
PROJET DE RECHERCHE DEC PLUS

Par **André Blais, René Cossette, Alain Lachapelle,
Éric Lavigne, Louis Robichaud et Ginette Trudeau**

Activité pédagogique réalisée au Collège André-Grasset

Primée au concours « Sortir des sentiers battus »
organisé par le Saut quantique en collaboration avec
Merck Frosst Canada & Cie et l'Ordre des ingénieurs du Québec
dans la catégorie : *Amener les élèves à traiter de situations nouvelles
à partir de leurs acquis (discipline principale : physique)*

PROJET DE RECHERCHE DEC PLUS

Par **André Blais, René Cossette, Alain Lachapelle,
Éric Lavigne, Louis Robichaud et Ginette Trudeau**

Collège André-Grasset

Note : Lorsqu'il s'agit de termes qui renvoient à des personnes dont le sexe n'est pas défini ou qui renvoient aux deux sexes, le générique masculin est utilisé seul, sans aucune discrimination et dans le seul but d'alléger le texte.

Les auteurs autorisent toute utilisation de ce texte ainsi que les annexes à des fins pédagogiques, pourvu qu'il y ait mention de la source. Cette autorisation se limite à cette oeuvre.

Le respect de ces recommandations encouragera les auteurs à partager leur expérience.

PROJET DE RECHERCHE DEC PLUS

Présentation de l'activité pédagogique

Population visée

Le programme enrichi en Sciences de la nature DEC Plus est offert aux étudiants curieux et passionnés par les Sciences dès leur entrée au collégial. Cette formation exigeante, mais combien stimulante et valorisante, offre une occasion unique en quatrième session de réaliser un projet de recherche d'envergure. Effectuée en équipe de deux ou trois personnes, cette activité d'enrichissement d'une durée minimale de 40 heures s'échelonne sur 13 semaines. Chaque année, elle s'adresse à environ une trentaine d'étudiants cheminant dans le profil des Sciences pures et appliquées ou des Sciences de la santé et de la vie. Elle est accomplie en dehors des cours réguliers du programme *Sciences de la Nature*. Ces étudiants ont donc en moyenne 30 heures/semaine de cours au lieu de 26 heures/semaine.

Description de l'activité

L'activité d'enrichissement est réalisée à la fin d'un programme. Elle est d'abord présentée dans son concept global, soit en s'adressant à toutes les disciplines et, par la suite, un accent est mis plus spécifiquement sur un projet de physique, de chimie ou de biologie.

Cette activité synthèse peut donc être reliée à plusieurs disciplines scientifiques. Ce projet terminal permet à l'étudiant d'intégrer les notions fondamentales rencontrées dans tous ses cours précédents. Par exemple, un projet de recherche sur l'influence de l'intensité de la musique sur le seuil auditif assure la continuité du cours de biologie sur la structure interne de l'oreille interne et du cours de physique sur l'étude des diverses fréquences de sons. D'autre part, un projet de recherche en robotique sur

l'assemblage et la commande d'un bras articulé allie l'étude des mouvements en physique et la programmation en informatique. Une équipe regarde actuellement la possibilité de réaliser un projet qui rejoindrait le code de la vie détecté par empreinte génétique et les indices retrouvés sur les lieux d'un crime, assurant ainsi un prolongement des cours de biologie et de chimie judiciaire. Le contenu interdisciplinaire témoigne des liens ou des croisements de plusieurs disciplines scientifiques.

Comme nouveauté cette année, une liste des résumés de tous les projets antérieurs réalisés au programme est fournie à l'étudiant. Chaque équipe, constituée de deux ou trois personnes, peut choisir de poursuivre un de ces projets. Cependant, elle doit expliquer au coordonnateur du programme la direction nouvelle vers laquelle elle veut creuser le projet et fixer les nouveaux paramètres à explorer. Cette façon de faire initie l'étudiant à la continuité des projets fondamentaux universitaires et de la recherche appliquée en industrie ou institution de recherche. L'étudiant doit d'abord développer le contexte théorique de son thème, formuler une hypothèse claire et suggérer un plan d'expérimentation de 13 semaines. De plus, il est fortement invité à tisser des liens de collaboration extérieure : des chercheurs passionnés provenant d'universités, d'institutions de recherche ou de compagnies pourraient servir de consultants pour leur projet ou encore leur donneront accès à des ressources matérielles inexistantes au collège ou plus sophistiquées. Par ailleurs, l'équipe a toujours la possibilité de proposer un projet original provenant de ses recherches personnelles.

Dans tous les cas, le coordonnateur du programme doit approuver les projets. Par la suite, il désigne des superviseurs pour chaque projet, généralement des spécialistes des disciplines concernées. Il confirme aussi les contacts avec les superviseurs extérieurs au collège. Tous les superviseurs désignés jouent un rôle de tuteur ou guide pour réorienter l'équipe en cas de problèmes.

Une liste du matériel utilisé et des instruments requis doit être remise par chaque équipe au coordonnateur pour que les commandes soient effectuées en temps opportun (verrerie de laboratoire, produits chimiques, sondes, capteurs, cartes informatique, logiciels, etc.).

Des exemples de projets en physique, chimie et biologie sont présentés à la fin de ce guide.

Objectifs pédagogiques :

- Objectif 1 : La polyvalence : couvrir plusieurs volets de l'activité scientifique contemporaine.
- Objectif 2 : L'ouverture : présenter des notions et des concepts qui ne sont pas couverts directement par le programme *Sciences de la nature*.
- Objectif 3 : L'interdisciplinarité : tisser des liens entre différentes disciplines et présenter des notions qui relèvent du croisement de plusieurs disciplines.
- Objectif 4 : L'intégration des connaissances : intégrer les notions fondamentales rencontrées dans les cours et le contexte théorique de projet lui-même.
- Objectif 5 : Améliorer l'autonomie au laboratoire et les habiletés de recherche.
- Objectif 6 : Développer des habiletés de communication écrite
- Objectif 7 : Développer des habiletés de communication orale.
- Objectif 8 : Favoriser la participation à la vie étudiante en organisant une exposition.

Pertinence et originalité de l'activité

Cette activité est très pertinente et originale parce qu'elle est un précurseur important à la création d'un arrimage collège-université. Elle permet de rapprocher les universités et les centres de recherche qui partagent avec nous ce but commun de sensibiliser les étudiants à la recherche. L'instauration d'une exposition à laquelle les étudiants ayant gradué dans ce programme enrichi sont invités, permet un échange fort stimulant entre étudiants de fin de DEC et d'étudiants ayant franchi le cap du baccalauréat, de la maîtrise ou même à l'aube du doctorat. C'est l'occasion privilégiée de créer des interactions entre spécialistes de différents domaines et étudiants en formation du collège.

Relation entre l'activité et le programme suivi par les élèves

Buts généraux du programme dont l'activité facilite l'atteinte :

1. Amener les élèves à traiter de situations nouvelles à partir de leurs acquis. Disciplines visées par l'activité en général : chimie, biologie, physique, informatique, mathématiques. Un projet particulier de physique a été réalisé à l'Université de Montréal. D'autre part, un projet de chimie et un projet de biologie ont été effectués respectivement à l'Université de Sherbrooke et à l'Université Laval.
2. Amener les élèves à établir des liens entre la science, la technologie et l'évolution de la société dans les cours de physique plus particulièrement pour les projets spécifiques mentionnés.
3. Amener les élèves à situer le contexte d'émergence et d'élaboration des concepts scientifiques en biologie, chimie, physique, mathématiques et en informatique.

Liens avec le cours dans lequel l'activité a lieu

Le projet de recherche est une activité d'enrichissement qui n'est pas réalisée dans un cours spécifique de la grille du programme des sciences de la nature. Il est une activité additionnelle de synthèse axée sur des disciplines principales :

- chimie/biologie,
- chimie/physique,
- physique/mathématiques/informatique, etc.

Il permet alors d'utiliser le contenu des disciplines, et à partir des acquis, trouver des solutions à la problématique posée. Les techniques de laboratoire maîtrisées dans les cours sont réutilisées lors de la phase d'expérimentation du projet.

Liens avec les autres cours

Étant donné la multidisciplinarité du projet, des liens sont réalisés avec plusieurs cours de sciences. La rédaction du rapport sous forme d'un article

scientifique permet d'évaluer la maîtrise du français écrit et la présentation d'une exposition sciences permet de vérifier les habiletés de communication orale. On demande également à l'équipe d'écrire le résumé du projet dans son rapport en français et en anglais afin de mesurer la maîtrise de la langue seconde. La discipline informatique s'intègre dans le traitement des données, les études statistiques et le traitement de texte de tous les projets.

Non seulement, les contenus et les techniques expérimentales permettent l'établissement de liens entre les disciplines principales du projet, mais également avec les disciplines du tronc commun de la grille du programme.

Les éléments du profil d'entrée ou de sortie des élèves à qui s'adresse l'activité

Les élèves qui réalisent l'activité doivent préalablement avoir été admis au programme.

Conditions d'admission :

- moyenne minimale de 75% en français et en mathématiques
- moyenne minimale générale de 80%
- cours préalable de MATH-536, PHY-534 et CHI-534
- lettre de 200 mots décrivant leur intérêt pour le programme enrichi

Profil de sortie :

Les étudiants qui réalisent le projet de recherche, activité terminale du programme enrichi, obtiennent deux diplômes, celui du programme des Sciences de la nature provenant du Ministère de l'Éducation et le diplôme local du Collège André-Grasset pour les activités d'enrichissement complétées. En voici le contenu :

- réalisation d'un dossier scientifique (rédaction d'un article individuel et création d'un site WEB), réussite de trois condensés de cours (astrophysique, statistique et histoire des sciences), réalisation d'un projet de recherche (expérimentation, rapport écrit et exposition sciences), invitation de 42 conférenciers oeuvrant dans divers domaines scientifiques, vi-

sites de 3 compagnies ou institutions de recherche et attestation de participation à une activité étudiante soit culturelle, sportive ou communautaire à chaque session.

Ces étudiants ont suivi un programme de 30 heures/semaine plutôt que 26 heures/semaine dans le programme régulier des Sciences de la nature.

Liste du matériel

Matériel de l'enseignant

- A.1 Liste des résumés des 75 projets antérieurs réalisés au programme
- A.2 Exemples de rapport de projets de recherche en physique et en biologie
- A.3 Détails de l'évaluation du projet de recherche
- A.4 Grille d'évaluation des kiosques
- A.5 Grille d'évaluation du rapport écrit

Matériel des élèves

Guide pédagogique pour les élèves

- B.1 Liste des résumés des 75 projets antérieurs réalisés au programme (document A.1 distribué aux enseignants)
- B.2 Modèle de rédaction d'un rapport préliminaire de projet d'une équipe

Consignes pour le rapport de projet de recherche :

- B.3 Spécifications et barème pour le kiosque
- B.4 Consignes et barème pour le cahier de laboratoire
- B.5 Consignes et barème pour le rapport écrit

Encadrement pédagogique

Rôle du professeur

Le coordonnateur du programme (professeur de sciences) doit approuver tous les projets de recherche, en tenant compte de la durée allouée (13 semaines) ainsi que des ressources disponibles

relatives au matériel technique de laboratoire, à l'instrumentation et à l'équipement informatique. Il consulte les professeurs de sciences de son département et désigne des superviseurs de projets plus spécialisés dans certaines disciplines. Il peut aussi inviter les étudiants à chercher des liens à l'extérieur du collège pour avoir accès aux ressources matérielles manquantes. Quant aux superviseurs désignés par le coordonnateur, ils jouent un rôle d'accompagnateurs ou de tuteurs pour orienter l'équipe en cas de problèmes. Ce sont les étudiants qui sont véritablement les maîtres de leur projet.

Déroulement et temps nécessaire pour réaliser l'activité

Temps de préparation nécessaire

Toute la troisième session sert à la préparation du projet de la quatrième session. Il y a plusieurs étapes à réaliser dont les délais sont spécifiés à l'étudiant dès la première semaine de la session automne :

- Choix du sujet : 1^{re} semaine de la session - 7^e semaine de la session
- Rencontre obligatoire des membres de l'équipe avec le professeur responsable du projet choisi (superviseur désigné par le coordonnateur) : 7^e semaine de la session - 9^e semaine de la session
- Recherche bibliographique sur le thème choisi et rédaction du rapport préliminaire du projet (contexte théorique, hypothèse formulée et plan d'expérimentation sommaire) : 9^e semaine de la session - 14^e semaine de la session
- Liste du matériel à commander : 14^e semaine de la session

Organisation de l'activité

À la session d'hiver, le temps global pour l'expérimentation est de 13 semaines à raison de 2 périodes par semaine pour l'expérimentation, soit une de 100 minutes et une de 75 minutes. À ces périodes, s'ajoutent des consultations en bibliothèque au collège ou à l'université. Finalement, les deux

dernières semaines de la session servent à la rédaction du rapport écrit et la préparation visuelle du kiosque pour l'exposition des sciences.

Description du travail à réaliser après l'activité

Après l'activité, il n'y a pas de tâche imposée. Cependant, les étudiants sont fortement invités à rencontrer les étudiants des cohortes ultérieures afin de favoriser un échange informel entre les nouveaux expérimentateurs et les anciens ayant franchi le cap universitaire.

Évaluation suggérée pour l'activité

Nombre de points alloués

Toutes les activités d'enrichissement du programme enrichi sont rémunérées en points-programme, un système de points parallèle aux notes cumulées dans les cours réguliers du programme des sciences de la nature. L'étudiant doit accumuler un minimum de 700 points-programme pour obtenir son diplôme local DEC Plus décerné par le Collège André-Grasset. Le projet de recherche vaut 200 points-programme.

Description de l'évaluation et pondération correspondante

Rapport préliminaire de projet	15 points
Cahier de laboratoire :	15 points
Kiosque et présentation orale :	50 points
Rapport écrit :	120 points

Total : **200 points**

(voir la grille d'évaluation jointe dans le guide pédagogique de l'élève : documents B.3, B.4, B.5)

Exemple de projets de physique, de chimie et de biologie

Exemples de projets en physique

Dans le cas plus précis d'un projet de physique, une équipe de trois étudiants a travaillé en modélisation de collisions atomiques à l'aide d'un accélérateur de

particules. Le but premier de l'expérimentation était de comparer l'implantation d'ions à différentes énergies dans une feuille de métal. C'est ainsi que des chercheurs de l'Université de Montréal leur a prodigué du temps précieux et coûteux sur leur super bolide accélérateur. En raison de sa structure cristalline et sa capacité à se laisser manipuler et implanter, du silicium a été placé dans la chambre d'implantation et ensuite, il y a eu bombardement du silicium à l'aide d'hélium, élément de masse ridiculement inférieure en comparaison de celle du silicium, ce qui facilita son accélération. Les implantations dans le substrat silicium ont été réalisées à différentes énergies.

Il en est ressorti que la profondeur d'implantation augmente lorsqu'on intensifie l'énergie (de 1 MeV à 500 KeV). Monsieur Sjoerd Roorda, un professeur du département de physique des particules, et M. Rémi Poirier travaillant à l'accélérateur ont guidé cette équipe d'étudiants à travers le monde épineux du vaste champ de la physique des particules et des comportements des collisions, parsemé de laborieux calculs. Cette expérience enrichissante a permis une fois de plus à une équipe d'explorer d'autres horizons dans le cadre d'une recherche scientifique de leur choix (voir le rapport des étudiants, document A.2).

D'autres recherches intéressantes ont été réalisées en physique, plus spécialement en domotique, dans le cadre d'une maison contrôlée par ordinateur ou dans la réalisation d'un système d'alarme intelligent pour automobiles. Un autre projet a mis en évidence la production d'un modèle réduit d'ascenseur d'immeuble. Des projets en robotique comme la réalisation d'une marionnette animée par assemblage et couplage de servomoteurs ou encore le montage et la programmation d'un robot «joueur de golf» sont assez impressionnants. Finalement, une étude portant sur l'uniformité d'un flux d'air présent dans une soufflerie a permis à des futurs ingénieurs de mettre leur talent à profit.

Le rôle principal de tous les superviseurs impliqués est de motiver les étudiants à mener des recherches universitaires et ainsi, contribuer à préparer une équipe dynamique de relève pour la recherche de demain.

Exemples de projets en chimie

Jusqu'à maintenant, plusieurs projets en chimie ont été réalisés. En voici quelques-uns :

- l'étude de la spécificité de certains enzymes choisis sur l'hydrolyse d'esters ;
- l'influence de différents catalyseurs sur le temps de combustion des feux de Bengale ;
- la fabrication d'un cristallin artificiel par l'utilisation d'un ferrofluide ;
- l'influence de la structure moléculaire d'un parfum sur l'odeur qu'il dégage ;
- l'influence de divers plastifiants sur les propriétés physiques de polymères.

Ces projets ont guidé des étudiants vers des secteurs correspondant à leur choix.

Dans le cas plus précis d'un projet de chimie, M. Pierre Harvey, de l'Université de Sherbrooke, a accepté de superviser une équipe de trois étudiantes en leur fournissant tout le matériel requis et en leur donnant accès à tous les instruments d'analyse. L'expérimentation se faisait la fin de semaine. Ce projet a permis à une équipe de se familiariser avec la recherche en milieu universitaire en chimie organique et organométallique. Le travail de laboratoire consistait à synthétiser le DBA (dibenzylidiacétone), à l'utiliser ensuite pour synthétiser un catalyseur, le Pd₂(dba)₃. Ce catalyseur est très convoité dans la fabrication de médicaments en chimie pharmaceutique. Finalement, pour vérifier l'efficacité du catalyseur, il fallait l'utiliser pour fabriquer la phénylpipéridine. Ce projet de synthèse n'aurait pas pu être réalisé au collège étant donné la disponibilité restreinte des produits chimiques, leur coût très dispendieux ainsi que l'instrumentation trop rudimentaire de nos laboratoires. Les nouvelles techniques utilisées pour l'identification des composés étaient les spectroscopies infrarouge (IR) et ultraviolet (UV) et la résonance magnétique nucléaire (RMN).

L'équipe étudiante a donc bénéficié d'un contact extraordinaire avec des étudiants gradués, des chercheurs chevronnés, des techniciens expérimentés. De quoi prendre goût à la recherche !

Exemples de projets en biologie

Jusqu'à maintenant, plusieurs projets en biologie ont été investigués. En voici quelques-uns :

- Effets bactériostatiques et bactéricides de certains produits à usage domestique ;
- Étude d'un produit propre à une bactérie et son effet sur elle et étude de la croissance bactérienne en fonction du temps de contact avec un produit ;
- Étude des effets des vitamines sur la résistance des levures exposées aux rayons UV ;
- Effets des rayons ultraviolets sur les levures de type *Saccharomyces cerevisiae* (voir le rapport des étudiants, document A.2).
- Analyse comparative de différents modes de recombinaison génétique chez les bactéries ;
- Étude des facteurs génétiques et de l'hérédité chez les familles ;
- Étude de la transmission des caractères et détermination du génotype de deux souches parentales chez *Drosophila melanogaster*.

Cette année, deux autres projets en biologie ont été lancés. Dans un des deux cas, une collaboration a été entreprise à l'été 2000 entre deux étudiantes du collègue André-Grasset et un chercheur passionné de l'Université Laval. La particularité de ce projet est qu'il sera réalisé entièrement à l'Université Laval à Québec. Les deux étudiantes montrent un intérêt certain pour un sujet très actuel et pertinent : la fabrication de la peau synthétique. M. Rouabhia, spécialiste en la matière, accepte de superviser l'équipe et de leur fournir tout le matériel de base afin de cultiver les cellules. L'instrumentation pour des expérimentations aussi spécialisées est clairement inaccessible au niveau collégial. M. Rouabhia accepte de rencontrer les deux étudiantes pour les

évaluer sur leur baguage théorique et il accepte de les initier aux nouvelles techniques expérimentales, après quoi, il servira de tuteur pour la poursuite du projet. Nous maintiendrons avec lui une communication régulière. Ses motivations : prendre conscience de la volonté et de la détermination d'étudiants prêts à se déplacer pour réaliser leur but et ainsi préparer une relève pour la recherche.

Une autre collaboration se concrétise dans un projet de microbiologie exclusivement réalisé dans les laboratoires de M. Daniel Morency, du département de microbiologie et d'immunologie de l'Université de Montréal. Ce projet consiste en la purification (isolement) de microorganismes (notamment des moisissures) provenant de divers environnements, ce qui implique la fabrication des milieux de cultures et l'apprentissage des techniques aseptiques et d'isolement. Ensuite, vient l'évaluation de l'activité microbienne de chacun de ces microorganismes. Cette activité doit préalablement être évaluée sur certains microorganismes indicateurs puis, enfin, sur d'autres microorganismes isolés par les étudiantes elles-mêmes.

Un autre projet passionnant en médecine dentaire s'amorce actuellement. Une étude sur la composition, la résistance, la dureté et la texture des nouveaux des plombages blancs en comparaison avec les amalgames de mercure intéresse particulièrement une équipe qui est en pourparlers avec un département de médecine dentaire pour recueillir des publications et avoir accès à leur instrumentation pour faire des tests. L'adhérence des plombages aux dents en fonction de leur composition peut être vérifiée. Une étude de biocompatibilité s'avère nécessaire également. Le projet débute en hiver 2001.

L'expertise de tous ces professionnels apporte une richesse incroyable de connaissances pour bâtir des contextes théoriques solides.