT durant le Jamboree*



*La présentation officielle au Jamboree*

Une fois aux Etats-Unis, le déroulement était le suivant : chaque équipe disposait le vendredi soir d'un créneau d'une demi-heure pour répéter, le samedi étant dédié aux présentations des quatre-vingt équipes venues partager leurs travaux. Les quelques pauses de la journée étaient consacrées à la présentation du poster aux étudiants, chercheurs et membres du jury de la compétition qui souhaitaient en apprendre davantage sur le projet proposé.

Les deux jours du Jamboree au MIT sont un rassemblement d'équipes et de projets formidables. La compétition est organisée en deux volets: (i) une présentation orale de 30 minutes par équipe (6 sessions avaient lieu de parallèle) et (ii) une session de posters. C'est seulement durant la session de posters que les membres des différentes équipes rencontrent la plupart des juges et l'ensemble participants (plus de 850).



A cette occasion le projet de notre équipe a été perçu avec grand enthousiasme par la plupart des juges et tous les participants. Notre poster a clairement été l'un des plus populaires et a ce fut l'occasion pour nos étudiants de communiquer directement sur leur travail auprès des étudiants d'autres équipes, de chercheurs renommés et des membres du jury. Pour cette partie, nous avons reçu de nombreuses félicitations d'experts scientifiques mondiaux (à la fois collègues chercheurs et de juges). Et cela a même permis à plusieurs étudiants d'iGEM Paris 2008 de recevoir des offres pour des stages ou des études aux Etats-Unis !

Un point faible des deux journées a cependant été la présentation orale décevante : malgré le réel engouement suscité par le projet et le poster d'iGEM Paris 2008, la présentation a en effet connu divers imprévus, certainement dus au stress et à la fatigue accumulés les dernières semaines. Etant donné le niveau des étudiants, leur investissement dans le projet ainsi que les résultats obtenus, ils n'ont pas satisfait ici à nos attentes objectives.

Cependant, la grande qualité des travaux entrepris a été louée par les différents observateurs, si bien que le projet a réellement tenu son rang parmi ceux des universités les plus prestigieuses.

Enfin, le soir, six finalistes étaient désignés pour présenter à nouveau dimanche, devant l'ensemble des participants d'iGEM, et des prix furent distribués en clôture de l'évènement. Du point de vue du résultat de la compétition, nous avons obtenu cette année la Médaille de bronze (ainsi que 35 des 84 équipes). En outre, nous pensons que notre recours en reclassement en médaille d'argent (10 équipes distinguées) a de bonnes chances d'être accepté.

Au final, la compétition était de très haut niveau, avec une tendance à la professionnalisation du fonctionnement des équipes. Avec les nouveaux critères de qualification, plus rigoureux en 2008, de nombreuses équipes n'ont obtenu aucune distinction, parmi lesquelles on peut citer celles présentées par des établissements prestigieux tels que Peking University, Duke, Princeton...



*Fraternalisation entre les équipes !  
Ici l'équipe de Paris avec l'équipe slovène,  
gagnante du Grand prix.*



*Les équipes en compétition vues du ciel*

Bien entendu, en marge de l'agenda officiel, les échanges informels avec les éminents scientifiques présents, ainsi qu'avec les étudiants du monde entier ont été source de nombreux contacts. On retiendra les nombreuses sollicitations des étudiants de l'équipe, en particulier pour des stages dans les plus grands laboratoires, opportunités sur lesquelles ils sauront certainement s'appuyer pour donner tout l'élan nécessaire à leurs futures démarches scientifiques.



## Conclusion

iGEM est avant tout un programme éducatif très condensé et excitant. Il offre la possibilité à des jeunes étudiants sans aucune expérience préalable d'apprendre le fonctionnement d'un laboratoire, d'un projet, d'un travail collaboratif interdisciplinaire, du travail de communication comme autant d'éléments essentiels nécessaires pour la réussite d'un projet compétitif internationalement. C'est sur le succès de cette expérience que les réalisations de l'équipe ces derniers mois peuvent être jugés très favorablement ainsi que l'attestent les témoignages des étudiants recueillis au terme de cette aventure (en annexe II).

Cependant, pour un meilleur fonctionnement l'année prochaine, il convient de faire des efforts sur les points suivants:

- **Calendrier** : avoir un projet défini dès le 1er juin 2009, finir les travaux pour le 1er octobre 2009, afin de conclure par un mois exclusivement dédié à la préparation des présentations orales, au poster ainsi qu'aux répétitions.
- **Etudiants** : sélectionner un maximum de 10 étudiants (5 expérimentateurs et 5 théoriciens) s'engageant à consacrer trois mois à temps complet au projet iGEM. Assurer pour ceux-ci la reconnaissance de leur travail iGEM par leurs cursus d'études respectifs.
- **Encadrants** : assurer la présence d'un encadrant entièrement dédié au suivi continu durant la totalité de la période juin/novembre 2009. Il pourra s'agir éventuellement d'un postdoc de qualité, ayant l'expérience d'une participation à iGEM, recruté avec une bourse de 6 mois pour cette tâche.  
Obtenir la reconnaissance de l'encadrement d'iGEM dans le cadre de charge d'enseignement pour des enseignants chercheurs éventuellement impliqués.  
Incorporer les meilleurs étudiants des éditions précédentes dans l'équipe d'accompagnement.
- **Communication** : avoir un responsable de communication actif dès le début du projet. Communiquer aussi sur des actions de vulgarisation et d'enseignement comme la Science Ac'.
- **Management** : mettre en place un comité de direction plus formel pour l'organisation et le suivi de l'équipe.
- **Collaborations** : face à l'accroissement du nombre d'équipes en lice pour iGEM 2009, il serait souhaitable d'unir nos forces à celles d'une (d'autres) équipe(s) dans le cadre d'un projet commun, pour se mesurer à des compétiteurs de plus en plus ambitieux. L'équipe de Peking a proposé une telle collaboration qui devra être étudiée positivement.

## Annexe I - L'équipe



L'équipe dans le laboratoire

### **Etudiants**

Alexandra Bouaziz, Pharmacochimie, Master SPGF, Université Paris7 Diderot  
 Philippe Bouaziz, Physico-chimie, M2 Approches Interdisciplinaires du Vivant, Université Paris 5 Descartes  
 Guillaume Bouchard, Lycée Jean Perrin de Lyon  
 Fanny Caffin, Biologie moléculaire et cellulaire, Master en cancérologie, Université Paris 11 Orsay  
 Benoît D'Hayer, Pharmacie et Génétique, Master Européen de Génétique, Université Paris Descartes  
 Audrey Desgrange, Biologie, ICES  
 Ana Jimenez, Biologie, Master Européen de Génétique, Université Paris 7 Diderot  
 Cyprien Maisonnier, Biologie, ENS  
 Kok-Phen Yan, Biochimie, M2 Biologie Moléculaire et Génétique, Université Paris 6 Pierre et Marie Curie  
 Felipe Golib, Mathématiques, Master Approches Interdisciplinaires du Vivant, Université Paris 5 Descartes  
 Louis Hedde, Ingénieur, Ecole des Mines  
 Yann Le Cunff, Mathématiques appliquées, Supelec  
 Hugo Raguét, Ingénieur, Ecole Centrale  
 Romain Rousseau, Ingénieur Biotechnologie, ParisTech

### **Encadrants**

Grégory Batt, INRIA Roquencourt  
 David Bikard, Institut Pasteur  
 Samuel Bottani, Université Paris 7 Denis Diderot  
 Ariel Lindner, Université Paris Descartes, Inserm (coordinateur)

### **Conseillers**

Aurélien Rizk, INRIA  
 Gilles Vieira, Genoscope Evry

### **Aide scientifique**

Franck Delaplace et Jean Louis Giavitto, Université d'Evry  
 Olivier Michel, Université de Créteil  
 Richard Emmanuel Eastes, ENS, IHES  
 Anne Le Goff, Paris Montagne/Science Ac'



## Annexe II - Témoignages des étudiants



### **Yann Le Cunff (Supelec, Master AIV, Ecole Doctorale FdV)**

Ayant suivi un double cursus l'année passée, école d'ingénieur Supelec/Master 2 "Approches Interdisciplinaires du Vivant", j'ai pu être amené à m'impliquer dans le club Synbiosys, au sein duquel étaient discutées les notions essentielles de la biologie synthétique, puis dans l'équipe iGEM Paris 2008.

Il est certainement prématuré d'espérer tirer des enseignements précis concernant l'impact, sur le plan scientifique comme sur le plan humain, de mon implication au sein de l'équipe iGEM Paris 2008. Cependant, je nourris la conviction que toutes les étapes du déroulement du projet, des discussions initiales à la présentation finale, me sont déjà des expériences précieuses.

Dans l'esprit d'ouverture et d'interactions fortes entre chercheurs et étudiants cher au CRI, j'ai pu pleinement profiter du recul vis-à-vis de la science que peuvent avoir des biologistes et théoriciens expérimentés, et ce dès les phases initiales du projet.

Pouvoir tester son questionnement à la lumière du savoir accumulé par les encadrants présents me restera un souvenir auquel je me suis déjà référé et me référerai encore.

J'ajouterai qu'ensuite, les mois passés à s'organiser, à jongler avec les agendas et les impondérables, toujours à travailler sans relâche, ont bien plus de valeur à mes yeux que tous les cours de "Gestion de projet" que j'ai pu recevoir au cours de ma formation. Les interactions que j'ai pu avoir courant novembre, notamment avec des étudiants de Master 1, qui devaient eux aussi mener un projet, m'en ont intimement persuadé.

Bien évidemment, l'attrait de l'interdisciplinarité s'est également révélé être une grande source de motivation et la diversité des profils des étudiants et encadrants l'a définitivement garantie. Réussir à instaurer une communication pertinente entre les techniques et concepts de pointe de différentes sciences a été le fruit de nombreuses heures passées à trouver le vocabulaire et les exemples adéquats. Ces acquis, bien plus complexes qu'ils ne paraissent, me resteront assurément d'une grande aide.

Il me faut mentionner également Boston, le MIT et les échanges qui y ont eu lieu. La convivialité et le plaisir de la science étaient présents depuis le début, ils ont trouvé un écho extraordinaire au contact des équipes d'étudiants du monde entier. L'équilibre, que je trouve crucial, entre présentations formelles et discussions informelles s'est poursuivi aux Etats-Unis et, grâce à cela, j'ai eu la chance de découvrir des travaux réellement fantastiques et des chercheurs et étudiants qui le sont tout autant.

Si bien qu'aujourd'hui, je n'hésite pas une seconde à me tenir disponible pour l'équipe qui pourrait se construire en 2009, en espérant permettre à de nouveaux étudiants de saisir la même incroyable opportunité qui m'a été offerte.



### **Louis Hedde (Ecole de Mines de Paris)**

Suite à la présentation que nous avons eue à l'Ecole des Mines, j'ai de suite été tenté de participer au projet iGEM. C'était en effet une occasion unique de découvrir la recherche dans un domaine très nouveau, une discipline jeune où les bases sont encore à poser. De plus, la biologie était pour moi un domaine peu connu, et c'était un défi pour moi de réussir à trouver ma place en tant qu'ingénieur et pas uniquement comme « mathématicien ».

En effet, je n'avais pas le temps en quelques mois de devenir un spécialiste de la biologie synthétique, et ce n'était pas le but. J'ai beaucoup appris en réfléchissant à quelles seraient les connaissances fondamentales à acquérir, d'autant plus que je ne les ai pas acquises « en lisant des manuels » mais grâce aux explications des biologistes (que je remercie par ailleurs). Ainsi l'expérience a été d'autant plus enrichissante que le projet était interdisciplinaire. Notamment, cela m'a permis de mieux comprendre comment pouvaient travailler des universitaires, d'assimiler leurs méthodes de travail. Le monde universitaire est en effet bien différent de celui des écoles d'ingénieurs, et chacune des formations propose des méthodes qui lui sont propres. Or, j'ai appris à iGEM qu'elles étaient complémentaires. L'exemple le plus marquant a été dans l'analyse d'article, et dans la rédaction du wiki. Nous avons fait un travail de bibliographie conséquent, et ca a été l'occasion pour moi d'apprendre à aller à l'essentiel dans un article, sans forcément comprendre tous les détails.

En parallèle, les quelques jours que nous avons passé à étudier et à critiquer (au sens fort) certains articles étaient primordiaux. Cela permet de comprendre comment sont présentées les informations dans un article, comment sont masqués certains détails qui peuvent fâcher, et comment le contenu peut être embelli par rapport à la matière concrète initiale par des méthodes simples (normalisation quand tu nous tiens...).

Enfin, le fait de devoir rédiger un wiki, et passer des heures à vérifier la pertinence de chaque mot et chaque phrase est un enseignement absolument nécessaire quelle que soit la formation initiale.

J'ai d'ailleurs commencé à réfléchir, avec mon directeur des études, à la création d'un cours à ce sujet à l'école. Que ce soit dans le monde de la recherche ou de l'entreprise, chacun y est confronté, et cette partie du travail est très souvent mal réalisée; ainsi un travail fondé et approfondi peut ne pas trouver d'échos si le rapport le présentant n'est pas efficace.

Enfin la manière dont l'équipe est organisée est un enseignement en soi. Il est rare de voir une équipe composée de spécialistes pouvoir fonctionner de la sorte. Le fait de devoir créer une interaction wet-lab/dry-lab et de la gérer au fur et à mesure de l'avancée du projet m'a beaucoup apporté, car il s'agit :

- de comprendre très rapidement de quoi parlent les autres alors que le sujet est techniquement difficile,
- de savoir expliquer clairement, et rapidement, son sujet aux autres.

De plus, l'organisation (students, advisors, supervisors) était excellente, car on avait un « encadrement à la demande ».

Ceci a eu, à mon avis, pour effet de faire que :

- chacun se sente plus responsabilisé,
- chacun soit contraint à comprendre le sens profond de ce qu'il fait, et ne peut donc pas se contenter d'appliquer naïvement un processus,
- les différentes personnes se sont elles-mêmes organisées en fonction de leurs affinités et de leurs points forts, et ont donc initié personnellement au moins l'un des aspects du projet,
- chacun soit responsable d'une partie de la motivation de l'équipe.

(suite en page suivante)



Il est rare de participer à un projet en tant que «spécialiste» où de tels éléments sont réunis, mais avec un encadrement extrêmement intéressant en parallèle.

Pour résumer, malgré la perte nécessaire de productivité (dans le cadre du concours) le fait que nous ayons dû nous roder pour fonctionner efficacement en équipe, même si ce rodage a duré longtemps, est un enseignement.



**Felipe Golib (Master AIV, Ecole Doctorale FdV)**

My experience with *iGEM* started one year ago when I was invited to attend a talk about synthetic biology. After that I start to learn more about this field by following regular meetings at CRI (<http://www.cri-paris.org/>) in *The SynBioSys Club* (<http://biosynthetique.free.fr/>).

In order to gather the basic concepts of synthetic biology we studied a book and we analyzed several articles. By the end of the academic year, other members of *The SynBioSys Club* and I consider the possibility to participate in *iGEM* 2008 (<http://2008.igem.org/>).

At the beginning of the activities of the *iGEM* team, we gather quite a lot of ideas and possible projects to implement during the summer. In my opinion, this was the more difficult part since we needed to design, analyze, present, discuss, enhance and validate the proposed alternative projects. It took us a long time to come out with our finally selected project. May be too much time !

Once we focus our energies in a single project for the 2008 competition, we collectively search from literature looking for useful references that helped us to develop our project. In addition, three main axes of activity were pointed out, related with : biology, mathematics and communication. I helped mainly in the modeling part of the project since most of the time I was having fun with equations and simulations. However, I enjoyed also my participation in biology and communication activities. For instance, from the biological aspects of the project I had the opportunity to use and better understand the concepts that I learned from *The SynBioSys Club*.

Also, from the communication point of view, some of my team mates and I interacted with young students from the 'Science academy' to explain them our project and how we can put mathematics in practice.

The Jamboree is one of the most important events in *iGEM*. During this activity, there was such a huge diversity of people, projects and ideas that I forgot we were in a competition and I just enjoyed the presentations, the posters and the interactions like if I were in a conference. People was kindly presenting their methods and works, I greatly enjoyed the poster session. Most of the participants spoke English so I was easy to interact with them. Facilities provided by the hosting institution gave us a welcoming, stimulating and pleasant journey during the Jamboree.

Some of my teammates, other team members of *iGEM* 2008 competition and I agree in the fact that *iGEM* competitions have a clear evolution towards more descriptive, more competitive, more complex and better characterized projects.

In this view, the contribution of this event to the synthetic biology community opens new challenges to its active members and also for newcomers.



**Alexandra Bouaziz (Master SPGF, Paris Diderot) et Philippe Bouaziz (Master AIV)**

Comment exprimer toute notre reconnaissance à iGEM grâce auquel, nous avons pu découvrir un autre aspect de la recherche que celui que nous connaissions déjà ? En effet, iGEM nous a offert une approche originale, voire unique, de la biologie Synthétique.

Sur le plan social et scientifique, nous avons vécu une expérience enrichissante, car nous nous sommes retrouvés ensemble, bien que venant de milieux géographiques et sociaux divers. Nous avons rencontré des étudiants de tous âges, de toutes professions, tissant des liens de travail avec nous et luttant pour un même objectif scientifique que nous avons essayé de mener à bien du début (sélection du projet) jusqu'à la fin avec les derniers détails (élaboration de posters) et présentation soignée de notre travail.

Tout était basé sur l'entraide, le sens des responsabilités, le sens de l'engagement. Et nous avons été étonnés de voir qu'avec les différents métiers et grades de nos membres, biologistes, pharmacochimistes, mathématiciens, étudiants de grandes écoles,... des jeunes lycéens motivés s'étaient joints à nous pour ce grand projet, bien encadré par les anciens qui avaient déjà l'année dernière reçu le Prix de la recherche fondamentale et la Médaille d'or.

Ce projet d'aspect multidisciplinaire, brisant toute frontière, âge, pays, nous a passionnés, car chacun a apporté avec lui, son expérience, son bagage intellectuel, ses innovations, et souvent son bon caractère, ses éclats de rire, ses leçons de courage, ou parfois sa morosité, vite effacée par le groupe.

Notre désir d'être ensemble, de parler à tête reposée de notre projet, nous a réunis autour d'un bon café ou chocolat chaud, où nous nous sommes exprimés sur notre manière de voir les choses, complémentaire.

Nous avons pu développer, notre sens de la gestion, car iGEM nous a mis face à la réalité de la vie de laboratoire, nous a fait réaliser que nos ressources étaient parfois limitées et que notre comptabilité ne nous permettaient pas d'écart. Et en conséquence, nous avons compris comment nous gérer dans la vie.

Ce voyage a donc été, pour nous tous, une révélation sur le plan intrinsèque, mais aussi sur le plan social, et nous avons été fiers de représenter Paris iGEM aux USA, mais aussi nous avons été heureux de découvrir un Continent nouveau, l'Amérique, avec d'autres étudiants venant de tous les pays du monde, des contacts nouveaux avec une approche nouvelle de la Biologie, et complémentaire.

Nous remercions les fondateurs d'iGEM et nos directeurs de nous avoir permis de réaliser notre projet scientifique, dans ces conditions enrichissantes qui resteront gravées dans notre cursus et dans notre mémoire.



### **Hugo Raguet (Ecole Centrale)**

*C'est Hugo, petit ingénieur qui veut devenir grand chercheur ! Cela fait un petit bout de temps que je souhaitais, à la fin de l'aventure iGEM 08, te remercier pour ton investissement, ta passion, et pour ce que tu représentes à mes yeux : un chercheur intelligent, socialement subtil et ouvert. Si ça pouvait t'être une petite gratification, je prends la peine de te dire que l'iGEM a été une des expériences les plus enrichissantes que je n'ai jamais eues.*

J'ai découvert le club 'SynBIOSys' – affilié au CRI, Centre de Recherches Interdisciplinaires de l'université Paris V – dédié à la *biologie synthétique*, au cours du deuxième semestre de l'année dernière, dans le cadre d'une des premières réunions sur l'iGEM. J'étais alors en première année d'école d'ingénieur (Ecole Centrale Paris), et cherchais à me rapprocher des cursus universitaires pour découvrir les métiers de la recherche. J'y ai découvert des gens passionnés, de formations et d'horizons très variés, ainsi qu'un formidable désir de créativité ; j'ai immédiatement voulu me joindre à l'équipe parisienne de cette édition de l'iGEM *competition*.

La période de découverte (de l'équipe, des instructeurs, de la compétition) et de réflexion préliminaire a été très stimulante. J'en retiendrai une sensation de possibilités illimitées, de création intellectuelle et de réflexion commune et constructive avec des personnes partageant la même passion ; sensation qui, je pense, est condition *si ne qua non* de toute initiative, en particulier concernant la recherche scientifique. Cette impression est restée en moi tout au long de l'aventure, certes modulée par les différents obstacles rencontrés, mais finalement sublimée par l'expérience acquise et le travail réalisé.

Plus pragmatiquement, participer à l'iGEM fut indéniablement formateur. En particulier pour moi qui viens d'école d'ingénieur, je ne m'étais jamais confronté à la réalité d'un tel travail. Au premier plan, il y a bien sûr ce à quoi je pensais être confronté : la lecture de publications, d'abord laborieuse, puis de plus en plus aisée à mesure que ma conception du domaine s'est précisée; le tâtonnement au commencement, puis les heures de réflexions sur les résultats intermédiaires; enfin le dessin précis d'un résultat cohérent.

Mais ensuite, et c'est probablement la plus grande richesse, il y a cette constante, pourtant inhérente à tout travail en équipe et destiné à être apprécié par un tiers, que je ne m'attendais pas à trouver si cruciale : la dimension sociale, organisationnelle et psychologique. Il est impressionnant de constater avec du recul le gain que représentent un management bien mené et une bonne communication interne. De plus, et ce peut être déplorable mais certainement inévitable, il est indéniablement apparu que la communication externe est un facteur non négligeable de la reconnaissance d'un travail, aussi scientifique et objectif qu'il soit censé être... et cette année ce fut malheureusement quelque peu à nos dépens. Pour résumer, et les trois étudiants issus d'écoles d'ingénieur de l'équipe s'accordent sur ce point, un tel apprentissage donne sens à – et surpasse en pertinence – n'importe quel cours théorique de management ou de sciences humaines !

Il faut reconnaître que les conditions réunies par l'iGEM *competition* étaient sur cet aspect parfaites pour vivre pleinement l'expérience, et en particulier dans notre équipe parisienne où les membres venaient tous de formations et d'univers différents. Aussi, il a fallu trouver une motivation et un langage commun, ce qui fut naturel entre certains et presque impossible entre d'autres.

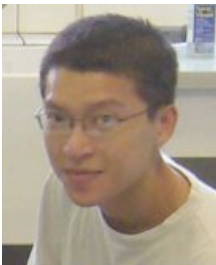
Enfin, nous avons dû présenter notre travail sur différents supports (papier, internet, présentation orale) auprès d'acteurs très variés (sponsors, concurrents, chercheurs-enseignants et même presse)... et surtout, dans un pays et une langue qui n'étaient pas les nôtres !

(suite en page suivante)



A l'heure de la mise en concurrence mondiale et systématique de toutes les disciplines, je n'imagine pas meilleure formation. C'est aussi une occasion unique et amplement justifiée de découvrir et de se confronter à ce lieu d'excellence qu'est le *Massachusetts Institute of Technology*. Et, personnellement, ma participation a encore renforcé (et va probablement faciliter !) mon ambition de devenir chercheur.

Pour tout cela, je remercie chaleureusement nos 'advisors' et 'instructors' qui nous ont accompagnés, et solennellement tous les acteurs qui ont permis cette édition de l'iGEM possible, organisateurs comme sponsors et participants.



**Yan Kok-Phen (ENS, Master BMC, U. Paris VI)**

J'avais décidé de participer à la compétition iGEM après une réunion d'information qu'avait organisée les membres du CRI (Centre de Recherches Interdisciplinaires) et certains membres ayant participé à la compétition l'année dernière.

J'ai alors découvert une nouvelle discipline qui m'était jusqu'alors inconnue : la biologie synthétique. Ce qui m'a le plus séduit dans la biologie synthétique, et en particulier dans l'expérience iGEM, c'était le côté inventif, créatif, voire ludique, mais qui ne mettait nullement de côté la rigueur qui caractérise toute discipline scientifique.

Plus qu'une simple expérience scientifique, iGEM est une aventure à part entière où l'on apprend à mûrir un projet avec des personnes n'ayant pas nécessairement ni le même profil ni le même bagage que soi, et de tenter de le mener à bien en l'espace de quelques mois. Notre projet, qui était assez ambitieux, n'a pas pu être mené jusqu'au terme que nous avions initialement espéré.

Loin de considérer cela comme un «inachevé», je retiens de cette expérience surtout la démarche que nous avons adoptée, le travail en équipe et l'investissement personnel, trois points essentiels pour mener un projet, quel qu'il soit.

Le jour de la compétition au MIT, rassemblant toutes les équipes venant du monde entier, fut pour moi l'occasion de me rendre compte à quel point les projets des uns et des autres pouvaient être variés. Cette diversité m'a permis de m'ouvrir sur des thématiques nouvelles et innovantes, et de mieux appréhender la portée que peut avoir la biologie synthétique de nos jours.

Je suis au final ravi d'avoir pu vivre cette aventure unique en son genre, qui m'a apporté autant scientifiquement qu'humainement, et que d'autres auront, je l'espère, également la chance de pouvoir vivre.



**Fanny Caffin (Master Cancérologie/Magistère de Biotechnologie, Paris XI)**

J'ai découvert la compétition iGEM en 2007, je suivais alors une double formation Master Cancérologie/Magistère de Biotechnologie, ce qui m'a empêché d'être pleinement impliquée dans l'avancée du projet de la première équipe française. Mais j'avais d'ores et déjà «accroché» au concept que représenté la Biologie Synthétique. C'était pour moi la possibilité d'acquérir une pluridisciplinarité supplémentaire.

Donc à la fin de l'année 2007, j'ai intégré le club SynBIOSys, j'ai participé aux réunions afin d'appréhender de manière plus théorique ce domaine en analysant avec les autres participants des extraits de «An Introduction to Systems Biology» d'Uri Alon.

Cette année, j'étais donc très motivée pour être l'un des membres actifs de l'équipe parisienne 2008. La participation à la compétition fut pour moi l'une de mes expériences scientifiques les plus enrichissantes, car j'ai eu la possibilité de mettre en application mes précédentes connaissances, ce qui m'a permis de devenir rapidement autonome, et ainsi pouvoir apprécier l'indépendance que nous avons vis à vis de l'évolution du projet. Car c'est rare de pouvoir gérer un projet scientifique, de s'organiser sans autres contraintes que l'objectif fixé. Le fait de travailler avec des personnes de notre âge, a grandement aidé à la bonne humeur à la pailasse, je trouve. Le fait de pouvoir interagir avec des étudiants issus de différentes formations ne peut que nous avoir été bénéfique culturellement et humainement. Mener à bien ce projet a été très prenant, et je pense que ce fut notre curiosité et notre détermination qui nous a permis de surmonter les nombreuses difficultés auxquelles nous avons dû faire face.

Je fus également amenée à encadrer dans les premiers temps, le lycéen membre de la «Science Académie». Ce fut pour moi très intéressant, car j'ai pu découvrir les joies de faire partager mes connaissances à une personne très motivée et curieuse de découvrir le domaine de la biologie moléculaire et cellulaire, mais également apprendre la pédagogie pour mieux faire comprendre les techniques et leur intérêt par rapport au projet. Cette expérience, je pense, a redéfini mes ambitions, car, si j'en ai l'occasion, je souhaiterais pouvoir être plus qu'un chercheur, pour m'orienter d'avantage vers la carrière d'enseignant-chercheur, pour avoir de nouveau cette interaction avec d'autres étudiants.

La présentation de notre projet au MIT a été un réel aboutissement de plusieurs mois d'efforts. Mes espérances vis à vis de la présentation du projet ont été plus que comblées. Le fait d'avoir pu rencontrer des équipes étrangères a été vraiment intéressant, enrichissant... puisque toutes étaient venues avec la même conviction et envie de partager et de découvrir le travail des autres équipes.

Ce que je retiendrai de cette expérience, c'est qu'elle m'a apporté une assurance supplémentaire qui me sera grandement utile pour mener à bien ma thèse. Et je ne regrette en rien les efforts et les sacrifices que cela nous a demandé pour faire aboutir notre travail, et c'est pour cela que j'envisage d'aider dans l'encadrement de la future équipe 2009.



### **Audrey Desgrange (Institut Catholique d'Etudes Supérieures (ICES))**

C'est au cours d'une rencontre avec d'anciens étudiants de mon école que j'ai découvert iGEM. Etant seulement en deuxième année de Licence de Biologie je ne connaissais alors pas vraiment la Biologie Synthétique, mais l'idée de participer à une expérience scientifique avec d'autres étudiants venant d'écoles, de formations et d'âges différents m'a réellement emballée.

Devant l'opportunité qui m'était proposée de participer à une telle aventure je n'ai donc pas hésité et j'ai donc rejoint Paris et son équipe iGEM à la fin du mois de juin ne sachant pas vraiment à quoi m'attendre.

Dès les premiers jours, j'ai pu réaliser à quel point l'aspect interdisciplinaire était caractéristique de cette équipe car aucun étudiant n'avait suivi les mêmes cursus. Au début, l'interdisciplinarité peut sembler être un obstacle car il peut être difficile d'expliquer, de comprendre où on veut en venir, mais au fur et à mesure les frontières se sont effacées et il a été possible d'interagir les uns avec les autres quelles que soient nos connaissances. Ainsi, une réelle cohérence a pu se mettre en place entre le dry-lab et le wet-lab.

Mener un projet en équipe n'est pas une tâche aisée. Bien sûr dans notre cursus universitaire on nous apprend à concevoir et diriger des projets, cependant être confronté aux véritables rebondissements inhérents à sa réalisation est bien plus formateur que n'importe quel cours dispensé dans ce but.

La rédaction de comptes rendus quotidiens sur le wiki s'est également avérée indispensable à la fois afin de prendre du recul sur les étapes et réalisées, et pour maintenir une continuité entre les étudiants et les encadrants (advisors, instructors) qui pouvaient ainsi répondre à nos questions et permettait ainsi une réelle interaction.

On peut se demander ce qui porte un tel projet, c'est la motivation.

Chacun d'entre nous s'est en effet investi pleinement dans cette aventure. Ainsi, tous les jours, l'envie d'avancer dans la compétition, de se retrouver pour partager des instants, parfois de déceptions, mais le plus souvent de bonne humeur, nous a permis de mener notre projet à terme.

Enfin la participation au Jamboree a été pour moi à grand moment de découverte et d'ouverture. Découverte d'un autre continent bien sûr, mais surtout la rencontre d'étudiants des quatre coins du monde : un véritable melting-pot où la science est le langage commun. Une expérience inoubliable donc, forte d'enseignements à laquelle j'ai été très heureuse de participer.

Merci à tous ceux qui ont rendu cela possible !



### **Romain Rousseau (AgroParisTech)**

Mis au courant de la tenue de réunions hebdomadaires à Paris sur le thème de la biologie synthétique, je m'y rendis régulièrement après avoir été mis en appétit par un workshop à Pasteur.

Si cela ne signifiait pas encore véritablement quelque chose pour moi, la biologie synthétique semblait combiner les aspects les plus intéressants de la génétique et de la théorie des réseaux, en embrassant la complexité du vivant avec un regard d'ingénieur. Les réunions auxquelles j'eus donc l'occasion de me rendre à partir du mois de mai furent l'occasion de nourrir toujours plus ma curiosité, notamment au travers de la lecture d'un ouvrage d'Uri Alon qui fut au centre de notre projet par la suite: "*An Introduction to Systems Biology*".

Ce fut également l'occasion de découvrir des personnes aux backgrounds et à la personnalité éclectiques. La structuration en équipe autour d'un véritable projet qui se fit vers la fin du mois de juin nous permit de nous organiser véritablement. C'est en faisant des choix que les difficultés apparaissent et il fallut donc nous soumettre à un brainstorming intense afin d'accoucher de notre projet.

Une fois lancés, l'été a été une période complètement différente dans la mesure où il s'agissait désormais d'une expérience à temps plein - avec ses hauts et ses bas inconnus jusqu'alors. Le profit dont j'ai pu le plus bénéficier est donc certainement celui d'apprendre à collaborer et travailler en équipe, car sans synchronisation entre nos efforts il est possible de perdre plus de temps que d'en gagner, et cela n'avait rien d'évident pour moi jusqu'alors.

La partie consacrée à la modélisation sur laquelle j'ai pu travailler a été l'occasion d'approfondir des connaissances en informatique mais aussi d'avoir une plus grande culture biologique car il s'agissait avant tout de s'intéresser au système qui était en cours de construction sur la paillasse de la salle d'à côté du laboratoire !

Avec le temps qui s'écoulait, une autre capacité requise fut celle de savoir respecter des

échéances, tout se précipitant sur la fin avec des deadlines drastiques pour nous qui avons repris des activités diverses de par nos études respectives.

Une fois le moment venu de partir pour les Etats-Unis, la phase finale s'amorçait : l'équipe était plus regroupée que jamais pour cette dernière ligne droite où il faudrait désormais de plus compter que sur nous-mêmes. Le Jamboree au MIT est un moment d'une intensité très rare : rassembler des étudiants et chercheurs du monde entier, autour d'une motivation commune, faire partager des idées autour d'un thème formidable comme peut l'être la biologie synthétique est un événement inouï comme on aimerait en vivre plus souvent.

L'absence de véritables récompenses pour notre équipe fut en revanche un moment relativement difficile, mais il fallait se rendre à l'évidence : notre projet, et surtout la mise en valeur de nos idées, souffraient de défauts que nous n'avions pas forcément su voir à temps. Les nombreuses visites accomplies par la suite furent là pour nous remettre de bonne humeur et nous faire à nouveau vivre une expérience incroyable tous ensemble.

Pour résumer, iGEM fut pour moi une expérience unique et formidable m'ayant permis de découvrir des connaissances approfondies dans des domaines passionnants et novateurs, m'ayant fait découvrir des gens possédant tous leurs particularités et leur richesse.

La réalisation d'un projet ambitieux au sein d'une équipe fut l'occasion de tirer la quintessence de tout ceci réuni, afin d'essayer d'aller le plus loin possible tous ensemble. Même si au bout du compte la reconnaissance ne fut pas vraiment là, la faute à notre aveuglement parfois, l'essentiel reste d'en tirer pour l'unanimité d'entre nous une expérience très riche.



### **Cyprien Maisonnier (ENS)**

J'ai toujours été passionné par la génétique. En classe préparatoire BCPST (Maths Sup Bio), le cours qui m'a le plus intéressé était un TP sur les techniques de génie génétique.

En première année de licence de biologie à l'ENS, j'ai commencé à entendre parler de biologie synthétique sur des blogs scientifiques (Café des Sciences). C'est au cours du premier workshop européen sur la biologie synthétique que j'ai entendu parler d'iGEM et du projet de l'an passé.

En fin de 1ère année de licence de biologie, à l'ENS, il est obligatoire de faire un stage de recherche en laboratoire. Après avoir rencontré les cadres de l'équipe iGEM 2007, j'ai rapidement renoncé au stage "classique" que j'avais prévu de faire, malgré les avis défavorables de mes tuteurs à l'ENS. Je ne regrette absolument pas ce choix, et si j'avais à le refaire, je ne changerais rien car iGEM m'a apporté beaucoup de choses.

Evidemment, trois mois de travail en laboratoire permet d'apprendre des techniques de biologie moléculaire, avec du matériel de pointe. Je pense qu'au cours d'un stage "classique", j'aurais appris au moins autant sur ce niveau là. C'était un pré requis nécessaire, mais c'est loin d'être la chose qui m'a le plus marqué au cours d'iGEM.

Je citerai en deuxième, une manière de penser, qui nous a été transmise par les enseignants du CRI. Pendant la phase de préparation du projet, on jetait des idées en l'air, même les plus simples. En temps normal, ces idées seraient restées sans suite mais lors des séances du club SynBioSys qui encadrait iGEM, nous nous efforcions de développer chaque idée, d'aller au fond. Beaucoup de bonnes choses en sont sorties, mais je retiendrai surtout la méthode pour développer des projets qui nous a été enseignée là bas.

Dernièrement, et sans doute le point le plus important, iGEM a été un lieu de rencontres, de discussions et d'échanges. Au cours de ces quelques mois, nous avons rencontré des personnes venant d'horizons très divers, avec des méthodes et des points de vue différents sur la biologie synthétique. Cependant, toutes les personnes que j'ai rencontrées étaient passionnées par ce qu'elles faisaient, étaient prêtes à aider et à réfléchir à n'importe quel moment.

Je pense que ce sont ces rencontres qui auront le plus de conséquences sur mon avenir. Je suis actuellement en 1ère année de Master de génétique et de génomique, à l'ENS de Paris, et j'ai un stage de 6 mois à faire. Grâce au travail que nous avons effectué et surtout grâce aux encadrants d'iGEM, j'ai été accepté au California Institute of Technology (CalTech), dans un laboratoire de biologie synthétique.



## **Benoit d'Hayer (Master Européen de Génétique, Université Paris Descartes)**

Fort du succès de l'équipe parisienne en 2007, j'ai découvert il y a un an, par la communication interne de l'Université Paris Descartes, l'existence d'une nouvelle discipline : la biologie synthétique.

L'aspect interdisciplinaire mis en relief plus que dans tout autre discipline scientifique que je connaissais jusqu'alors, et la potentialité des nouveaux champs d'intérêts et d'applications offerts avaient de suite suscité ma curiosité. Je décidais donc de participer aux réunions bimensuelles puis hebdomadaires du club de biologie synthétique SynBioSys organisées au Centre de Recherches Interdisciplinaires.

Lorsque la création de l'équipe parisienne pour la compétition iGEM 2008 se mit en place, c'est donc tout naturellement que je m'y suis engagé.

J'étais une des personnes les plus âgées de l'équipe, et fort de ma double formation de pharmacien (interne des hôpitaux de l'APHP) et de biologiste (Master 2 de génétique Universités Paris Descartes et Paris Diderot) j'ai pu immédiatement partager mes expériences scientifiques passées avec les membres plus jeunes. En cela notre équipe a parfaitement répondu au principe de la compétition iGEM. Un projet d'étudiants, pensé par des étudiants et réalisé par des étudiants de formation très différentes. Tout l'enjeu est bien là, faire que chacun se comprenne et aide l'autre à avancer.

Aujourd'hui la compétition est passée, et je peux dire que c'est bien ce que j'ai observé chaque jour pendant les quatre mois du développement du projet. Ceci, la plupart du temps est difficile à mettre en œuvre, mais la qualité des personnes que j'ai côtoyées combinée à la vigilance permanente de nos « advisors » et « instructors » a permis au final de réaliser un travail impressionnant quantitativement et qualitativement.

Certes il n'a pas été couronné d'autant de succès que l'année dernière, mais cela montre bien que iGEM est une compétition de renommée internationale et de haut niveau. Malheureusement, développer des projets de recherche sur des périodes si courtes implique une part de chance quant à leur concrétisation finale.

Au final, d'avoir pu présenter notre travail dans un lieu aussi prestigieux que le MIT fut extrêmement gratifiant et j'ai pu vérifier que le travail que nous avons réalisé était d'un grand intérêt pour les autres participants.

En plus de rencontrer les autres jeunes scientifiques passionnés du monde entier, iGEM a également été pour moi une occasion unique de participer à l'organisation d'un laboratoire de recherche, ce qui n'est habituellement possible qu'après une longue expérience en laboratoire.

En ce sens, je remercie iGEM, qui restera pour moi une aventure inoubliable, de permettre à de jeunes scientifiques de partager et de mutualiser leurs connaissances afin de réaliser des projets ambitieux, et j'espère que cela restera longtemps possible.



### Ana Jimenez

J'ai appris l'existence du club de biologie synthétique du CRI et de l'iGEM par hasard par une annonce sur le site de mon université. Le concept a tout de suite attiré mon attention et ma curiosité. Jusqu'à ce jour, je voyais la recherche comme quelque chose d'extrêmement inachevé, une nature loin d'être comprise et donc encore plus loin de pouvoir être manipulée pour créer de nouvelles choses.

La seule connaissance de l'existence d'iGEM et des résultats des projets des années précédentes ont changé un peu ma vision des choses. Il ne faut donc pas tout connaître pour comprendre et maîtriser. C'est d'ailleurs le principe des « boîtes noires », très utilisé en informatique, que j'ai découvert grâce à un des modélisateurs de l'équipe.

En ce qui concerne ma participation dans l'équipe, j'y suis arrivée un peu tard, n'ayant pas suivi tout le raisonnement et la recherche d'information menant au choix du projet, mais très rapidement les gens de l'équipe se sont chargés de me mettre au courant. Le travail pour mener à bien ce projet a été également une expérience très enrichissante. Il s'agissait pour la première fois pour moi de réaliser un projet scientifique à plusieurs, en partageant tout, en s'entraidant. iGEM a été une excellente expérience de gestion du temps, et des gens, une expérience d'apprentissage pour les plus jeunes et d'encadrement pour les plus expérimentés.

Mais iGEM a été surtout un espace d'échanges au niveau intellectuel comme au niveau des relations humaines. Même si le temps ne nous a pas été favorable pour aller jusqu'au bout de notre projet qui était ambitieux, nous avons vécu une expérience inoubliable d'échanges et d'apprentissage, apprentissage grâce aux autres et à nos propres erreurs, apprentissage que nous transmettrons aux futures équipes iGEM Paris en les encadrant.

Enfin le Jamboree était à lui seul une expérience inoubliable. Au sein du Massachusetts Institut of Technology, symbole d'excellence en éducation et recherche, des centaines de jeunes de différentes cultures, envahis de créativité débordante, de la volonté de faire avancer le monde et avec un important bagage scientifique pour leur âge, étaient réunis en vue de partager leur idée, leur travail, leur expérience et même souvent leur amitié. Pour tout cela j'espère que dans le futur d'autres pourront vivre et profiter de cet excellent professeur intellectuel et social qu'est iGEM.



**NOUS RENOUVELONS TOUTE NOTRE GRATITUDE A NOS SOUTIENS FINANCIERS :**

FONDATION BETTENCOURT-SCHUELLER  
[www.fondationbs.org](http://www.fondationbs.org)

PARIS CENTRE UNIVERSITES  
[www.pariscentreuniversites.fr](http://www.pariscentreuniversites.fr)

AMBASSADE DE FRANCE A WASHINGTON (Etats Unis)  
[www.ambafrance-us.org](http://www.ambafrance-us.org)

SOCIETE QIAGEN  
[www.qiagen.com](http://www.qiagen.com)

LABORATOIRE IBISC  
(INFORMATIQUE, BIOLOGIE INTEGRATIVE ET SYSTEMES COMPLEXES)  
UNIVERSITE D'EVRY VAL D'ESSONNE  
[www.ibisc.univ-evry.fr](http://www.ibisc.univ-evry.fr)

GDR CNRS 3003 - BIOINFORMATIQUE MOLECULAIRE  
[www.gdr-bim.u-psud.fr](http://www.gdr-bim.u-psud.fr)

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE  
[www.inria.fr](http://www.inria.fr)

FACULTE DE MEDECINE - UNIVERSITE PARIS DESCARTES  
[www.medecine.univ-paris5.fr](http://www.medecine.univ-paris5.fr)



*Les équipes ont toutes  
laissé leurs traces  
sur les tableaux  
du MIT !*