

## **Annexe E.1 : La rétroingénierie**

### **INTRODUCTION**

La rétroingénierie consiste à analyser un objet existant pour évaluer s'il répond bien aux objectifs à atteindre et s'il respecte les contraintes imposées. Cette analyse doit déboucher sur des recommandations permettant à l'objet de mieux atteindre les objectifs et de mieux respecter les contraintes. Elle peut d'ailleurs aboutir à l'ajout d'autres objectifs et contraintes. Les recommandations peuvent porter sur des changements au niveau de la conception générale de l'objet, ou au niveau de l'agencement entre les différentes composantes, ou encore au niveau de la conception d'une ou de plusieurs de ces composantes.

La rétroingénierie est une bonne introduction au métier d'ingénieur. Elle vous permet non seulement de comprendre le fonctionnement d'un objet, mais elle vous démontre quels objectifs cet objet doit atteindre et à quelles contraintes il doit se soumettre. Vous apprendrez comment l'objet a été composé d'éléments et comment ces éléments ont été agencés entre eux pour réussir le mieux possible à atteindre les objectifs fixés. Vous devrez porter un regard critique sur cet objet pour l'améliorer et prévoir des simulations et des protocoles de laboratoire pour tester vos idées.

Les méthodes de résolution de problèmes que vous avez acquises en Sciences de la nature, comme la modélisation en mathématiques, devraient vous aider dans ce type de travail.

### **CADRE DES PROJETS**

Les projets Cégep-UQAR présentés dans le cadre du cours *Activité de synthèse* sont destinés à vous exposer le plus possible au contexte d'études en génie. Ces projets devraient mieux vous préparer aux études que vous entreprendrez, pour la plupart, dès l'an prochain. Ce premier contexte est celui d'un cours dit « par projet ». Ce type de cours est très répandu à la Faculté de génie de l'UQAR et a tendance à se développer dans les facultés de génie d'autres universités. Ce développement résulte d'une tendance importante de l'évolution du travail en sciences, basée sur l'autonomie, le travail d'équipe, une méthode de travail rigoureuse, la communication et la maîtrise des outils informatiques.

Les projets sont réalisés par rapport à ceux des étudiants en génie de l'UQAR. Les équipes du Cégep s'occupent généralement du volet « rétroingénierie » dans ces projets. La définition du travail à accomplir peut varier légèrement d'un projet à l'autre, mais doit inclure les éléments mentionnés à la section suivante. Ces éléments correspondent à la démarche générale de modélisation.

Les projets se situent aussi dans le cadre général des projets de fin d'études, définis par trois grandes étapes : devis, rapport, présentation orale.

Comme il s'agit d'un projet expérimental, il faudra probablement s'adapter aux circonstances tout au long de la session.

Les projets représentent une très bonne occasion de vous préparer à des études en génie, puis à une profession en sciences.

Il faut souligner la grande collaboration des professeurs de l'UQAR pour la mise sur pied de ces expériences.

## **ÉLÉMENTS D'UN PROJET**

Les principaux éléments d'un projet de rétroingénierie sont décrits ci-après. Ces éléments peuvent être adaptés d'un projet à un autre en accord avec le tuteur.

### **Partie 1 : Observation**

Cette partie doit être illustrée par des schémas, diagrammes, photos, listes d'objets, etc. qui permettent une bonne compréhension du fonctionnement de l'objet.

#### ***Choix d'un objet***

#### ***Problématique de l'objet***

Cette section doit indiquer les objectifs que doit atteindre l'objet, les contraintes auxquelles il doit se soumettre et tout autre facteur dont il a fallu tenir compte dans sa conception.

#### ***Description de l'objet***

Cette section doit décrire l'objet dans son ensemble, chacune de ses composantes et l'agencement entre les composantes.

Pour terminer l'étape d'observation, vous indiquez le thème sur lequel portera plus précisément votre travail de rétroingénierie : l'objet au complet, l'une de ses composantes, etc. et vous justifiez votre choix dans la mesure du possible.

## **Partie 2 : Analyse**

Cette partie traite en profondeur de l'élément indiqué à la fin de la partie précédente.

### ***Analyse des composantes de l'objet et modélisation***

Cette section est basée sur une description détaillée de l'élément étudié : but, schémas, lois expliquant son fonctionnement, contraintes, limites, etc.

Vous établissez, de façon aussi simple que possible, les lois du fonctionnement de cet élément.

### ***Protocole de laboratoire***

Vous indiquez les aspects que vous prévoyez traiter et simuler, et vous les justifiez : améliorations, tests selon des contraintes imprévues, cas particuliers, etc.

Vous indiquez et précisez les expériences que vous allez effectuer en laboratoire ou par ordinateur.

## **Partie 3: Expérimentation**

### ***Simulations et expérimentation en laboratoire***

Vous rédigez et commentez brièvement chacune des opérations effectuées en laboratoire.

## **Partie 4 : Rapport**

### ***Synthèse et propositions d'améliorations***

Le rapport doit porter sur le sujet identifié à la fin de la première partie. Il doit d'abord analyser et interpréter les résultats. Il doit ensuite porter un jugement à la lumière des expériences effectuées, indiquer des limites et proposer des améliorations.

Le rapport doit, dans la mesure du possible, mettre l'objet en rapport avec d'éventuels impacts sociaux, éthiques, économiques ou culturels. Il doit se terminer par une bibliographie et des annexes, incluant les éléments les plus pertinents.

## **ÉCHÉANCIER**

L'échéancier général des projets de fin d'études comprend trois étapes prévues au plan de cours :

- Présentation d'un devis;
- Dépôt du rapport final;
- Présentation orale.

## **AJUSTEMENT**

Lorsqu'un projet de retroingénierie est mené en collaboration avec des étudiants de l'UQAR, les éléments du projet, le plan du rapport et l'échéancier peuvent être ajustés pour répondre aux objectifs de formation des deux niveaux.

## Annexe E.2 : Plan de cours



PLAN DE COURS

MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

COURS : 360-FEG-05

PROFESSEURS :

Suzanne Desjardins (C-326, poste 2521)

Philippe Etchecopar (C-313 OU F-120, poste 2365)

---

### ACTIVITÉ DE SYNTHÈSE EN SCIENCES DE LA NATURE

Filière mathématiques-physique

---

## INTRODUCTION

Dans le contexte de la réforme de l'enseignement collégial et des expérimentations d'un nouveau programme en Sciences de la nature, le Comité de programme a choisi d'introduire un cours *Activité de synthèse* au quatrième trimestre du programme. L'objectif général visé par ce cours est de **mieux vous préparer aux études universitaires** en favorisant l'intégration des apprentissages et l'atteinte d'objectifs de formation générale (travail d'équipe, communication orale, recherche documentaire, etc.).

Finalement, cette activité de synthèse devrait développer davantage votre **autonomie dans votre démarche d'apprentissage** de nouveaux contenus et de résolution de situations problèmes. L'accent sera donc mis autant sur la démarche suivie que sur les contenus disciplinaires nouveaux à acquérir. De plus, afin de favoriser une meilleure intégration des apprentissages, l'étude des situations problèmes et l'élaboration du travail de recherche se fera sous au moins deux angles disciplinaires, les mathématiques et la physique.

## OBJECTIFS

### Formation fondamentale

Développer l'autonomie de l'élève dans sa démarche d'apprentissage par la résolution multidisciplinaire de situations problèmes en sciences, notamment en physique et en mathématiques.

Pour atteindre cet objectif, l'élève devra :

- intégrer et synthétiser des apprentissages;
- suivre une démarche de recherche et de résolution de problèmes;
- élaborer des modèles et mathématiser des situations problèmes;
- travailler en équipe de façon efficace;
- planifier et gérer un projet;
- argumenter et communiquer des résultats oralement et par écrit;
- intégrer et utiliser les nouvelles technologies de l'information et les outils informatiques dans un cadre multidisciplinaire : calculs et simulations avec les logiciels de calculs symboliques tels que *Maple*, *Mathematica* et *InteractivePhysics*, recherche d'informations sur Internet avec *Netscape*, rédaction de rapports avec *Word*, etc.

## Formation spécifique

Acquérir de nouvelles connaissances en mathématiques et en physique.

### STRUCTURE DU COURS

*Introduction à l'apprentissage par problèmes (APP) adaptée à la méthode de modélisation*

- Rudiments de la méthodologie APP-modélisation utilisée et sa justification
- Modalités et exigences du travail en équipe
- Schématisation des concepts
- Protocole de recherche documentaire en bibliothèque et sur le réseau Internet
- Exemple APP-modélisation avec thème imposé pour acquérir et appliquer la méthodologie

*Première partie : Pratique de l'APP-modélisation*

- Étude successive de **trois situations problèmes**
- Récapitulation, schématisation, bilan
- Acquisition de matières nouvelles en mathématiques et en physique
- Initiation au logiciel de calculs symboliques *Maple*

*Deuxième partie : Travail de recherche dans un cadre APP-modélisation*

- Pour chaque équipe, choix d'un type de projet : rétro-ingénierie avec l'Uqar, vulgarisation avec le cours complémentaire de philosophie, travail à distance avec l'IUT de Cachan, collaboration avec des organisations scientifiques régionales, projets divers.
- Pour chaque équipe, choix de thèmes, élaboration d'une problématique et définition d'objectifs de recherche
- Rédaction d'un devis de projet : plan de travail, répartition des tâches en équipe, échéancier
- Travail de recherche et rencontres régulières avec le tuteur
- Présentation au groupe des résultats de la recherche et remise du rapport
- Bilan de la méthode APP-modélisation et du cours *Activité de synthèse*
- Présentation publique du projet;

## CONTENUS DISCIPLINAIRES NOUVEAUX

Pour la **première partie du cours**, les notions nouvelles qui seront abordées dans cette activité touchent les thèmes identifiés par les départements de mathématiques et de physique. Par ailleurs, les contenus seront vus à partir de situations problèmes d'envergure et de difficultés croissantes. Cette approche devrait aussi permettre d'initier les élèves à la *méthodologie d'apprentissage par problèmes* (APP) adaptée à la méthode de modélisation.

Les situations problèmes présentées devront permettre une bonne intégration des éléments importants acquis antérieurement en physique et en mathématiques.

Pour cette première partie du cours, les contenus disciplinaires proposés sont obligatoires.

## DISCIPLINES MATHÉMATIQUES

### *Analyse vectorielle*

- Définition
- Fonctions vectorielles
- Cinématique du point
- Intégrale curviligne d'une fonction à plusieurs variables;
- Champs vectoriels;
- Rotationnel et divergence;
- Intégrale curviligne d'un champ vectoriel;
- Potentiel et champs conservatifs;

### *Compléments d'algèbre linéaire*

- Changements de base
- Valeurs propres, vecteurs propres et diagonalisation de matrice

### *Discipline physique*

- Courant alternatif
- Impédance
- Résonance

## CONTENUS DISCIPLINAIRES FACULTATIFS

Pour la **deuxième partie du cours**, chaque équipe devra soumettre une situation problème et une problématique qui devront rencontrer les critères de validation retenus, entre autres la présence de contenus disciplinaires d'au moins deux disciplines, soit les mathématiques et la physique. Le thème d'étude, la problématique retenue et les contenus disciplinaires inhérents devront être acceptés par l'équipe de tuteurs. Ainsi les contenus disciplinaires traités dans cette partie du cours différeront d'une équipe à l'autre et d'un élève à l'autre compte tenu du caractère individuel du traitement d'une partie de la problématique retenue.

## MÉTHODOLOGIE

Le cours sera basé sur l'apprentissage par problèmes (APP) adapté à la méthode de modélisation. Cela consiste à modéliser, résoudre et simuler une situation problème donnée en utilisant les connaissances antérieures et en identifiant les sujets d'études nécessaires à sa résolution dans les deux disciplines. Le tout est sous la supervision de l'enseignante ou de l'enseignant qui agit comme **tuteur** et comme personne-ressource. Vous aurez donc l'occasion, lors de la résolution de ces situations problèmes, d'utiliser vos connaissances antérieures, de les approfondir, de les intégrer, de les relier à des connaissances d'autres disciplines, d'apprendre de nouvelles connaissances, et tout ceci dans une démarche transférable à d'autres situations problèmes. De plus, vous aurez la possibilité de définir vous-mêmes une problématique reliée à votre vie quotidienne, à votre future profession, à vos intérêts, à votre curiosité, etc., et à émettre des hypothèses de solution.

Ainsi, sauf pour l'introduction, le travail supervisé en équipe, la recherche et l'étude individuelles ainsi que le tutorat seront privilégiés. Au besoin, les tuteurs pourront faire des interventions devant toute la classe pour des mises au point, récapitulations et bilans.

## CALENDRIER DU COURS

Consulter le semainier joint en annexe au plan de cours.

## ÉVALUATION FORMATIVE

Le tuteur sera à même, tout au long du trimestre, par ses conseils lors du travail d'équipe et des rencontres hebdomadaires, de permettre à l'élève d'évaluer la qualité et la pertinence de ses travaux.

Afin de permettre aux élèves de se familiariser avec cette méthodologie avant d'être évalués sommativement, tous les travaux exécutés pour la première situation problème seront corrigés formativement (journal de bord, compte rendu, exposé oral, évaluation du travail d'équipe).

## ÉVALUATION SOMMATIVE

Voici les éléments retenus pour l'évaluation sommative du cours

- **Contenus** disciplinaires scientifiques visés par les situations problèmes.
- **Contenus** disciplinaires acquis par une démarche autonome.
- Objectifs de **formation générale** (argumentation, communication orale et écrite, culture scientifique, curiosité, etc.).
- **Méthodologie** (démarche APP, formulation d'hypothèses, définition d'objectifs, élaboration de modèles, rédaction de protocoles d'expérimentation, planification, procédures de résolution, etc.).
- **Comportement** en équipe (interventions, écoute, assiduité, contributions, initiative, etc.).
- Qualité du **traitement** des problèmes choisis, niveau de développement.

Première partie - Pratique de l'APP (35 %)

• Communication orale	5 %
• Comptes rendus de l'équipe (problèmes n <sup>os</sup> 2 et 3)	30 %

Deuxième partie - Travail de recherche (50 %)

• Devis de projet	5 %
• Communication orale devant le groupe	8 %
♦ <i>note globale</i> attribuée à l'équipe pour la présentation générale	
♦ <i>note individuelle</i> attribuée à chaque membre de l'équipe pour le traitement du volet de la problématique dont il était responsable	
• Rapport de recherche	32 %
♦ <i>note globale</i> attribuée à l'équipe pour l'introduction, la conclusion, la bibliographie et la présentation générale (25 %)	
♦ <i>note individuelle</i> attribuée à chaque membre de l'équipe pour le traitement du volet de la problématique dont il était responsable et la présentation de l'ensemble du travail aux tuteurs (10 %)	
• Présentation	5 %
♦ <i>Présence</i> (2 %)	
♦ <i>Matériel de présentation</i> La note porte sur la qualité de la synthèse et sur la présentation sous forme de schéma de concepts (3 %)	

Examen (15 %)

## Remarque

En cas de lacune dans le travail d'équipe, l'élève peut être pénalisé de 1 % de la note finale par faute constatée, jusqu'à concurrence de 5 % de la note finale. En cas de litige au sein d'une équipe, le tuteur arbitre les différends.

## MATÉRIEL DIDACTIQUE OBLIGATOIRE

*Se procurer à la Coop*

- ♦ *Guide de l'élève : Activité de synthèse en Sciences de la nature, filière Mathématiques-Physique, édition 1999;*

Numéro de référence .....

Prix .....

- ♦ *Guide d'utilisation de Maple V Release 5, 1999, disponible à la Coop.*
- ♦ *Guide d'utilisation d'InterActivePhysics, 1999, disponible à la Coop.*
- ♦ *Compléments de Mathématiques, disponible à la Coop.*
- ♦ *Exercices de vérification de la matière, disponible à la Coop*

## MATÉRIEL DIDACTIQUE UTILE

- ♦ Les volumes des cours antérieurs de mathématiques (201-103, 201-105 et 201-203) et ceux de physique (203-101, 203-201 et 203-301).
- ♦ Les cahiers de laboratoire *Mathematica* ou le guide *Mathematica*.
- ♦ LEBEL, Ginette et Marie-Claude PINEAULT. *Vade mecum : aide méthodologique*, Presses pédagogiques de l'Est, 1997.

## PRÉSENCE AU COURS

La présence aux rencontres d'équipe, aux rencontres avec le tuteur et aux présentations orales est obligatoire.

## COMITÉ DE RÉVISION

Le comité de révision de notes est mandaté par les départements pour :

- A) vérifier si l'évaluation et la notation se sont faites conformément au plan de cours;
- B) réviser la notation d'un examen ou d'un travail seulement si celui-ci n'a pu être contesté par l'élève auprès de l'enseignant ou de l'enseignante au cours du trimestre. La contestation d'une note en cours de trimestre est la responsabilité de l'élève; elle doit être faite dans la semaine qui suit la remise de l'examen ou du travail corrigé à l'ensemble des élèves. En cas de désaccord entre l'enseignante ou l'enseignant et l'élève, celui-ci dispose d'une semaine supplémentaire pour transmettre le cas à la coordonnatrice ou au coordonnateur du département; le cas sera alors soumis au Comité de révision de notes. Le coordonnateur ou la coordonnatrice convoque, au moment jugé opportun, le Comité de révision et avise l'élève qui désire se faire entendre.

## POLITIQUE DU FRANÇAIS

Dans les évaluations sommatives, les fautes de français entraînent une pénalité, jusqu'à concurrence de 10 %.

## PLAN DE COURS

Comme ce cours est à ses débuts, il sera régulièrement évalué et, à la suite de ces évaluations, certains de ces éléments (échéances, contenu, etc.) pourront être réaménagés pour permettre de mieux atteindre les objectifs. Ce réaménagement devra faire l'objet d'une entente entre les élèves et les tuteurs, et avec les départements si ces réaménagements sont importants.

## SEMMAINIER 011

*Activité de synthèse en Sciences de la nature*  
*Filière mathématiques-physique (cours Math-101 et Phys-902)*

SEMAINE	BLOC DE 2 HEURES	BLOC DE 3 HEURES
Semaine (1)	Présentation du plan de cours	Introduction à l'APP selon la méthode de la modélisation Exemple Acquisition de matières nouvelles
Semaine (2)	<b>Problème 1</b> <i>Étape 1 : Observation</i> Problématique Plan de recherche bibliographique	<i>Étape 2 : Mathématisation</i> Élaboration du modèle Protocole d'expérimentation  <i>Étape 3 : Expérimentation</i> Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes
Semaine (3)	<b>Laboratoire d'informatique</b> <i>Étape 4 : Interprétation</i> Synthèse Préparation du rapport	Présentation du rapport Mise au point – Approfondissement  <b>Vérification du journal de bord</b> Mise au point sur les nombres complexes Acquisition de matières nouvelles Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes
Semaine (4)	<b>Problème 2</b> <i>Étape 1 : Observation</i> Problématique Plan de recherche bibliographique Réservation du laboratoire d'informatique	<i>Étape 2 : Mathématisation</i> Élaboration du modèle Protocole d'expérimentation  <i>Étape 3 : Expérimentation</i> Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes

<b>SEMAINE</b>	<b>BLOC DE 2 HEURES</b>	<b>BLOC DE 3 HEURES</b>
Semaine (5)	<b>Laboratoire de physique</b> <i>Étape 4 : Interprétation</i> Synthèse Préparation du rapport	Présentation du rapport Mise au point – Approfondissement <b>Remise du journal de bord</b> Laboratoire d’informatique (D-309) Réservation de deux périodes
Semaine (6)	Approfondissement Réservation du laboratoire d’informatique	Ajustement Liste de trois sujets pour la seconde partie du cours Laboratoire d’informatique (D-309) Réservation de deux périodes
Semaine (7)	<b>Problème 3</b> <i>Étape 1 : Observation</i> Problématique Plan de recherche bibliographique Réservation du laboratoire d’informatique	<i>Étape 2 : Mathématisation</i> Élaboration du modèle Protocole d’expérimentation  <i>Étape 3 : Expérimentation</i> Laboratoire d’informatique (D-309) Introduction au travail de recherche
Semaine (8)	<b>Laboratoire de physique</b> <i>Étape 4 : Interprétation</i> Synthèse Préparation du rapport	Présentation du rapport Mise au point – Approfondissement  <b>Vérification du journal de bord</b> Laboratoire d’informatique (D-309) Réservation de deux périodes Remise du devis de recherche

<b>SEMAINE</b>	<b>BLOC DE 2 HEURES</b>	<b>BLOC DE 3 HEURES</b>
Semaine (9)	Approfondissement Réservation du laboratoire d'informatique	Ajustement Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes
Semaine (10)	Questions de révision <i>Évaluation du travail d'équipe</i> Réservation du laboratoire d'informatique	Travail en équipe à la production du devis de recherche Réservation du laboratoire d'informatique
Semaine (11)	Planification des rencontres hebdomadaires Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes	Travail de recherche, rencontre hebdomadaire avec le tuteur Réservation du laboratoire d'informatique
Semaine (12)	Travail de recherche, rencontre hebdomadaire avec le tuteur Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes	Travail de recherche, rencontre hebdomadaire avec le tuteur Réservation du laboratoire d'informatique
Semaine (13)	Travail de recherche, rencontre hebdomadaire avec le tuteur Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes	Travail de recherche, rencontre hebdomadaire avec le tuteur Réservation du laboratoire d'informatique
Semaine (14)	Travail de recherche Rédaction du rapport de recherche Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes	Rédaction du rapport de recherche Rencontre hebdomadaire avec le tuteur Préparation de l'exposé oral Réservation du laboratoire d'informatique

<b>SEMAINE</b>	<b>BLOC DE 2 HEURES</b>	<b>BLOC DE 3 HEURES</b>
Semaine (15)	Remise du rapport de recherche Examen Préparation de l'exposé oral Laboratoire d'informatique (D-309) Réservation de deux périodes	<b>Présentation aux tuteurs</b>  <b>Exposés oraux</b>  Toute la classe
Semaine (16)	<b>Présentation aux tuteurs</b>  <b>Exposés oraux</b> Toute la classe  <b>Remise du rapport de recherche</b> (date limite)	<b>Fin du trimestre</b>

## **Annexe E.3 : Planification du projet de fin d'études**

Les projets de fin d'études réalisés en collaboration avec l'UQAR s'échelonnent sur une partie importante de la session. Ils demandent un certain réaménagement en ce qui concerne les points suivants :

### **Échéancier**

Le devis doit être présenté à la fin de la semaine précédant la mi-session; le rapport final doit être prêt pour le 8 mai. La présentation orale et le kiosque doivent être prêts pour la mi-mai.

### **Devis**

Le devis doit inclure les éléments suivants :

- Une brève description de la nature du projet et de sa problématique;
- Une brève description de l'arrimage avec le projet de l'UQAR;
- Une description des principales tâches à accomplir et une identification des principales difficultés appréhendées;
- Une répartition des tâches;
- Un échéancier hebdomadaire réaliste prévoyant la remise du rapport le 8 mai.

### **Journal de bord**

Le journal de bord doit être tenu sur une base hebdomadaire et inclure les éléments suivants :

- Les ordres du jour et les procès-verbaux (une page au maximum) de chacune des réunions hebdomadaires et des rencontres avec les étudiants de l'UQAR. Les procès-verbaux comprennent l'évaluation des travaux de la semaine par rapport à l'échéancier, l'état du projet, dans l'ensemble, par rapport à l'échéancier, les ajustements à apporter et les tâches de chaque membre de l'équipe pour la semaine qui suit :
  - Un rapport des activités hebdomadaires de la part de chacun des membres de l'équipe (0,5 page au maximum);
  - Un bref compte rendu des rencontres avec le tuteur ou avec les personnes-ressources;
  - En annexe, les principaux documents consultés, la bibliographie et les sites Internet utilisés.

## **Fonctionnement**

Chaque semaine, un membre de l'équipe doit brièvement présenter le journal de bord au tuteur pour évaluer l'état d'avancement du projet et le fonctionnement de l'équipe (15 minutes maximum).

Comme il s'agit d'un projet expérimental, les éléments précédents pourront être réévalués en tout temps.

Annexe E.4 : *Manuel de référence de l'activité de synthèse*

# Sciences de la nature

Activité de synthèse

*Filière Mathématiques-Physique*

Manuel de référence

Collection *Notes de cours*

*Version 2001*



Réal Cantin  
Philippe Etchecopar  
Denise Lacasse  
Lucien Roy  
Cégep de Rimouski

*Manuel de référence*

avec la collaboration de Gaétan Beaudoin, André Lavoie, Réal Savard, Céline St-Pierre,  
Jean-Paul Sauvé et Guy Sirois

*Mathematica* est une marque déposée de Wolfram Research.

*Maple* est une marque déposée de Waterloo Maple Software Inc.

*Microsoft Windows* est une marque déposée de Microsoft Corporation.

*IBM* est une marque déposée d'International Business Machines Corporation.

*Macintosh* est une marque déposée de la société Apple Computer Incorporated.

La reproduction totale ou partielle des textes et des illustrations est interdite sans  
l'autorisation écrite des Presses pédagogiques de l'Est .

Presses pédagogiques de l'Est 1999  
60, rue de l'Évêché Ouest  
Rimouski (Québec)  
G5L 4H6  
Tous droits réservés



# Table des matières

Présentation générale

## **Première partie : Étude de situations problèmes**

Document 1	Description de L'Apprentissage Par Problèmes (APP) adaptée à la méthode de modélisation
Document 2	Protocole de recherche documentaire
Document 3	Comment chercher sur Internet ?
Document 4	Schématisation de concepts
Document 5	Pour un travail d'équipe efficace
Document 6	Vers une démarche autonome d'apprentissage
Document 7	Les simulations avec <i>Maple</i> et <i>Mathematica</i>
Document 8	Gabarits pour les documents à produire
Document 9	Initiation à l'aide d'un exemple
Document 10	Le journal de bord de l'équipe
Document 11	Évaluation de la première partie du cours

## **Seconde partie : Travail de recherche autour d'une problématique**

Document 12	Travail de recherche
-------------	----------------------

## **Annexes :**

Annexe 1	Les outils mathématiques
Annexe 2	Sites Web reliés aux sciences mathématiques et physique
Annexe 3	Exemples de thèmes de recherche

# Présentation générale

## 1. Organisation du cours

Le cours *Activité de synthèse* en Sciences de la nature débute par une courte introduction suivie successivement de deux parties distinctes d'égale importance (*voir schéma en pages suivantes*) :

- \* **L'INTRODUCTION** permet d'expliquer la méthodologie utilisée et les critères d'évaluation qui lui correspondent.
  
- \* La **PREMIÈRE PARTIE** consiste en l'étude successive, par la méthode APP (Apprentissage Par Problèmes), de *situations problèmes* couvrant les contenus visés. Cette méthode est basée sur le *travail en équipe* et le *tutorat*. L'étude de ces situations problèmes permet d'initier et de stimuler l'apprentissage de nouveaux contenus disciplinaires, tout en contribuant à la formation générale de l'élève. La méthode utilisée pour traiter des situations problèmes est celle de la *modélisation*. Cette méthode est particulièrement utilisée lorsqu'il faut représenter et étudier des phénomènes physiques à l'aide du langage mathématique. L'utilisation de *situation problème* vise à :
  - motiver, donner un sens au travail, éveiller la curiosité
  - relier les connaissances académiques aux problèmes de la vie réelle
  - familiariser avec la recherche documentaire
  - rendre autonome dans la quête d'informations pertinentes
  - améliorer la qualité du travail en équipe
  
- \* La **DEUXIÈME PARTIE** est un travail de recherche basé sur une problématique suggérée par l'élève. Cette partie donne l'occasion de s'exercer à :
  - élaborer une problématique à partir d'un thème
  - préparer une recherche de longue haleine en présentant un devis de recherche réaliste et complet
  - répartir le travail et les responsabilités au sein de l'équipe pour sa réalisation
  - planifier son temps et son travail
  - présenter le résultat d'une recherche sous forme d'un rapport écrit conforme aux normes scientifiques
  - présenter le résultat d'une recherche sous forme d'un exposé oral satisfaisant

## **2. Objectifs généraux d'apprentissage**

En plus des objectifs de contenus disciplinaires, une grande importance est accordée aux objectifs de formation générale. Les principaux éléments de formation générale visés dans ce cours sont :

### **2.1 travailler en équipe efficacement**

- communiquer adéquatement au sein de l'équipe.
- planifier le travail et distribuer les tâches au sein de l'équipe.
- animer une équipe correctement (*fonction d'animateur*).
- prendre des notes pertinentes afin de rédiger un COMPTE RENDU satisfaisant (*fonction de secrétaire*).
- communiquer oralement le résultat du travail d'équipe à l'ensemble de la classe (*fonction de porte-parole*).

### **2.2 effectuer une recherche efficace**

- dresser un plan de recherche documentaire adéquat
- faire appel à ses connaissances antérieures afin de poser des hypothèses vraisemblables.
- faire preuve de curiosité, d'initiative et d'imagination dans la recherche des problématiques reliées à la situation problème.
- cibler les connaissances nouvelles à acquérir
- utiliser efficacement la bibliothèque et les moyens modernes de communication. comme le réseau Internet pour trouver rapidement les documents les plus pertinents à la recherche.
- extraire rapidement l'information recherchée des documents disponibles.
- organiser et résumer l'ensemble des informations recueillies.

### **2.3 analyser et traiter un problème sous différents angles disciplinaires**

- pouvoir intégrer et transférer à des situations problèmes les concepts physiques et mathématiques nécessaires.
- cibler et utiliser les outils mathématiques nécessaires.
- mathématiser une situation concrète.
- utiliser l'outil informatique pour simuler divers aspects de la situation problème.

### **2.4 communiquer**

- tenir un JOURNAL DE BORD sur ses activités de recherche.
- schématiser ces informations en relation avec le problème traité.
- rédiger un rapport de recherche et en faire une présentation orale.

Le type de formation fondamentale que ce cours espère vous fournir est particulièrement important pour vous aider à poursuivre des études universitaires. Cette formation est également importante pour ceux et celles qui travailleront dans le domaine des sciences lorsque l'on constate l'évolution rapide de ce domaine.

Ce type de formation est de plus en plus développé à l'université dans les sciences pures et appliquées. La plupart des programmes comportent un ou plusieurs cours de ce type.

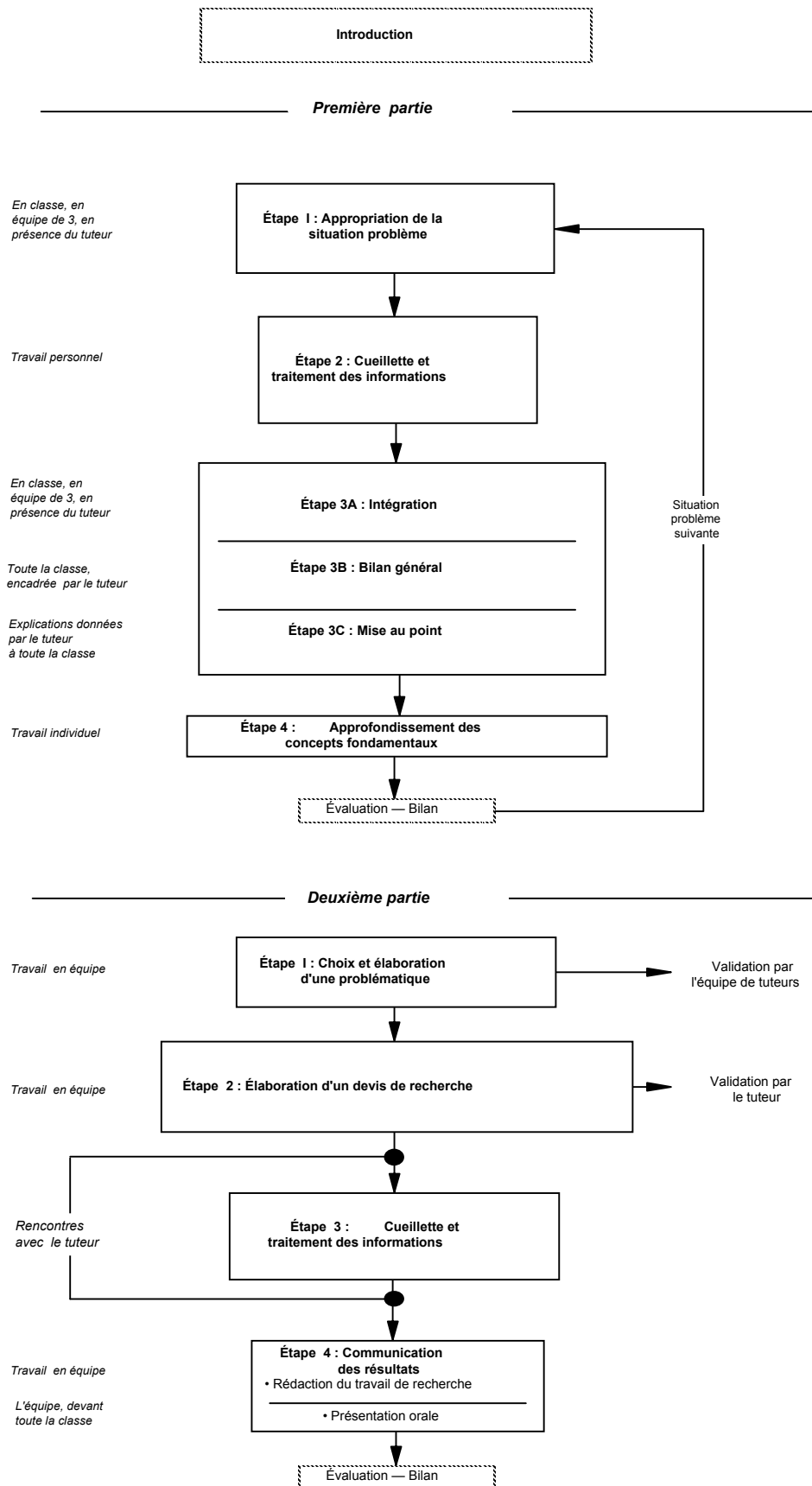
Voici la présentation du cours « *Ingénierie, design et communication* » donné dans le cadre du programme de Génie de l'UQAR :

*« Nous vivons dans un monde technologique en constante évolution. Pour l'ingénieur, la résolution de problèmes, la conception et l'innovation technologique sont des tâches quotidiennes. Dans son travail l'ingénieur est appelé à collaborer étroitement avec plusieurs partenaires : scientifiques, collègues ingénieurs, autres professionnels, technologues, techniciens et ouvriers spécialisés. Pour assumer des fonctions stratégiques au sein de telles équipes, l'ingénieur doit posséder des connaissances scientifiques et techniques, travailler avec rigueur, méthode et sens des responsabilités, faire preuve d'esprit d'équipe et de créativité, être en mesure de communiquer efficacement ses idées. »*

Dans ce guide, nous traiterons d'abord de la méthodologie utilisée dans la première partie du cours, soit une méthode APP adaptée. On trouvera les indications concernant le travail de recherche à réaliser durant la deuxième moitié du semestre dans le document n°9.

Nous vous présenterons d'abord deux schémas décrivant le déroulement de l'activité de synthèse dans la filière mathématiques-physique avec la méthode de la modélisation puis un schéma décrivant la méthode de l'APP utilisée dans la filière chimie-biologie.

## Activité de synthèse en Sciences de la nature



# **Sciences de la nature**

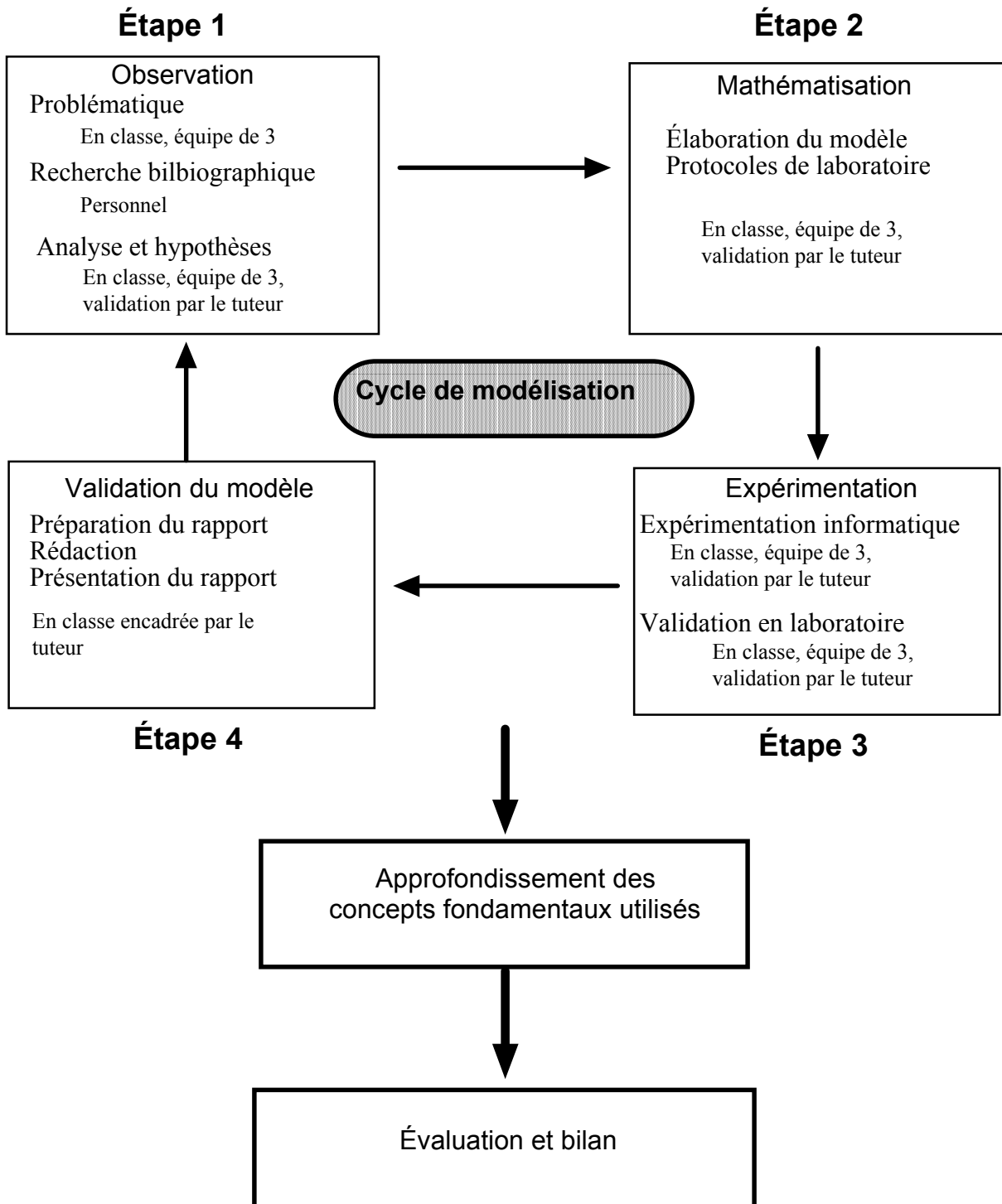
Activité de synthèse

*Filière Mathématiques-Physique*

## **Partie 1**

Étude de situations problèmes

**Première partie : Étude de situations  
problèmes par Approche par Problèmes selon  
la méthode de la modélisation**



# DOCUMENT 1

## Description de L'Apprentissage Par Problèmes (APP) adaptée à la méthode de modélisation

L'Approche Par Problèmes est différente de la méthode d'enseignement à laquelle vous avez été habitué. Dans cette dernière, la matière nouvelle est d'abord enseignée dans le cadre de cours magistraux, puis des exercices d'application vous sont proposés pour vous permettre de vous assurer que vous avez bien acquis cette matière. Dans le cas de l'Apprentissage Par Problèmes, c'est le processus inverse : une situation problème vous est proposée au départ. Vous devez d'abord en comprendre la problématique, puis identifier les connaissances acquises ou à acquérir pour traiter cette situation. C'est donc une démarche qui vise à développer votre autonomie par rapport à votre propre apprentissage. Elle vise également à vous initier au travail d'équipe. Ce sont là des aptitudes qui vous seront très utiles dans vos études universitaires et dans votre vie professionnelle.

Pour traiter des situations problèmes reliées aux sciences physiques, vous utiliserez la méthode de la *modélisation*, qui est une méthode classique pour ce domaine et que vous avez déjà rencontré en mathématiques.

### Table des matières

<b>1. La méthode de la modélisation .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Étapes de la modélisation .....</b>	<b>2</b>
2.1 Étape 1 : l'observation .....	2
2.1.1 Définition de la problématique.....	2
2.1.2 Recherche de documentation.....	4
2.1.3 Hypothèses sur le découpage du problème et les aspects à traiter : élaboration du modèle .....	5
2.2 Étape 2 : Mathématisation.....	7
2.2.1 Élaboration du modèle .....	7
2.2.2 Protocoles de laboratoire.....	7
2.3 Étape 3 : Traitement informatique et validation en laboratoire .....	8
2.3.1 Traitement informatique.....	8
2.3.2 Validation en laboratoire de physique.....	9
2.4 Étape 4 : Interprétation des résultats et validation .....	9
2.4.1 Préparation et rédaction du rapport final.....	9
2.4.2 Préparation de la présentation orale .....	11
<b>3. Approfondissement et bilan .....</b>	<b>12</b>
3.1 Approfondissement .....	12
3.2 Bilan .....	13

4 Organisation du temps et des équipes.....	14
---	----

5. En guise de conclusion provisoire.....	15
---	----

## 1. La méthode de la modélisation

Galilée, le fondateur de la science moderne, a dit que « les mathématiques sont le langage de la nature ». Il est le premier à avoir décrit un phénomène physique, la chute des corps, à l'aide d'une équation. Ce langage mathématique permet de prévoir quantitativement le déroulement d'un phénomène. Il permet de passer de la description verbale d'un phénomène à une description quantitative, comme le dit Giorgio Israël<sup>(1)</sup>. Si les équations représentent fidèlement le phénomène, il devient alors possible d'expérimenter sur le phénomène par le seul biais des équations. Il devient possible de le reproduire et d'en prévoir le déroulement.

Cette utilisation du langage mathématique pour représenter, expérimenter ou prévoir un phénomène physique, c'est ce qu'on appelle le *modéliser*.

Pour leur part, dans « L'Univers mathématique », Reuben et Hersh présentent le principe de la modélisation mathématique de la façon suivante :

*« Un modèle mathématique est un ensemble complet et consistant d'équations mathématiques qui sont destinées à correspondre à une autre entité, son prototype. Le prototype peut être une entité physique, biologique, sociale, psychologique ou conceptuelle, peut être même un autre modèle mathématique. Au mot « équation » on peut substituer « structure », car on ne travaille pas toujours avec un modèle numérique.*

*Quelques-uns des objectifs pour lesquels on construit des modèles sont :*

- 1. obtenir des réponses sur ce qui va se passer dans le monde physique*
- 2. influencer sur une expérimentation ou une observation ultérieure*
- 3. développer le progrès et la compréhension conceptuels*
- 4. aider l'axiomatisation de la situation physique*
- 5. développer les mathématiques et l'art de fabriquer des modèles mathématiques. »*

Avant de rappeler les étapes nécessaires pour établir un modèle, il convient d'en indiquer les limites. Le modèle est au phénomène ce que la carte est au territoire : c'est une copie simplifiée qui ne peut le reproduire exactement. Si ce que prédit le modèle ne coïncide pas avec l'observation du phénomène, c'est le modèle qui a tort ! Quand on a défini un modèle, il faut donc le valider et en préciser les limites.

---

(1) ISRAEL, Giorgio, *La mathématisation du réel*, Le Seuil, 1996

Reuben et Hersh précisent les limites des modèles mathématiques :

*« La compréhension du fait que les théories physiques peuvent changer ou être modifiées (mécanique classique contre mécanique relativiste, par exemple), qu'il peut exister des théories concurrentes, que les mathématiques disponibles peuvent ne pas être adaptées pour venir à bout d'une théorie au sens plus large, tout ceci a conduit à une acceptation pragmatique d'un modèle comme « une chose du moment », une approximation convenable pour un état de fait plutôt qu'une expression d'une vérité éternelle. Un modèle peut être jugé bon ou mauvais, simpliste ou sophistiqué, esthétique ou laid, utile ou inutile, mais on est moins penché à l'étiqueter comme « vrai » ou « faux ». La focalisation contemporaine sur les modèles plutôt que sur les théories a conduit à l'étude de la création des modèles comme un art en soi avec une diminution correspondante de l'intérêt pour la situation spécifique qui a été modélisée. »*

Avec leur puissance de calcul, les ordinateurs sont particulièrement utiles pour établir un modèle et simuler un phénomène. Mais ils en indiquent aussi les limites. C'est en effet grâce à leur puissance de calcul que la théorie du chaos a pu établir que les modèles les plus précis pouvaient être sensibles à d'infimes erreurs de calcul et que les réponses obtenues perdaient alors toute signification.

## **2. Étapes de la modélisation**

La modélisation d'une situation problème se déroule suivant quatre grandes étapes, étalées sur deux ou trois semaines selon l'ampleur du problème. Ces étapes correspondent aux étapes classiques de toute démarche scientifique.

### **2.1 Étape 1 : l'observation**

Cette étape est essentielle. Elle est pourtant négligée dans les cours traditionnels où il s'agit la plupart du temps d'appliquer dans des exercices ou problèmes bien précis les notions ou formules acquises dans ces cours. En réalité le travail en sciences consiste d'abord à observer les phénomènes pour les comprendre. Un des principaux objectifs de ce cours est de vous familiariser à la compréhension globale d'un problème, puis à une recherche documentaire pour en avoir une compréhension plus précise.

Cette première étape se déroule en trois parties : la définition de la problématique, la recherche documentaire et découpage du problème en sous-problèmes. En conclusion de cette étape vous formulez une hypothèse sur l'aspect de ce problème, ou du sous problème, que vous allez traiter et les principales lois physiques ou mathématiques sur lesquelles vous allez vous appuyer.

#### **2.1.1 Définition de la problématique**

L'objectif de cette partie est de comprendre suffisamment le problème dans son ensemble pour savoir quoi chercher. En effet vous n'avez pas à inventer les outils mathématiques ou physiques pour résoudre votre problème. Les solutions existent certainement quelque part ( manuel, revue, site Internet, encyclopédies, etc. ) sous une forme ou sous une autre. Vous devez trouver ces solutions, en

faire une synthèse et les adapter à votre problème. Pour cela il est nécessaire d'avoir une vision d'ensemble et de se donner des pistes de recherche documentaire.

Cette partie se déroule en classe en présence du tuteur. Sa durée ne doit pas dépasser une heure. Elle se traite en équipe, par « remue-méninges ». Il s'agit dans un premier temps de récolter le plus d'idées possibles. Pour cela, les idées émises dans ce tour de table ne doivent pas être critiquées dans ce premier temps : l'important c'est qu'il y en ait ! Ensuite, dans un second temps, les idées recueillies sont critiquées pour ne conserver que celles qui semblent les plus intéressantes et s'il n'en reste plus assez, l'équipe reprend un autre tour de table. L'équipe peut utiliser un dictionnaire pendant cette séance de remue-méninges. Vous pouvez aussi utiliser un dictionnaire scientifique anglais pour établir une liste de mots clés dans cette langue.

À la fin de cette séance de « remue-méninges » la compréhension de la situation doit être suffisante pour que l'équipe sache quoi chercher lors de la seconde partie de cette première étape, soit celle de la recherche bibliographique. Pour cela elle doit se donner une série de mots clés adéquats et quelques pistes plus précises sur les lois physiques ou mathématiques pouvant être utiles. Vous devez avoir une première idée des différents sous-problèmes.

Voici sous forme de tableau les activités et les objectifs pédagogiques de cette première partie.

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Après lecture de la situation problème, période de réflexion</li> </ul>	Mobiliser les connaissances antérieures
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclaircissement sur les termes utilisés (mots ou expressions à définir)</li> </ul>	S'assurer d'une compréhension commune du problème à traiter (un problème bien cerné est en partie résolu)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse de la situation problème en la divisant en sous-problèmes (questions soulevées par le problème)</li> </ul>	Apprendre à décortiquer un problème complexe en sous-unités plus faciles à aborder
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulation des questions d'études (<i>territoires</i> à explorer et à délimiter...)</li> </ul>	Se forger une première représentation globale du problème
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planification du travail de recherche à effectuer ( établir une liste de mots-clés, se répartir les tâches, fixer un calendrier )</li> </ul>	Apprendre à planifier adéquatement un travail de recherche
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition du problème en une ou deux lignes</li> </ul>	

Une fois la problématique définie, l'équipe détermine les objectifs les plus précis possibles de la recherche bibliographique qu'elle va entreprendre. Par exemple elle établit la nature des manuels disciplinaires par lesquels elle va débiter sa recherche, les mots clés à utiliser, etc. L'équipe peut utiliser les manuels de cours et elle doit pouvoir présenter au tuteur les pistes de recherche bibliographiques qu'elle vient de se donner. Un plan de recherche bien défini permet de gagner beaucoup de temps !

### 2.1.2 Recherche de documentation

Cette seconde partie est basée sur le travail personnel et cette recherche et elle ne devrait pas dépasser deux heures environ.

L'équipe aura planifié précédemment cette partie en se répartissant les différentes questions d'étude. Cette distribution des tâches oriente la recherche documentaire effectuée par chacun des membres. Les questions d'étude les plus importantes peuvent être couvertes par tous (en variant possiblement les références consultées), alors que celles qui sont plus secondaires sont réparties entre les membres de l'équipe. Pour des raisons d'efficacité nous suggérons que les membres de l'équipe se répartissent la recherche bibliographique selon trois grandes catégories de sources :

- une personne pour les ouvrages disciplinaires de sciences, particulièrement les ouvrages de physique et de mathématique;
- une personne pour les encyclopédies et revues ;
- une personne sur les documents disponibles par les nouvelles technologies comme les vidéos, les logiciels spécialisés, les CD-ROM et le réseau Internet (comptoir de prêt).

Cette recherche est importante, car les éléments nécessaires à la mathématisation devraient être obtenus dans les ouvrages disciplinaires de mathématiques ou de physique. La personne qui effectue la recherche dans ce secteur doit reprendre, ou photocopier les passages pouvant être utiles, et bien les comprendre. Elle aura en effet à les expliquer aux autres membres de l'équipe.

Éventuellement les connaissances nouvelles nécessaires doivent être identifiées. Les passages intéressants doivent être pris en note et consignés dans le journal de bord.

Pendant cette recherche bibliographique, que ce soit à la bibliothèque ou sur Internet, vous devez penser au travail de recherche que vous aurez à effectuer dans la seconde partie du cours. Vous aurez à choisir un thème, et, au cours de vos recherches bibliographiques, soyez à l'affût de thèmes qui pourraient vous intéresser. Notez-les dans votre journal de bord, vous aurez à en faire une première liste après l'étude de la seconde situation problème.

Voici, sous forme de tableau, les activités et les objectifs pédagogiques de cette seconde partie.

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
• Recherche bibliographique des sources d'information	Apprendre à trouver rapidement la documentation adéquate
• Recherche sur le réseau Internet	Apprendre à utiliser les moyens modernes de communication et rechercher sur Internet.
• Cueillette des informations les plus pertinentes	Apprendre à trier l'essentiel de façon à extraire rapidement les informations recherchées
• Consignation de la démarche de recherche et des résumés de lecture dans le JOURNAL DE BORD personnel	Permettre un retour sur la méthode (métacognition) Apprendre à être méthodique

### **2.1.3 Hypothèses sur le découpage du problème et les aspects à traiter : élaboration du modèle**

Cette troisième partie se fait en équipe et ne devrait pas dépasser une heure environ.

L'équipe effectue la synthèse de la documentation recueillie. Elle doit être en mesure de formuler une hypothèse sur la structure du problème et des différents sous-problèmes, de préciser et justifier les sous problèmes qui seront retenus et traités et d'identifier les concepts physiques et les outils mathématiques qui seront à la base de la mathématisation de l'Étape 2. Pour y parvenir, il est souvent nécessaire de décrire le phénomène par une ou plusieurs figures, il est aussi nécessaire de schématiser la problématique sous la forme d'un schéma de concepts et enfin de recenser les différentes variables et paramètres. Il est également important de mentionner les unités utilisées.

Une fois cette synthèse effectuée, il est alors possible d'émettre une hypothèse sur la nature du problème proposé. Cette hypothèse consiste à identifier les lois physiques ou mathématiques qui pourraient décrire le phénomène étudié. C'est sur la base de cette hypothèse que reposera la mathématisation de l'étape suivante. Il s'agit en fait d'une hypothèse sur le modèle à élaborer.

Cette hypothèse devra être présentée au tuteur.

Voici, sous forme de tableau, les activités et les objectifs pédagogiques de cette troisième partie.

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthèse des informations recueillies</li> <li>• Il pourrait y avoir un premier schéma pour représenter cette synthèse</li> </ul>	<p>Développer les techniques de résumés de lecture</p> <p>Développer l'esprit de synthèse</p> <p>Acquérir de nouvelles connaissances de façon autonome</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en commun des synthèses des recherches effectuées par les membres de l'équipe</li> </ul>	<p>Améliorer les capacités de communication</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Découpage du problème en sous-problèmes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Développer l'esprit de synthèse et à départager l'important de l'accessoire.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Émission d'hypothèses sur le modèle à élaborer et discussion permettant de retenir les plus plausibles</li> </ul>	<p>Mettre en évidence les différentes facettes du problème (avec regard multidisciplinaire)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul> <p>Organisation des hypothèses et schématisation provisoire</p>	<p>Stimuler la créativité; utiliser son jugement, défendre ses idées tout en admettant ses erreurs</p>
	<p>Réaliser que l'entraide facilite la résolution d'un problème (il y a plus d'idées dans plusieurs têtes que dans une!)</p>

## 2.2 Étape 2 : Mathématisation

Cette étape se déroule en classe par équipes de trois et ne devrait pas dépasser deux heures.

Elle consiste en deux parties : l'élaboration du modèle puis la définition des protocoles de laboratoire en informatique et en physique, si nécessaire.

### 2.2.1 Élaboration du modèle

Cette partie se déroule en classe en présence du tuteur. Il s'agit, sur la base des hypothèses sur les lois physiques ou mathématiques retenues, de transférer, d'adapter, de compléter ou, parfois, d'établir les équations permettant de représenter le phénomène. Les mises en équations se font selon la technique habituelle :

- recensement des variables, détermination des paramètres et de leurs valeurs connues, etc.,
- figure si possible,
- rappels des lois utilisées, choix des variables dépendantes et indépendantes, choix des unités, etc.,
- définition des équations et des fonctions représentant le phénomène étudié et formant son modèle mathématique;

### 2.2.2 Protocoles de laboratoire

Une fois les équations et fonctions du modèle établies, il est nécessaire d'élaborer un protocole de laboratoire d'informatique et un protocole de laboratoire de physique, lorsque cela est possible.

Le protocole de laboratoire d'informatique doit permettre d'étudier le phénomène sur la base des fonctions et des équations de son modèle. Il doit inclure :

- les calculs à effectuer,
- les graphiques à représenter,
- les simulations qu'il serait intéressant d'effectuer selon certains paramètres à justifier.

Chacun de ces éléments (choix des quantités devant être représentées graphiquement, choix des paramètres devant faire l'objet de simulations, etc.) doivent être justifiés. Il faut préciser ce que l'on en attend.

Les logiciels utilisés doivent être mentionnés : *Mathematica*, *Maple*, *Excel*, etc. D'autres types d'outils informatiques peuvent être proposés à l'équipe de tuteurs. Le protocole de laboratoire de physique, si nécessaire, doit permettre de valider les résultats obtenus. Il peut aussi, selon les situations problèmes, prévoir l'utilisation du logiciel *InterActive Physics*.

Voici sous forme de tableau les activités et les objectifs pédagogiques de cette deuxième étape :

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulation des équations et des fonctions correspondant à l'aspect traité du problème</li> </ul>	Intégrer les connaissances acquises en physique et en mathématique Développer la capacité à transférer les connaissances
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rédiger un protocole de laboratoire</li> </ul>	Intégration des connaissances en mathématiques Développer l'esprit d'analyse et l'esprit de synthèse Développer l'esprit critique
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse des données pour compléter l'exploration informatique des différents aspects du problème.</li> </ul>	Développer l'esprit critique. Développer la capacité d'analyse.

À la fin de cette partie, l'équipe devra montrer un rapport d'étape incluant : la mathématisation de la situation problème (concepts physiques, outils mathématiques, variables, paramètres, équations, fonctions...), et les protocoles de laboratoires portant sur le traitement informatique du modèle mathématique et sur la validation physique.

## 2.3 Étape 3 : Traitement informatique et validation en laboratoire

Cette étape se déroule en laboratoire par équipes de trois, elle termine le second bloc et ne devrait pas dépasser deux heures.

Elle consiste en deux parties : le traitement du modèle en laboratoire d'informatique et la validation en laboratoire de physique selon les protocoles déposés à la fin de l'étape précédente.

### 2.3.1 Traitement informatique

Cette partie se déroule en laboratoire d'informatique. Elle ne devrait pas dépasser une heure. Vous devez, à partir du protocole déposé à l'étape précédente, effectuer les calculs nécessitant l'usage de l'ordinateur, représenter graphiquement les fonctions utilisées, simuler selon les paramètres retenus. Vous devez aussi analyser les résultats obtenus et, éventuellement, explorer les pistes que ces résultats vous suggèrent.

Ce traitement s'effectue sur *Maple*. Vous pouvez aussi utiliser d'autres logiciels : *Mathematica*, *Excel*, etc. D'autres logiciels scientifiques, comme *InterActive Physics*, peuvent être utilisés s'ils ont été prévus dans le protocole.

Voici sous forme de tableau les activités et les objectifs pédagogiques de cette première partie :

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rédaction dans <i>Maple</i> des commandes permettant de traiter et de représenter les données. Utilisation éventuelle d'autres logiciels (<i>Mathematica</i>, <i>Excel</i>...).</li></ul>	<p>Développer une bonne maîtrise de <i>Maple</i></p> <p>Intégrer les connaissances acquises en dans la manipulation des logiciels usuels</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Analyse des données pour compléter l'exploration informatique des différents aspects du problème.</li></ul>	<p>Développer l'esprit critique.</p> <p>Développer la capacité d'analyse.</p>

### 2.3.2 Validation en laboratoire de physique

Si la situation problème le nécessite, cette partie se déroule en laboratoire de physique. Elle ne devrait pas dépasser une heure et se situe au début du premier bloc de 2 heures de la seconde semaine.

Les travaux effectués en laboratoire d'informatique et en laboratoire de physique doivent faire l'objet de rapports de laboratoires qui seront inclus dans le rapport final.

## 2.4 Étape 4 : Interprétation des résultats et validation

Cette étape se déroule d'abord en équipe pour effectuer la synthèse des travaux réalisés, à la fin du premier bloc de 2 heures, si possible, puis individuellement pour rédiger le rapport final et enfin en classe pour présenter ce rapport final au groupe. La présentation en classe ne devrait pas dépasser deux heures.

### 2.4.1 Préparation et rédaction du rapport final

L'équipe interprète l'ensemble des résultats obtenus et les compare à la problématique définie à la première étape. Pour effectuer une synthèse nécessaire à la rédaction du rapport final, l'équipe, par la technique du « remue-méninges » peut aborder les questions suivantes :

- Des commentaires sur les résultats obtenus : validité des résultats numériques, validité des données, les résultats sont-ils plausibles ? etc.
- Limites du modèle : les équations simplifient-elles trop le phénomène ? quels aspects ne sont pas pris en compte ? quel est le domaine de validité de ce modèle ?
- Des cas particuliers apparaissent-ils ?
- Ajustements souhaitables du modèle : en fonction de ce qui précède, certains éléments du modèle devraient-ils être améliorés ?
- Quels problèmes complémentaires soulèvent les simulations et les résultats obtenus ?
- L'analyse de la situation problème a-t-elle un aspect économique ? social ? éthique ? politique ? historique ? environnemental ? Si c'est le cas, et cela l'est souvent, ces aspects méritent d'être développés
- Commentaires et conclusions : dans quelle mesure les hypothèses émises à la fin de la première étape sont-elles valides ?

Les membres de l'équipe définissent le cadre du rapport final (cf. le gabarit proposé au document # 8 ) Puis ils se répartissent le travail de rédaction des différentes parties du rapport, y compris les rapports de laboratoire, que le secrétaire se chargera de structurer et d'intégrer en un seul document.

Il est nécessaire d'accorder une importance particulière à la structure du texte, à la cohérence de l'argumentation et à la qualité de la langue, selon ce qui a été enseigné dans les cours de formation générale.

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éventuellement, synthèse des travaux de recherche effectués individuellement par des membres du groupe</li> </ul>	Améliorer les capacités de communication
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussions débouchant sur un consensus et un schéma intégrateur commun</li> </ul>	Porter un jugement, défendre ses idées de façon convaincante, tout en admettant ses erreurs  Clarifier les concepts et les liens entre eux
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilan du travail de recherche (difficultés rencontrées lors de la recherche)</li> </ul>	Cibler les difficultés afin de voir si on peut y apporter des remèdes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rédiger sa partie du rapport</li> </ul>	Développer sa capacité de synthèse Développer sa maîtrise de la langue Développer sa maîtrise des outils informatiques nécessaires
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rédaction du COMPTE RENDU FINAL par le secrétaire</li> </ul>	S'assurer de la participation de tous au processus de recherche
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilan du travail d'équipe</li> </ul>	Trouver des solutions aux obstacles d'ordre matériel, méthodologique ou conceptuel

#### **2.4.2 Préparation de la présentation orale**

Ce travail se fait individuellement selon la planification prévue précédemment. Le porte parole doit préparer sa présentation : il doit se faire un résumé, correspondant au temps imparti, indiquant les points majeurs à développer et prévoir les questions qui pourront être posées. En général on évalue qu'à une minute d'exposé oral correspond un page à double interligne. Il doit se préparer suffisamment pour être capable de présenter son rapport sans avoir à lire son texte. Pour cela il doit se faire un « mémo » d'une feuille recto où figure une liste très succincte des points qu'il doit traiter. Il doit aussi prévoir quelques plaisanteries, drôles de préférence, pour détendre son auditoire. Il doit enfin prévoir le matériel qui l'aidera dans sa présentation : acétates pour les tableaux, graphiques, éléments importants, schémas, etc. Dans la mesure du possible, il doit utiliser un logiciel de présentation comme PowerPoint.

Ce travail se fait en classe. Les membres de l'équipe doivent écouter les présentations des autres équipes et les interroger sur les différences de traitement de la situation problème.

Voici, sous forme de tableau, les activités et les objectifs pédagogiques de cette seconde partie:

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rédaction du COMPTE RENDU FINAL par le secrétaire</li> </ul>	S'assurer de la participation de tous au processus de recherche
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentation orale du rapport au groupe</li> </ul>	Développer les habiletés de communication envers un auditoire intéressé et critique Développer une maîtrise des techniques de présentation Enrichir et améliorer la représentation du problème
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparation à l'étape de généralisation par le tuteur en répondant à des questions connexes au problème traité. <i>Qu'arriverait-il si...?</i></li> </ul>	Faire des transferts Passer du particulier au général Développer l'habileté à traiter un problème

### 3. Approfondissement et bilan

Une fois le travail effectué, il est nécessaire de revenir en classe pour s'assurer que les concepts fondamentaux de physique ont été bien compris et que les outils utilisés en mathématiques ont été bien maîtrisés. Il est également nécessaire que l'ensemble de la classe évalue le travail effectué sur la situation problème, sa pertinence, son déroulement, les différents problèmes rencontrés et des solutions possibles pour mieux préparer la situation problème suivante.

#### 3.1 Approfondissement

Cette partie consiste en une mise au point effectuée par le tuteur permettant de mettre en relief les concepts fondamentaux sous-jacents à la situation problème. Cette partie permet également de préciser les objectifs d'apprentissage de contenus qui seront évalués dans l'examen de mi-session.

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retour et mise au point, par le tuteur, des concepts fondamentaux à approfondir.</li> <li>• Établissement des objectifs d'apprentissage en prévision de l'ÉVALUATION</li> </ul>	<p>Déboucher sur l'apprentissage des notions fondamentales</p> <p>Trier l'essentiel de l'accessoire</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude individuelle des concepts fondamentaux sous-jacents à la situation problème</li> </ul>	<p>Consolider les apprentissages par un approfondissement des concepts fondamentaux</p> <p>Apprendre à revenir systématiquement sur le travail accompli afin de l'enrichir par une réflexion personnelle</p>

### 3.2 Bilan

Cette partie consiste en un bilan et une évaluation effectuée par la classe. Le bilan portera sur le déroulement de l'activité. Il insistera sur les difficultés rencontrées à chacune des étapes que ce soit au niveau du fonctionnement de l'équipe, des ressources disponibles, des difficultés propres à la situation problème et des suggestions pour trouver des solutions à ces difficultés.

L'évaluation portera sur l'atteinte de chacun des objectifs pédagogiques de cette situation problème, de la pertinence de chacune des étapes et sur des suggestions pour l'améliorer.

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluer les difficultés matérielles rencontrées</li> <li>• Évaluer les difficultés de fonctionnement rencontrées et proposer des améliorations</li> </ul>	<p>Développer l'esprit critique et la créativité</p>

## 4 Organisation du temps et des équipes

Chaque situation problème devrait s'étaler sur une période de deux à trois semaines, selon la complexité du problème étudié. Les échéances correspondant aux différentes étapes de la modélisation sont proposées à titre indicatif en fonction des deux blocs de cours. Un certain travail personnel est prévu entre ces blocs. Les équipes peuvent aussi planifier leur temps en fonction du travail à accomplir, des horaires de chacun des membres ou des difficultés rencontrées. Si cet horaire ne peut coïncider avec les blocs de cours, l'équipe pourra rencontrer le tuteur sur ses périodes de disponibilité qu'il aura indiqué au début de la session.

Les contraintes incontournables sont les périodes de réservation des laboratoires d'informatique et de physique et de présentation des rapports, voir l'échéancier du plan de cours à ce sujet. L'autonomie dans le travail commence avec une certaine autonomie dans sa planification.

Dans le cas d'une situation problème d'une durée de 2 semaines, le scénario théorique prévoit :

*La première semaine :*

- 1– En classe, rencontre d'équipe d'une durée de 2 heures pour aborder une nouvelle situation problème, travailler sur la problématique, s'entendre sur la recherche bibliographique et se répartir les tâches.
- 2– Chacun des membres de l'équipe entreprend ensuite, à la bibliothèque ou ailleurs, sa part de recherche individuelle d'une durée de 2 h environ. L'équipe se réunit pour faire la synthèse de cette recherche. Si possible l'équipe rencontre le tuteur pour faire valider cette hypothèse avant le second bloc de cours.
- 3– Le second bloc de rencontre prévu à l'horaire de la semaine peut servir à la troisième partie de l'étape 1, c'est à dire la validation d'une hypothèse, à l'élaboration du modèle de l'étape 2 et à effectuer la période de traitement en laboratoire d'informatique.

*La deuxième semaine :*

- 1– Le premier bloc sert à la validation en laboratoire de physique, à la synthèse et à la répartition des tâches pour la rédaction du rapport final.
- 2 Chacun des membres de l'équipe rédige sa part du rapport final
- 3– Le second bloc est consacré à la finalisation du rapport, à la présentation des rapports et à l'approfondissement des concepts utilisés.

Le tableau ci-dessous résume ce scénario probable d'un modèle APP, selon la méthode de la modélisation, d'une durée de 2 semaines.

## Semaine 1

<i>Classe ( 2h. )</i>	<i>Personnel ( 2 h )</i>	<i>Bloc ( 3 h )</i>
Problématique Plan de recherche bibliographique	Bibliothèque Synthèse	Hypothèses Élaboration du modèle Traitement informatique

## Semaine 2

<i>Classe ( 2 h. )</i>	<i>Personnel ( 2 h )</i>	<i>Bloc ( 3 h )</i>
Validation Laboratoire de physique ou d'info Synthèse	Rédaction du rapport final	Présentation du rapport Approfondissement

N.B. On devra sans doute tenir compte d'un avancement du travail plus ou moins rapide selon les équipes et les situations problèmes, tout en précisant les **échéances finales à respecter**. Quand une équipe a complété son travail avant la fin du temps imparti, ses membres peuvent entreprendre l'élaboration du modèle ou la rédaction du rapport final.

### 5. En guise de conclusion provisoire

L'utilisation des mathématiques comme « langage de la nature » a été à l'origine de l'essor de la science depuis les trois derniers siècles. Ce « langage » a permis de décrire les phénomènes physiques et de les rendre prédictibles. La méthode scientifique a constitué dès lors en une dialectique permanente entre ce que prévoyait le modèle mathématique et ce qui ressortait de l'expérimentation. Récemment, le développement exponentiel des moyens de calcul ( ordinateurs et logiciels ) a permis l'essor de la *simulation* qui devient un élément essentiel de la modélisation. Il est désormais possible « d'expérimenter » en théorie. Il s'agit là d'une évolution majeure de la méthode scientifique, évolution qui n'en est qu'à ses débuts.

Nous laisserons à Jorge Wagensberg, professeur de physique à l'Université de Barcelone et directeur du Musée de la Science de cette ville, le soin de conclure :

L'ancienne relation réciproque entre la théorie et l'expérience a été le moteur de la science du simple. La complexité est un projet scientifique qui porte sous le bras une proposition, une méthode nouvelle fondée sur six relations mutuelles que l'on peut maintenant établir entre la théorie, l'expérience et la simulation. Énonçons-les :

**1. Relation théorie-expérience** : *la théorie peut décrire, prédire et donc remplacer l'expérience.*

Nous pouvons, par exemple, rejeter telle forme d'aile d'avion sans mettre en danger la vie d'un pilote d'essai.

**2. Relation expérience-théorie** : *l'expérience peut contredire une théorie et par conséquent suggérer qu'elle soit révisée ou rejetée : elle peut aussi signaler l'absence d'une théorie et la nécessité d'en chercher une.*

Newton n'explique pas la courbure des rayons lumineux, il y faut Einstein. La télépathie n'est pas explicable scientifiquement. Cherchons.

Tel était l'état des choses avant l'arrivée de la simulation. Ces deux relations ont été et sont encore au fondement du troisième principe de la méthode scientifique, celui de la dialectique entre théorie et expérience.. Il faut maintenant ajouter quatre autres relations que voici :

**3. Relation simulation-expérience** : *la simulation peut décrire, prédire et donc remplacer l'expérience.*

Soit par exemple un simulateur de trafic, confronté à l'éventualité d'un accident qui resserrerait le flux des véhicules sur une des voies d'accès à une ville. Quelle serait la meilleure manière de réorganiser le rythme de tous les feux rouges ? Il n'existe pas de formule mathématique applicable : quant à l'expérience, il s'agit précisément de l'éviter.

**4. Relation expérience-simulation** : *L'expérience peut contredire une simulation et par conséquent suggère qu'elle soit révisée ou rejetée : elle peut aussi signaler la non-disponibilité d'une simulation et la nécessité d'en élaborer une.*

Ainsi, pour reprendre l'exemple ci-dessus, lorsque le résultat est mauvais ou qu'il n'existe pas même de dispositif de simulation auquel recourir.

Quant aux deux dernières relations, disons que la théorie peut procurer des modèles d'interaction entre les parties, mais aussi des modèles du comportement du tout. Toute incompatibilité entre ces deux niveaux suggère des changements à l'un et/ou l'autre. En particulier :

**5. Relation théorie-simulation** : *la théorie peut décrire, prédire et donc remplacer la simulation.*

Toujours avec l'exemple du simulateur de trafic : peut-être un ensemble de nombreux résultats de ce simulateur, dans différentes conditions expérimentalement intolérables, ou encore inaccessibles, permettra-t-il de

formuler une théorie générale : celle-ci pourra même, dans un cas ou dans plusieurs, rendre superflu l'usage du simulateur.

**6. Relation simulation-théorie :** *la simulation peut contredire une théorie et par conséquent suggérer qu'elle soit révisée ou rejetée : elle peut aussi signaler la non-disponibilité d'une théorie.*

Des suppositions sur le comportement individuel des véhicules peuvent être démenties par leur comportement global, ou vice-versa.

De ces six relations, on peut tirer certaines conclusions qui cadrent parfaitement avec les conjectures énoncées plus haut et éclairent nombre de fréquentes confusions sur lesquelles se concluent tant de furieux débats scientifiques :

*La simulation peut jouer le rôle de l'expérience face à la théorie.*

*La simulation peut jouer le rôle de la théorie face à l'expérience.*

On notera en outre un test de consistance. L'expérience ne sert pas de théorie (ni la théorie d'expérience) face à la simulation. C'est à dire qu'une simulation ne peut réfuter une expérience, ni l'expérience décrire une simulation. Cette asymétrie logique vient au fond étayer une garantie réconfortante, à savoir la prépondérance de l'expérience. C'est là une exigence non négociable : le questionnement direct de la nature sera toujours, pour la science, l'heure de vérité.

Ces six relations peuvent être le point de départ d'une recherche, que j'espère délectable, sur la nouvelle recherche scientifique. La méthode scientifique est à la connaissance scientifique à peu près ce qu'est la Constitution à ce qui se légifère chaque jour au Parlement. Elle aussi connaît des changements, mais beaucoup plus lents. Et il semble bien que, grâce au spectaculaire essor des machines à traiter l'information, nous ayons le privilège d'assister à une de ces mutations.

*L'âme de la méduse, idées sur la complexité du monde, pages 103 et sq.*

Edition du Seuil, Paris 1994

Jorge Wagensberg

# DOCUMENT 2

## Protocole de recherche documentaire

La recherche documentaire est une étape indispensable lorsque l'on veut approfondir un sujet qui déborde les stricts concepts généraux du cours. En Sciences de la nature particulièrement, il existe une masse importante de documents disponibles à la bibliothèque. Comment s'y retrouver? Quoi faire pour repérer rapidement les documents les plus pertinents au sujet traité?

En plus d'épargner du temps, une bonne méthode de repérage permet de trouver les documents les plus pertinents, ce qui est capital dans une recherche.

### Table des matières

<b>1. Types de documents à consulter .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Dans quel ordre doit-on consulter ces différents documents? .....</b>	<b>1</b>
<b>3. Repérage des sources d'information .....</b>	<b>2</b>
3.1 La Banque de documents imprimés de REGARD .....	2
3.2 L'Index des périodiques —.....	3
<b>4. Comment citer une référence dans une bibliographie ou une fiche de lecture : .....</b>	<b>3</b>
<b>5. Système de classification.....</b>	<b>4</b>
<b>6. Stratégies de recherche de l'information .....</b>	<b>5</b>
<b>7. Stratégies d'extraction de l'information .....</b>	<b>6</b>
<b>8. Documents complémentaires utiles .....</b>	<b>6</b>

### 1. Types de documents à consulter

On trouve à la bibliothèque du collège différents types de documents :

- Des **ouvrages de références** (encyclopédies, dictionnaires en tout genre, *Handbook*, etc.), disponibles pour consultation seulement. Ils sont situés au premier étage de la bibliothèque, dans les étagères disposées près des ordinateurs de repérage.

- Des **livres** (manuels, monographies, etc.) répartis sur les trois niveaux de la bibliothèque. La quasi-totalité des ouvrages scientifiques se trouvent au troisième étage (cotes 500 et 600). À noter également la collection *Que sais-je?* qui se trouve au deuxième étage (cote 034). (Accès de repérage : *REGARD*—micro-ordinateurs de la table centrale).
- Des **documents officiels** des gouvernements (Publications gouvernementales), disposés au premier étage, dans la salle des périodiques, dans les rayons situés à droite, près de la cage d'escalier. (Accès de repérage : *REGARD*—micro-ordinateurs de la table centrale).
- Des **périodiques** (revues en tout genre), dont les numéros les plus récents sont disposés par ordre alphabétique des titres sur les présentoirs contre le mur à gauche, dans la salle des périodiques, au premier étage. Les numéros plus anciens, reliés, sont placés dans les rayons au centre de cette même salle. (Accès de repérage : *POINT DE REPÈRE* — CD-ROM, micro-ordinateurs placés contre le mur du fond).

De plus, vous disposez déjà de certains **livres de base** en mathématiques et en physique. Ceux-ci traitent de généralités sous-jacentes à votre recherche.

## 2. Dans quel ordre doit-on consulter ces différents documents?

Habituellement, les *ouvrages de référence* sont le premier type de documents à consulter lors d'une recherche documentaire. Faciles à consulter, ils aident à préciser le sujet et à planifier la recherche.

Ne pas oublier non plus la collection *Que sais-je?* qui propose des titres sur différents sujets. Comme les ouvrages de référence, ils présentent une vue d'ensemble du sujet, mais de façon plus approfondie<sup>1</sup>. Un tableau-index plastifié de repérage est disponible sur place, au deuxième étage.

Une fois cette opération effectuée, il est temps de passer aux *livres spécialisés*. Vu le nombre d'ouvrages, on doit impérativement passer par le fichier électronique pour le repérage des documents pertinents au sujet.

Les *publications gouvernementales*, provenant d'Ottawa ou de Québec, se présentent sous forme de rapports et de livres sur différents sujets d'intérêt général. On y trouve également des statistiques touchant la population canadienne ou québécoise, ses activités et son environnement. Ils sont souvent très utiles pour compléter une recherche.

Les articles de *Revue* ont l'avantage de présenter les plus récents développements dans le domaine étudié. Les revues de vulgarisation scientifique comme *La Recherche*, *Pour la Science*, *Science et Vie*, *Québec Sciences*, etc. présentent des

---

<sup>1</sup> S'assurer toutefois que la publication est suffisamment récente (dix ans ou moins).

sujets d'actualité scientifique de façon claire et condensée. De plus, elles ont l'avantage d'être très bien illustrées. C'est un complément utile dans une recherche.

Finalement, les *livres de base du cours* permettent de généraliser le sujet traité au niveau des concepts fondamentaux.

#### ATTENTION

Afin de laisser à tous libre accès à toute la documentation disponible à la bibliothèque, on demande expressément à chacun de faire preuve de civisme en ***ne sortant pas les livres de la bibliothèque*** durant la première partie du cours (étude des situations problèmes). Faites une PHOTOCOPIE des chapitres ou sections qui vous intéressent quand vous ne pouvez pas travailler sur place. C'est très important!

### 3. Repérage des sources d'information

La première opération à effectuer lors d'une recherche bibliographique, c'est de déterminer un certain nombre de MOTS CLÉS (vedettes-matières) susceptibles de permettre le repérage des documents qui traitent du sujet. Il faut souvent essayer différents mots clés synonymes avant de trouver les références recherchées.

#### 3.1 La Banque de documents imprimés de REGARD

Cette banque permet le repérage électronique d'ouvrages de référence, de livres et de publications gouvernementales qui traitent du sujet recherché. À cette fin, il faut utiliser les micro-ordinateurs situés sur la table centrale, au premier étage de la bibliothèque. Entrer votre mot clé, et l'ordinateur vous donnera la liste d'un certain nombre d'ouvrages se rapportant au sujet.

*Conseils pratiques* : Il est prudent de terminer le mot clé par un astérisque (\*) afin d'inclure dans la recherche tous les mots similaires (ex. ÉLECTR\*, permet d'élargir automatiquement la recherche aux mots clés ÉLECTRON, ÉLECTRICITÉ, ÉLECTROMAGNÉTISME, etc.). Si le nombre de références est trop élevé, jumeler deux mots clés pour orienter davantage la recherche (ex. ÉLECTR\* + CHAMP ou encore ÉLECTR\* + CHARGE si on s'intéresse aux charges électriques).

Prenez également la précaution d'imprimer les *notices* des références trouvées (ou de les sauvegarder sur disquette). Il vous sera ainsi plus facile de citer les références complètes dans votre journal de bord ou votre travail de recherche.

Une fois le volume retrouvé sur les rayons, prenez le temps d'examiner les ouvrages voisins. Généralement, ils traitent du même sujet ou d'un sujet complémentaire.

#### 3.2 L'Index des périodiques —

Un CD-ROM — POINT DE REPÈRE— permet le repérage électronique des articles de journaux et de périodiques parus depuis plus de six mois. Pour *les articles plus*

*récents*, il faut consulter directement les tables de matières des revues placées sur les présentoirs dans la salle des périodiques.

Les mêmes conseils pratiques s'appliquent (usage de l'astérisque, jumelage de mots clés).

En cas de problème, le personnel de la bibliothèque peut fournir des renseignements supplémentaires.

#### **4. Comment citer une référence dans une bibliographie ou une fiche de lecture<sup>2</sup> :**

On doit citer correctement les références que l'on a consultées. Deux cas se présentent, selon qu'il s'agit d'un livre ou d'un article de revue.

S'il s'agit d'un **livre**, il faut procéder de la manière suivante :

- 1° Nom de famille de l'auteur, en MAJUSCULES, suivi du prénom, en minuscules
- 2° Titre de l'ouvrage *en italique* (ou souligné, dans un document manuscrit)
- 3° Ville où a été édité l'ouvrage
- 4° Nom de l'éditeur
- 5° Année de parution
- 6° Nombre de pages (*facultatif*)

##### **Exemple :**

CHARRON, Gilles et Pierre PARENT. *Calcul différentiel et intégral 2, Mathématique 203*, Montréal, Éditions Études Vivantes, 1993, 386 p.

Dans le JOURNAL DE BORD, ajouter également **la cote de la bibliothèque** afin de permettre de retrouver rapidement le livre dans les rayons en cas de besoin.

S'il s'agit d'un **article de revue**, le principe est le même que pour les monographies en ce qui concerne la citation des auteurs. Par contre le titre de l'article n'est pas inscrit en italique mais simplement entre guillemets, suivi du nom de la revue en italique (ou souligné). Il faut également indiquer le mois ou le numéro de la revue, l'année de parution ainsi que les pages où on peut retrouver l'article.

##### **Exemple :**

WAUTELET, Michel. « Démanteler les armes nucléaires : et après ? » *La Recherche*, # 270, novembre 1994, p.1172-1175

---

<sup>2</sup> Il existe plusieurs variantes acceptables. Celle qui est citée ici est l'une des plus utilisées en sciences.

D'autres exemples sont fournis dans la bibliographie de ce guide.

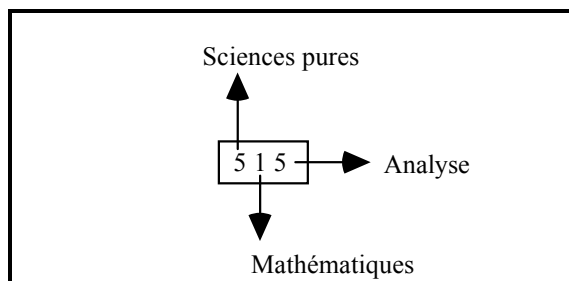
## 5. Système de classification

Il existe, dans les bibliothèques des collèges et des universités, deux systèmes de classification pour les livres. Les publications gouvernementales, quant à elles, possèdent leur propre système de classification.

Celui utilisé au collège de Rimouski est la **classification décimale Dewey** créée au XIX<sup>e</sup> siècle par l'américain Melvil Dewey. Dans ce système de classification, les ouvrages sont répartis en dix grandes classes de champs de connaissance.

000	Généralités, nouvelles connaissances, informatique
200	Philosophie, psychologie
300	Sciences sociales
400	Langues et linguistique
<b>500</b>	<b>Sciences pures</b>
<b>600</b>	<b>Sciences appliquées</b>
700	Arts et divertissements
800	Littérature
900	Géographie, biographies, histoire

Chacune de ces dix classes est subdivisée à son tour en dix sous-classes, etc. Ainsi, on a *510 Mathématiques* ; *520 Astronomie* ; *530 Physique*, etc. Un ouvrage portant sur l'analyse portera la cote 515 et à l'intérieur même de l'analyse si cet ouvrage porte sur les équations différentielles sa cote sera précisée : 515.3.



Si un ouvrage ou une revue n'est pas disponible au Cégep, une entente avec les autres bibliothèques de la ville, notamment celle de l'UQAR, élargit l'accès aux documents.

À l'UQAR, comme dans la plupart des universités québécoises, on utilise plutôt le **système de classification du Congrès**. On l'appelle ainsi parce que c'est le système adopté par la bibliothèque du congrès américain à Washington. Ce système regroupe les différentes disciplines en 21 classes, identifiées par les lettres de l'alphabet.

A Ouvrages généraux (encyclopédies, etc.)	M Musique
B Philosophie, psychologie, religion	N Beaux-arts
C Sciences auxiliaires à l'histoire	P Langue et littérature
D Histoire (sauf l'Amérique)	<b>Q Sciences</b>
E Histoire de l'Amérique	<b>R Médecine</b>
F Histoire locale du Canada et du Québec	<b>S Agriculture</b>
G Géographie, anthropologie, loisirs	<b>T Technologie</b>
H Sciences sociales	U Science militaire
J Sciences politiques	V Science navale
K Droit	Z Bibliographie
L Éducation	

L'ajout d'une deuxième lettre permet de créer des sous-classes. Par exemple, QD concerne les ouvrages de Chimie; QH — Biologie; QR — Microbiologie; RM — Pharmacologie.

Si un document n'est pas accessible dans l'une ou l'autre des bibliothèques à Rimouski, une entente entre les bibliothèques des universités et collèges québécois, peut permettre un emprunt inter-bibliothèque.

## 6. Stratégies de recherche de l'information

Une fois le repérage des documents pertinents effectué, on doit pouvoir extraire l'information relative au sujet de recherche dans les délais prévus. Comment procéder?

Dans l'exploration d'un LIVRE, on devrait consulter d'abord :

- la **table des matières**, qui donne une vue d'ensemble du plan de l'ouvrage. Il permet de repérer les chapitres ou sections susceptibles de renfermer les informations recherchées
- l'**index**, car on peut y retrouver plus rapidement les pages où le sujet est traité

À l'intérieur d'une section ou d'un chapitre, on doit d'abord s'intéresser à :

- l'**introduction**, car elle présente le point de vue et l'organisation du chapitre ou de la section
- la **conclusion**, car elle permet souvent d'extraire l'essentiel du sujet traité
- le **résumé du chapitre**, s'il y a lieu, qui permet d'avoir une bonne idée de la section

Il peut être utile également de consulter :

- la **bibliographie**, car elle cite d'autres références possibles sur le sujet
- le **glossaire**, pour la définition de termes spécialisés qui ne nous seraient pas familiers

Il ne faut pas oublier non plus de vérifier :

- la **date de parution**, puisqu'il est préférable d'investir son énergie dans l'exploration d'un ouvrage récent, les connaissances scientifiques évoluant rapidement.

Dans l'exploration d'un ARTICLE DE REVUE, le principe est le même sauf que l'information y est présentée de façon plus condensée et schématique. Les sous-titres peuvent remplacer la table des matières. Une attention particulière devrait donc être portée aux **schémas, tableaux de synthèse, encadrés et résumés**.

## 7. Stratégies d'extraction de l'information

Une fois que l'on a bien ciblé les sources pertinentes d'information par rapport au sujet traité, il faut en faire une lecture active. Cette dernière est plus aisée lorsque l'on a préalablement PHOTOCOPIÉ les sections ou articles retenus, car on peut alors écrire, annoter, souligner, sous-diviser et classer le document. Une *lecture active* implique :

- souligner, encadrer les passages importants, écrire ses commentaires dans la marge si l'on dispose d'une photocopie ; sinon noter au fur et à mesure les informations sur des fiches ;
- faire des résumés des passages importants et éventuellement des schémas pour illustrer l'information ;
- une fois terminée la consultation du document, faire un résumé de celui-ci dans le JOURNAL DE BORD, en notant au passage quelques anecdotes ou éléments de curiosité ou de culture scientifique. Ne pas oublier d'indiquer la référence complète et sa cote.
- une fois l'ensemble des sources d'information consultées, faire une *synthèse* de toutes les informations recueillies et y associer un *schéma intégrateur*.

## 8. Documents complémentaires utiles

Pour avoir plus de détails, on peut consulter d'autres références comme :

- **Le biblio-calepin**, publié par le Cégep et disponible gratuitement à la bibliothèque
- LEBEL, Ginette et Marie-Claude PINEAULT. *Vade Mecum — aide méthodologique* Rimouski, Presses pédagogiques de l'Est, 1996, disponible à la COOP étudiante.

# DOCUMENT 3

## Comment chercher sur Internet ?

Internet est un immense réseau de sites, bases de données, groupes de discussion, etc. Il se développe très rapidement. En janvier 1995, il comptait 4 852 000 serveurs et 9 472 000 en janvier 1996. On y trouve de tout... à condition de bien savoir chercher. Les sujets n'y sont pas classés selon un ordre logique comme dans une bibliothèque. Le système « hypertexte » permet de sauter d'un sujet à un autre tout différent, alors que dans une bibliothèque les livres qui se côtoient traitent du même sujet. Rien n'est plus facile que de vagabonder dans Internet... et d'y perdre beaucoup de temps si on cherche un sujet précis. Comme, dans le cas de votre recherche, le temps est très limité, nous vous présentons quelques suggestions pour éviter de vous perdre ou de perdre du temps.

Le réseau Internet est constitué d'un grand nombre de « régions », les sites Web, les Usenets, les sites FTP, Gopher, etc. Dans ce qui suit, nous nous intéresserons surtout aux informations disponibles sur les sites Web, car c'est la « région » qui se développe le plus rapidement et où l'on retrouve les informations les plus intéressantes.

### Table des matières

<b>1. Planifier la recherche.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Effectuer une recherche .....</b>	<b>1</b>
2.1 Choix d'un outil de recherche.....	1
2.2 Choix de mots clés.....	2
2.3 Rechercher avec Alta Vista.....	2
2.3.1 Où trouver Alta Vista ? .....	2
2.3.2 La recherche simple.....	3
2.3.3 La recherche avancée .....	5
2.4 Les autres moteurs de recherche .....	6
2.4.1 D'autres moteurs.....	6
2.4.2 Les kiosques .....	6
<b>3. Quelques conseils .....</b>	<b>7</b>

#### 1. Planifier la recherche

Se lancer dans Internet à la recherche de « documents » sans trop savoir ce que l'on cherche est le meilleur moyen de se perdre et de ne pas trouver grand chose. Dans le

numéro de septembre-octobre 1996 de EDUCATIONNAL TECHNOLOGY, Glenda C. Rakes, professeur à l'université de Louisiane, propose les étapes suivantes :

- bien préciser le sujet cherché et s'assurer que sa recherche est pertinente sur Internet. Par exemple, il est probable qu'Internet pourra vous renseigner sur les différents types de déchets radioactifs. Mais si vous cherchez le type d'équation différentielle qui sera le plus utile, vous le trouverez plus rapidement dans un livre de mathématiques
- bien délimiter le sujet et le temps que vous êtes prêt à consacrer à cette recherche
- bien choisir un outil de recherche (voir ci-dessous)
- être capable d'évaluer la pertinence de l'information obtenue par rapport à votre recherche et à la classer

## **2. Effectuer une recherche**

### **2.1 Choix d'un outil de recherche**

Comme il n'existe pas de classement par sujet sur le WWW, toute recherche s'effectue au moyen de « moteurs de recherche ». Ces « moteurs » sont des logiciels disponibles sur certains sites et qui explorent plus ou moins régulièrement les sites publics et gardent ces données en mémoire. Ces moteurs procèdent selon la technique des mots clés et vous proposent les sites où vous pouvez retrouver les mots clés que vous leur avez indiqués.

Il existe un certain nombre de ces moteurs dont les plus connus sont *Yahoo*, *Lycos*, *Alta Vista*, *Inktomi*, *Excite*, *Webcrawler*, *Infoseek Guide*, etc.

Pour des recherches dans le domaine des sciences, les spécialistes recommandent *Alta Vista*.

*Alta Vista* appartient à la compagnie Digital Equipment Corporation et est basé en Californie. Il utilise, évidemment, des ordinateurs Digital. Il a été lancé en 1995.

Il est particulièrement puissant : il a indexé dix milliards de mots dans une vingtaine de millions de page Web à travers le monde et remet quotidiennement à jour cet index.

Près de trois millions de personnes l'utilisent chaque jour.

Un de ses avantages, pour les francophones, c'est qu'il reconnaît les caractères accentués et les cédilles.

### **2.2 Choix de mots clés**

Si vous ne voulez pas perdre du temps sur Internet, choisissez les mots clés à utiliser avant d'entrer sur Internet. Prenez-en cinq ou six au maximum dont un ou deux en anglais. Les mots clés ne doivent pas être trop vagues, vous auriez des dizaines de

milliers de références, ni trop précis, vous risqueriez de passer à côté de fichiers intéressants.

## 2.3 Rechercher avec Alta Vista

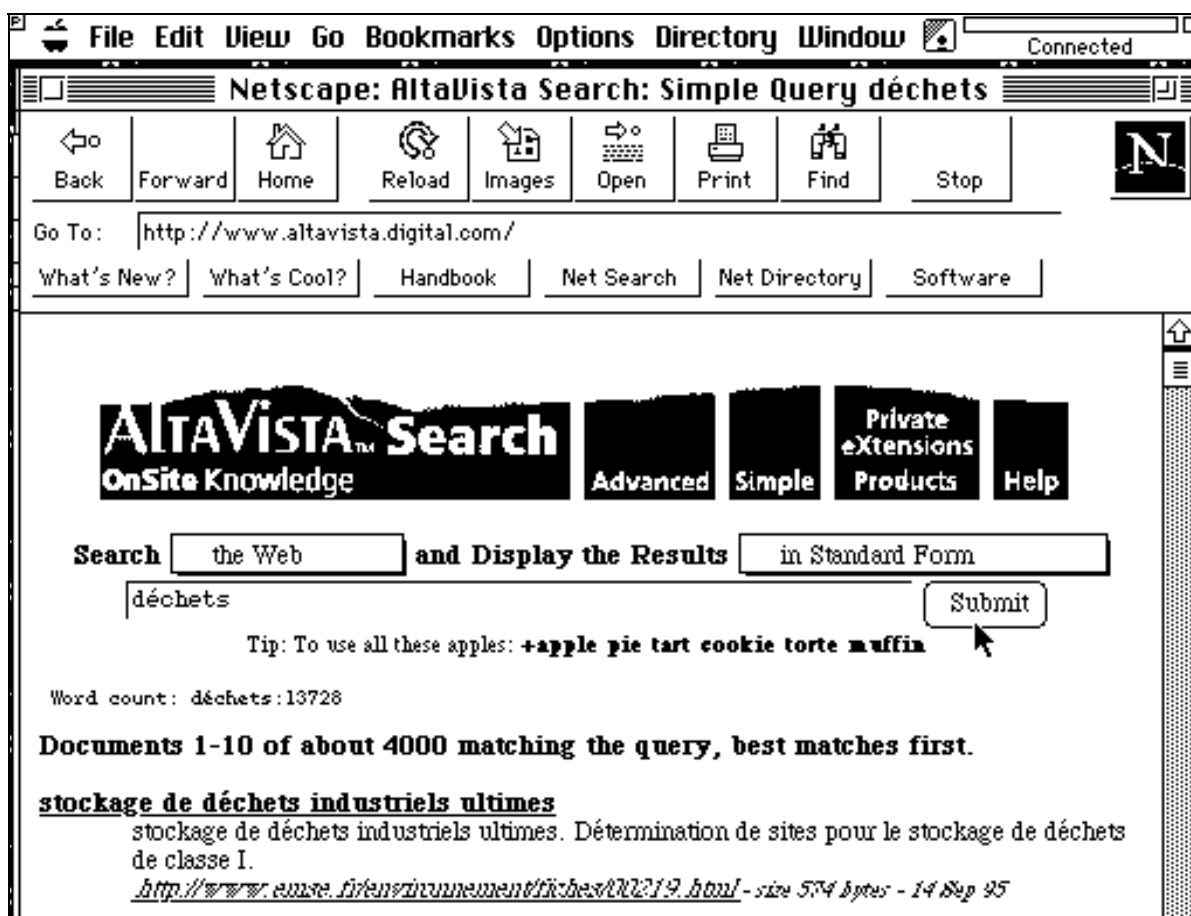
### 2.3.1 Où trouver *Alta Vista* ?

Vous pouvez le rejoindre par son adresse URL :

<http://www.altavista.digital.com/>

Certains fournisseurs de service vous le proposent dans leur page d'accueil. mais nous vous conseillons d'aller directement à l'adresse d'*Alta Vista*, vous y bénéficiez de toutes les ressources de ce logiciel de recherche.

Voici la page d'accueil que vous obtenez à l'adresse d'*Alta Vista* :



Vous remarquez les quatre boutons « **Advanced** », « **Simple** », « **Private extensions** » et « **Help** ».

Les deux premiers indiquent les types de recherche possibles tandis que le bouton « **Help** » est très utile pour vous conseiller.

### 2.3.2 La recherche simple

*Alta Vista* vous propose deux modes de recherche : par défaut il vous propose le mode simple, ou « Simple query ». Vous pouvez aussi utiliser le mode « Advanced query » pour des recherches plus approfondies.

Examinons le mode « Simple query ».

Comme exemple, recherchons des informations sur les *déchets nucléaires*.

Pour rechercher un mot sur les sites Web du réseau Internet, vous entrez ce mot sur la bande de description, puis vous cliquez sur le bouton **Submit**... *Alta Vista* vous indiquera les sites sur lesquels il a trouvé ce mot, par ordre de fréquence.


Si vous demandez seulement *déchets*, *Alta Vista* vous propose 13 728 occurrences réparties sur un certain nombre de pages. Celles-ci sont numérotées et vous pouvez les consulter en cliquant sur leur chiffre apparaissant en bas de cette page.

**D'où proviennent les déchets radioactifs?**  
D'où proviennent les déchets radioactifs? Introduction Deux catégories Les déchets de combustible nucléaire En stockage.  
[http://www.gc.ca/tech/dtoz/leg\\_nf/wfira/file2.htm](http://www.gc.ca/tech/dtoz/leg_nf/wfira/file2.htm) - size 11K - 22 Feb 96

**25.9 Accords concernant la gestion des déchets**  
25.9 Accords concernant la gestion des déchets. ACCORDS MULTILATÉRAUX. La Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements...  
<http://rec.cyp/franch/database/law/transafo/25/25-09.htm> - size 9K - 11 Jun 96

p. **1** 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 [ Next]

**Surprise** - **Legal** - **FAQ** - **Add URL** - **Feedback** - **Text-Only**

 Copyright © 1996 Digital Equipment Corporation. All rights reserved.

Cela dit le résultat obtenu est trop vaste car il couvre toutes sortes de déchets.

Si vous demandez seulement *nucléaire*, *Alta Vista* vous propose 10 091 occurrences . C'est également trop et cela couvre tous les sujets se rapportant au nucléaire.

Pour mieux cerner le sujet, il faut rechercher non plus un mot mais une série de mots ou une phrase, il faut alors cette série de mots entre des guillemets.

Si vous demandez "*déchets nucléaires*", *Alta Vista* vous propose 200 occurrences. Le sujet est déjà beaucoup mieux cerné.

Vous pouvez aussi effectuer des recherches où doivent absolument figurer certains mots (précédés du signe +), mais pas d'autres (précédés du signe -).

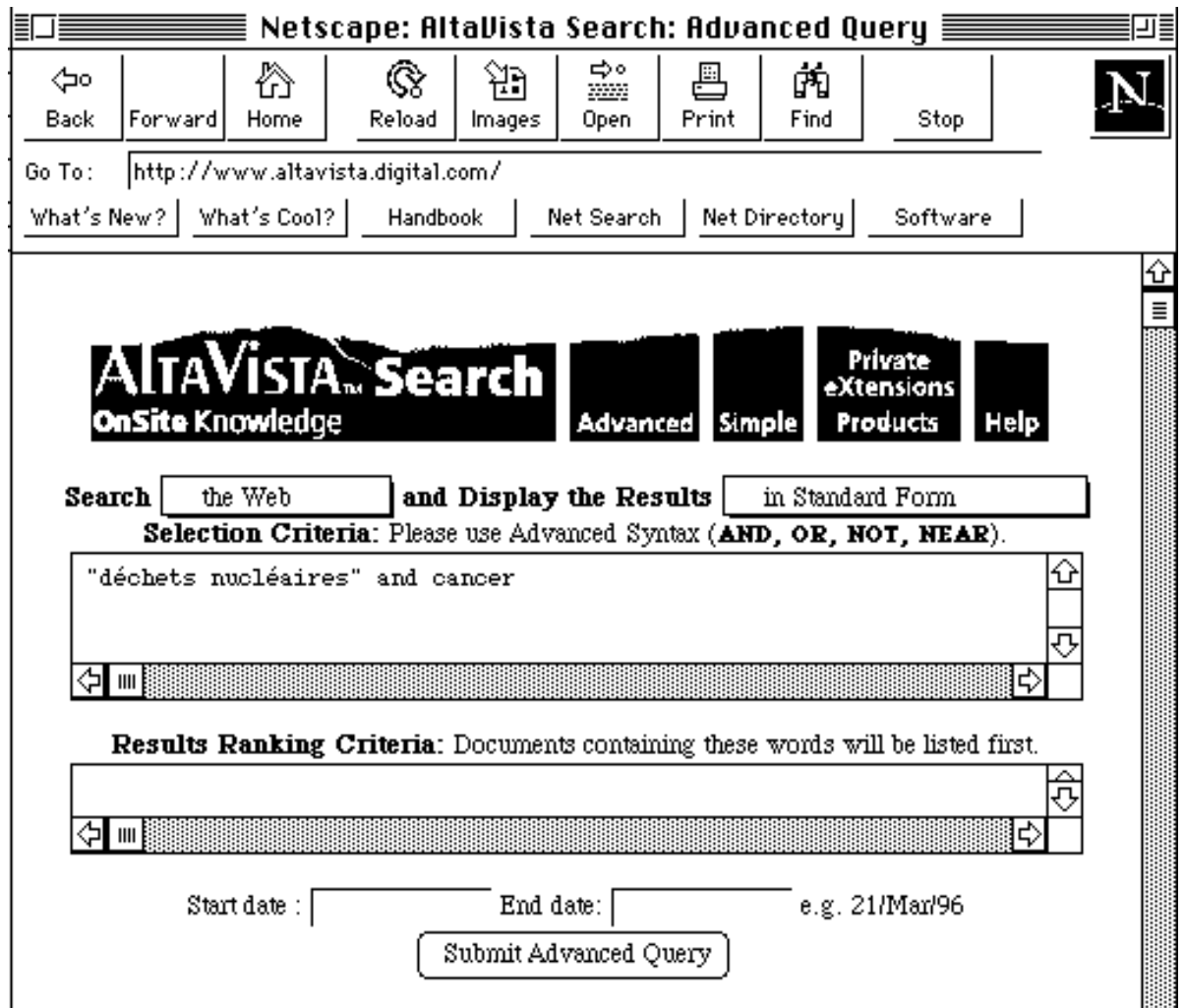
Par exemple en entrant "*déchets nucléaires*" +*plutonium* -*uranium* vous obtenez où figurent les mots *déchets nucléaires*, qui contiennent absolument le mot *plutonium* mais pas le mot *uranium*.

Pour chercher tous les mots commençant par *atom* vous devez entrer *atom\**

### **2.3.3 La recherche avancée**

*Alta Vista* vous propose un mode de recherche plus élaboré, le mode « Advanced query ». Ce mode vous permet essentiellement d'utiliser les opérateurs booléens AND, OR, NOT et NEAR.

Pour passer au mode « Advanced Query » vous devez cliquer sur le bouton « Advanced » et vous obtenez :



Les opérateurs booléens permettent de retrouver des documents où se trouvent certains mots et où d'autres peuvent être exclus. Si vous joignez deux mots clés ou deux phrases avec AND vous aurez tous les documents qui incluent les deux mots (ou phrases). L'opérateur OR vous donne tous les documents contenant l'un ou l'autre des mots ou phrases demandés. NOT donne les documents n'incluant pas le mot ou la phrase que cet opérateur précède. L'opérateur NEAR recherche les documents où les deux mots ou phrases sont très proches, dix mots au plus les séparant.

Effectuons une recherche rapide sur les impacts des déchets nucléaires sur la santé et l'environnement.

Vous pouvez entrer

nucléaire AND cancer

nucléaire NEAR cancer

nucléaire AND cancer OR génétique

## 2.4 Les autres moteurs de recherche

### 2.4.1 D'autres moteurs

Alta Vista n'est qu'un des multiples moteurs de recherche. Il en existe un grand nombre, chacun avec ses avantages et ses inconvénients. Parmi d'autres moteurs mentionnons Lycos qui aurait indexé plus de 90% des sites Web ! Il accepte aussi les opérateurs booléens. Son adresse est :

<http://www.lycos.com>

Vous avez aussi Ecila qui n'indexe que les sites francophones :

<http://ecila.ceic.com/>

### 2.4.2 Les kiosques

Certains sites se sont même spécialisés dans les moteurs de recherche. Si vous allez sur un d'entre eux vous aurez le choix entre plusieurs dizaines ou plusieurs centaines de moteurs. On les appelle des « kiosques de recherche ».

Parmi ces kiosques vous avez *Sleuth* dont l'adresse est

<http://www.intbc.com/sleuth/>

Ce kiosque comporte près de mille adresses de sites de recherche !

Vous avez aussi *All in one* (<http://www.media-prisme.ca/all/allsrch.html>) dont l'interface est en français.

Pour un moteur de recherche en français, vous avez LOKACE dont l'adresse est :

<http://www.iplus.fr/lokace/lokace.htm>

### 3. Quelques conseils

- Quand vous trouvez un site intéressant, repérez-le avec un signet ou bookmark et constituez vous un fichier de ces signets. En cliquant dessus vous retrouvez directement votre site.
- Vous pouvez ensuite utiliser un autre moteur de recherche pour comparer les premiers sites obtenus avec ceux fournis par *Alta Vista*.
- Utilisez des mots clés anglais pour avoir des sites anglophones, ce sont les plus nombreux.

# DOCUMENT 4

## Schématisation de concepts

La schématisation des concepts est un outil essentiel dès qu'on travaille sur un problème de sciences d'une certaine envergure. Dans cette section nous allons vous montrer en quoi consiste cette méthode, puis nous vous présenterons quelques exemples.

### Table des matières

<b>Qualités des schémas.....</b>	<b>3</b>
<b>Quelques types de schémas et exemples.....</b>	<b>4</b>
1- Arbre hiérarchique .....	4
2- Tableau.....	5
3- Organigramme .....	6
4- Réseau de concepts .....	8
5- Schéma intégrateur .....	9
<b>Démarche de construction d'un schéma .....</b>	<b>12</b>

Pour comprendre le monde réel qui nous entoure, de même que les entités abstraites, les mots, les idées, les concepts, les opérations, etc., notre cerveau doit s'en faire des *représentations*, des *modèles*. La psychologie cognitive considère que l'*apprentissage* consiste à *construire* un réseau d'informations dans notre cerveau, en l'occurrence en mémoire à long terme. L'apprentissage est donc une *construction*, c'est-à-dire un assemblage progressif de divers éléments de connaissance inter-reliés. Plus nombreux seront les liens entre ces divers éléments de connaissance (nouveaux et anciens), meilleures seront la compréhension et la rétention de l'apprentissage. Apprendre, en effet, c'est intégrer de nouvelles connaissances au réseau de celles que l'on possède déjà. C'est aussi «changer d'idée» en modifiant la structure de son réseau de connaissances quand une nouvelle donnée remet en question certaines de nos connaissances antérieures.

Puisque la personne qui apprend efficacement construit inconsciemment dans son cerveau, des *représentations mentales* des connaissances qu'elle tente d'assimiler, un moyen d'accélérer ce processus est l'élaboration consciente de *schémas*.

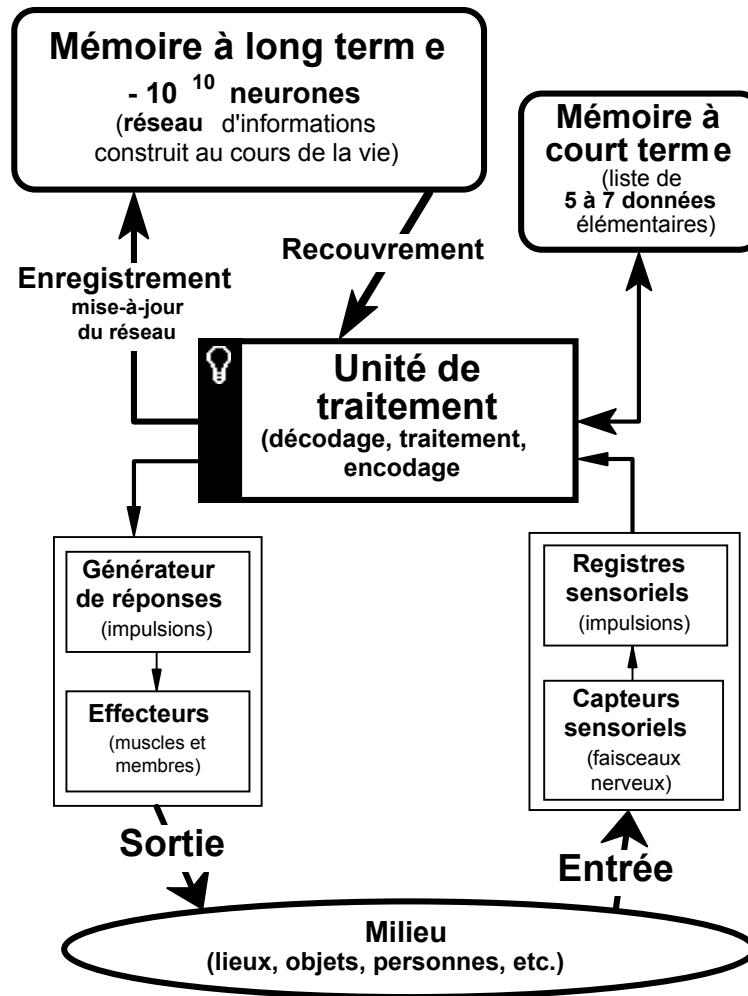
On appelle **schéma** une représentation mentale d'un ensemble de concepts. Les schémas servent d'abord à *représenter des liens* entre des concepts. Ils servent aussi à faire une *synthèse* d'un sujet sous la forme d'une image évocatrice. Par exemple, le schéma de la page suivante est un modèle de traitement de l'information chez l'humain, avec une emphase sur le rôle des mémoires dans ce processus. Les schémas peuvent aider à *organiser*, à structurer ses connaissances.

Nous estimons que faire des schémas aide à l'apprentissage car c'est un excellent moyen de classer en catégories et de *structurer nos connaissances* pour faire face au nombre élevé et à la complexité croissante des savoirs à maîtriser. Voilà l'importance de la schématisation : c'est une activité de représentation et d'organisation de nos connaissances en vue de les réutiliser efficacement.

Un schéma permet une représentation plus concise et synthétique d'un sujet qu'un texte narratif. Cependant, le texte permet des nuances et des développements beaucoup plus élaborés. Il nous semble que schéma et texte sont deux formes *complémentaires* d'expression.

En plus d'être un **outil d'apprentissage**, le schéma est un excellent **outil de communication**. On verra que la symbolique des schémas est élémentaire, elle est facilement accessible à un auditoire. Le schéma est une base privilégiée pour les explications et les discussions autour d'un sujet, pour confronter notre compréhension d'un phénomène à celle d'autres personnes. Enfin, un schéma peut servir d'**outil de simulation** pour tester la logique d'une théorie, l'enchaînement d'une séquence d'événements.

## Modèle de traitement de l'information chez l'humain



### Qualités des schémas

Un bon schéma doit, au premier coup d'œil, faire ressortir deux choses :

- les **concepts**, les *éléments essentiels* d'un sujet, sans être encombré de détails;
- l'**organisation** des éléments essentiels, les **liens** entre eux, c'est à dire une *structure de connaissances*.

Par ailleurs, pour être utiles à la personne qui apprend, les représentations mentales construites sous forme de schémas doivent être :

- le résultat d'une démarche individuelle ou un objet de consensus dans une équipe,
- mémorisées pour faciliter leur recouvrement et leur réutilisation dans divers contextes,

- modifiables, souples pour intégrer d'autres connaissances, les adapter à de nouvelles situations et donc permettre d'autres apprentissages.

## Quelques types de schémas et exemples

Un schéma est une structure de connaissances. C'est la *structure* que l'on veut construire qui détermine le type schéma. De ce point de vue, les structures de base sont les suivantes, en ordre de complexité : la liste, le tableau, l'arbre et le réseau.

Voici une classification des schémas pour montrer la diversité et l'utilité de leur application.

### 1- Arbre hiérarchique

Une manière très courante de structurer des notions consiste à les identifier et à les organiser de manière hiérarchique. De cette manière, on peut montrer des liens de subordination et de dépendance entre des éléments. Ainsi, toutes les *généalogies* sont représentées par un arbre hiérarchique. Chaque «nœud» de l'arbre est relié à son parent et possède ses descendants. La table des matières d'un document possède aussi une structure hiérarchique : partie, chapitre, section, paragraphe. On peut faire de même pour un plan de travail, comme dans l'exemple suivant. Remarquez que la numérotation des éléments du travail et leur décalage identifient les *niveaux* hiérarchiques.

#### Exemple de PLAN pour un travail de recherche

1. Choix d'un sujet
2. Élaboration d'une **problématique**
3. Planification du travail à réaliser
4. Réalisation
  - 4.1. Recherche documentaire
  - 4.2. Analyse des documents
  - 4.3. Traitement du sujet
    - 4.3.1. Identifier les éléments
    - 4.3.2. Identifier les outils
    - 4.3.3. Faire les liens
    - 4.3.4. Intégrer les éléments
    - 4.3.5. **Schématiser**
5. Production des résultats
  - 5.1. Production d'un rapport
    - 5.1.1. Introduction
    - 5.1.2. Développement
    - 5.1.3. Conclusion
    - 5.1.4. Références
    - 5.1.5. Annexes

5.2. Présentation des résultats  
6. Synthèse et bilan

**2- Tableau**

Le tableau est une forme usuelle de structuration de connaissances. Plusieurs contextes sont propices à l'utilisation des tableaux : horaire de cours, bulletin de notes, livret de transactions financières, matrices, tableau périodique des éléments chimiques, etc. Les nombreuses applications des *tableurs* comme Excel et Lotus témoignent de la simplicité et de la force du tableau comme représentation.

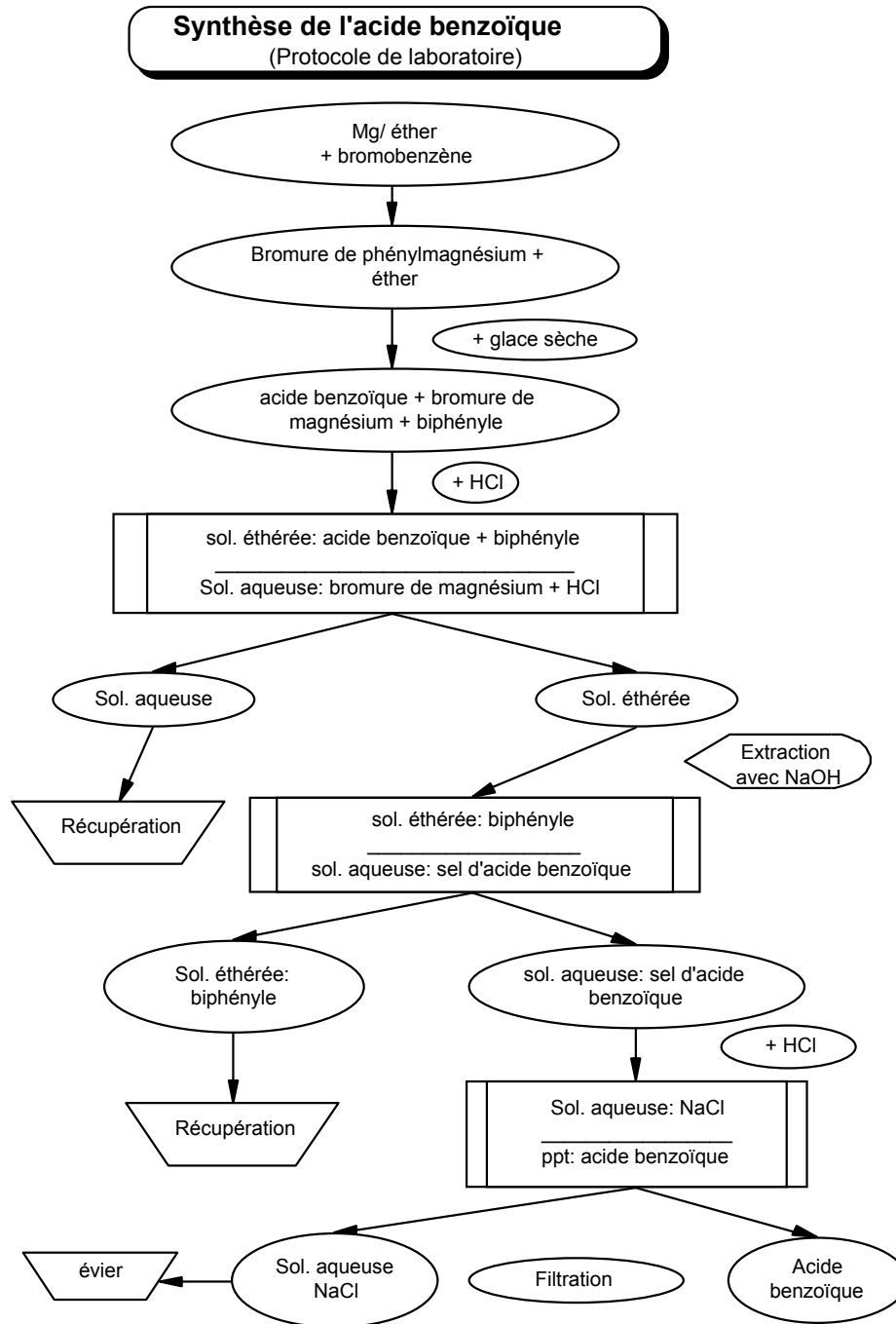
On se sert des tableaux pour classer des objets ou pour faire un sommaire qui fait ressortir des attributs importants. Un tableau permet de produire un *sommaire*, d'illustrer une comparaison ou de préciser des caractéristiques d'objets. Par exemple, voici un tableau de caractéristiques du cerveau humain et de l'ordinateur comme machines comparées de traitement de l'information.

Caractéristiques	Cerveau humain	Ordinateur
<b>Support des données</b>	réseau de neurones	circuits électroniques
<b>Véhicule des données</b>	neurotransmetteurs (substances chimiques)	impulsions électriques
<b>Enregistrement des données</b>	analogique (continu)	numérique (binaire)
<b>Types de mémoires</b>	à long terme à court terme registres sensoriels	morte (ROM) vive (RAM) tampon ( <i>buffer</i> )
<b>Structure</b>	réseau (non linéaire)	liste (linéaire)
<b>Nombre de cellules</b>	30 000 000 000 ( $10^{10}$ )	16 000 000 ( $10^7$ )
<b>Volume occupé</b>	4 500 cm cubes ( $10^3$ )	10 000 000 000 cc ( $10^{10}$ ) pour un même nombre cellules
<b>Durée des impulsions</b>	0,001 sec ( $10^{-3}$ )	0,000 000 001 sec ( $10^{-9}$ )
<b>Vitesse de propagation</b>	130 m/sec ( $10^2$ )	300 000 000 m/sec ( $10^8$ )
<b>Temps d'accès (sec.)</b>	0,1 sec ( $10^{-1}$ )	0,000 000 1 sec ( $10^{-7}$ )
<b>Débit (bits/sec.)</b>	faible ( $10^2$ )	fort ( $10^8$ )

### 3- Organigramme

Dans les secteurs techniques et scientifiques, on est souvent amené à décrire une procédure systématique à suivre pour effectuer une tâche, c'est-à-dire une suite d'opérations. On peut énoncer une procédure dans un texte. On peut aussi la représenter avec un schéma pour faire ressortir les *liens logiques* entre les opérations.

En informatique, on décrit à l'aide d'un *organigramme* la logique des opérations exécutées par un programme. De même, un organigramme peut représenter le protocole d'un laboratoire de Sciences, les étapes d'étude d'un sujet. Le schéma suivant illustre le protocole expérimental de la synthèse de l'acide benzoïque.



Par ailleurs, le découpage d'un phénomène en séquence d'événements dans le temps se représente bien avec un schéma dont la forme s'apparente à celle d'un organigramme. À cet effet, référez à la **figure 49.10, page 1141 de votre manuel de biologie**<sup>3</sup>. Ce schéma du modèle général du recyclage de nutriments est un bel exemple de représentation d'une séquence particulière d'événements, celle d'un cycle.

<sup>3</sup> CAMPBELL, Neil A. (trad. Mathieu, Richard) *Biologie*, ERPI, 1995

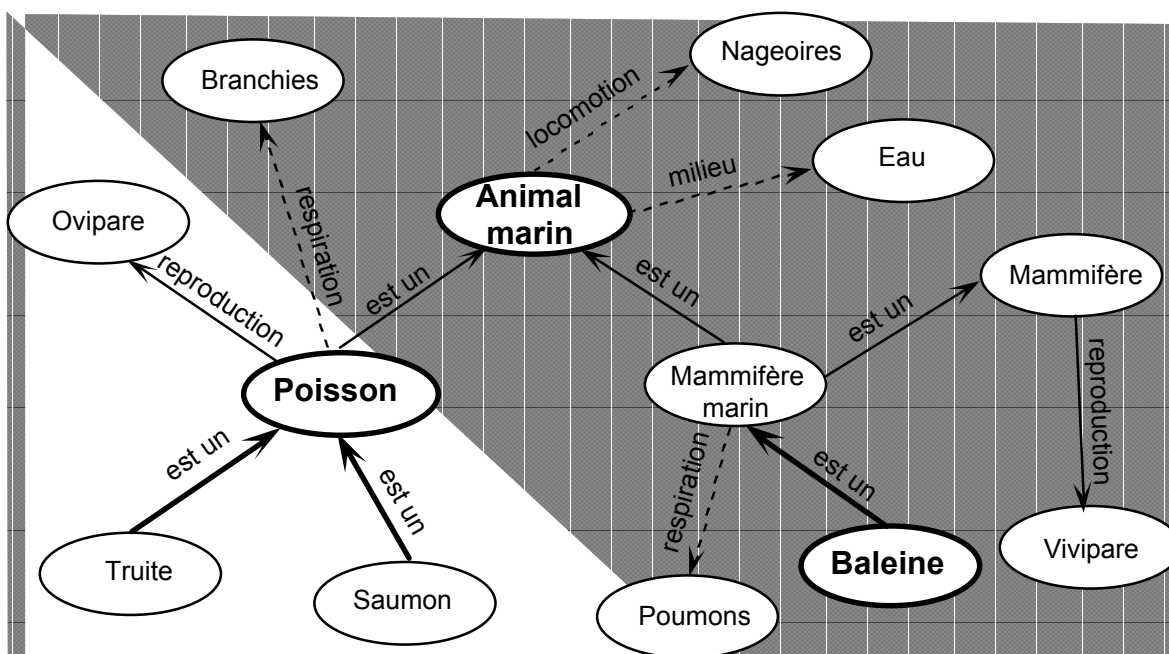
Enfin, pour un exemple de déroulement d'une activité, consultez le schéma du cours *Activité de synthèse en Sciences de la nature*, section *Présentation générale* de ce guide.

#### 4- Réseau de concepts

Les diagrammes hiérarchiques, tableaux et organigrammes sont appropriés pour représenter des sommaires, des plans et la logique de procédures. Par ailleurs, on doit parfois montrer la *structure* d'un ensemble de concepts pour comprendre un sujet d'étude ou un travail à réaliser. Dans ce cas, on peut construire un réseau de concepts, sorte de schéma fait de deux types d'entités :

- les *nœuds* du réseau qui représentent les *concepts* eux-mêmes,
- les *liens* entre les nœuds qui représentent les *relations logiques* entre les concepts.

Dans un réseau de concepts, il est essentiel de bien *nommer* nos concepts. De même, il est parfois révélateur de nommer également les liens pour qualifier les relations entre les concepts. Par exemple, le schéma suivant du concept *Animal marin* contient les attributs de ces êtres vivants. De même, il montre la particularité de la baleine et en quoi elle se distingue d'autres poissons comme la truite ou le saumon.

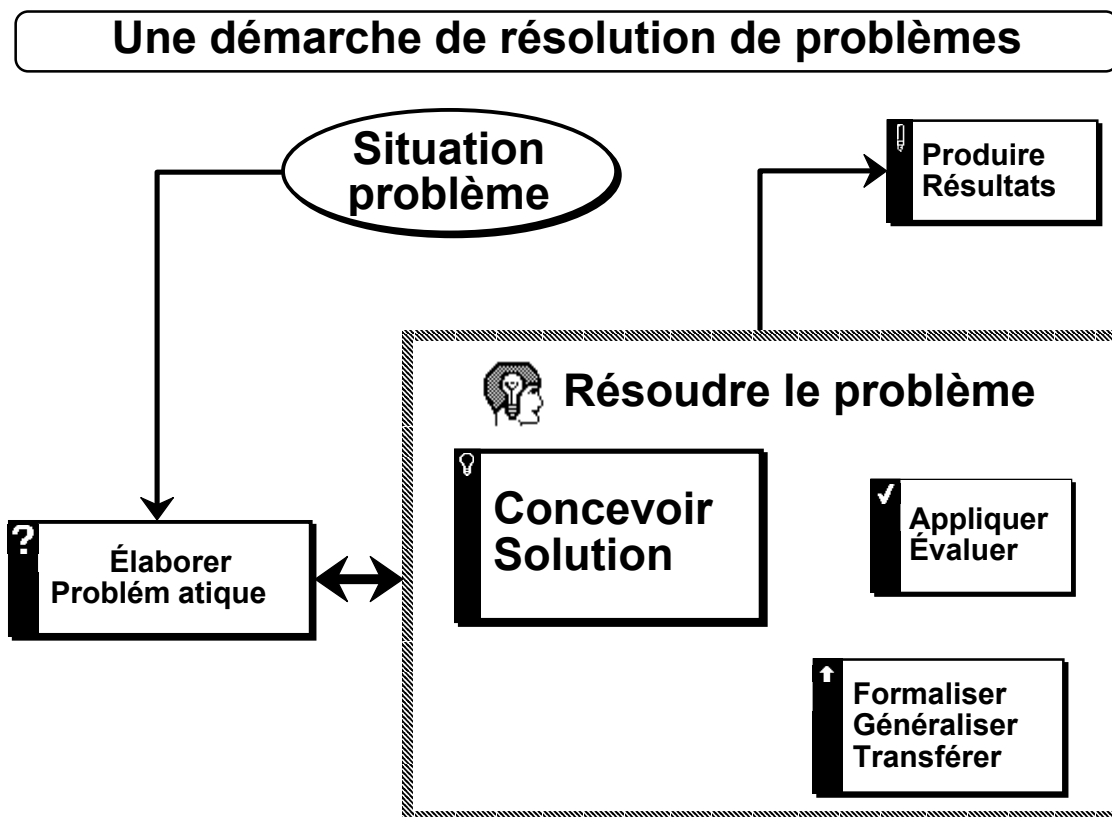


## 5- Schéma intégrateur

La **synthèse** d'un sujet est nécessaire à sa compréhension. Par ailleurs, pour être utile, une synthèse doit être concise tout en mettant en lumière des éléments essentiels ainsi que les relations les plus significatives. Voilà l'utilité d'un schéma intégrateur. Ce type de schéma est un réseau qui contient plusieurs types d'informations : des concepts abstraits, des opérations, des personnes ainsi que des relations. Un schéma intégrateur représente la structure de connaissances d'un sujet d'étude. Il est approprié pour représenter une *diversité* de concepts et de relations.

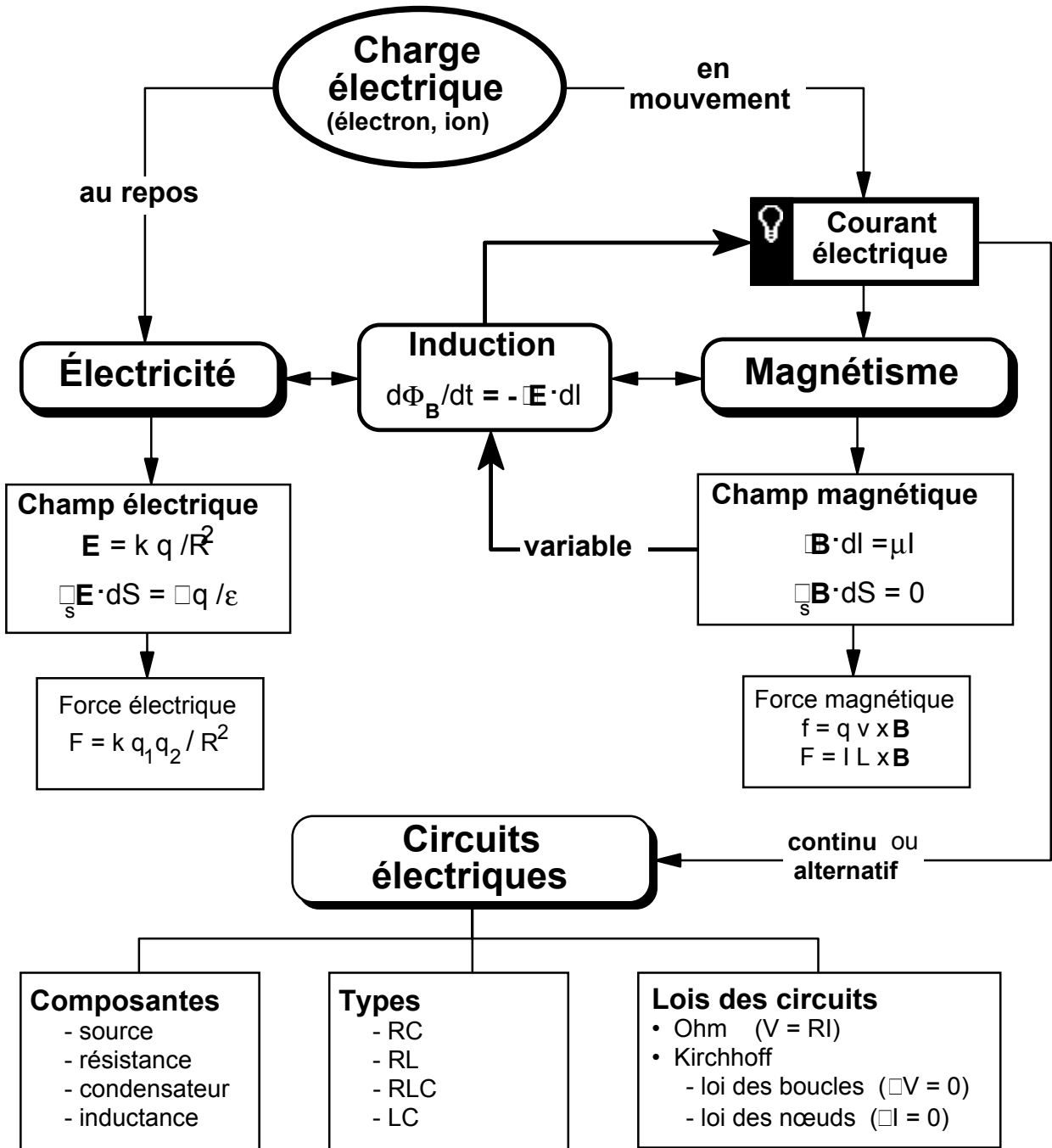
Il est essentiel qu'un schéma intégrateur soit une *construction* qui reflète la compréhension qu'une personne ou un groupe se fait d'un sujet. On peut aussi s'en servir comme *outil de synthèse* commun dont le contenu fait consensus, c'est-à-dire traduit bien la compréhension d'un sujet par une équipe ou un groupe. Ainsi, la synthèse d'un cours peut être représentée dans un schéma intégrateur.

Le schéma intégrateur suivant représente une démarche générale de résolution de problème. Notez les liens à double sens entre certaines entités de ce schéma.

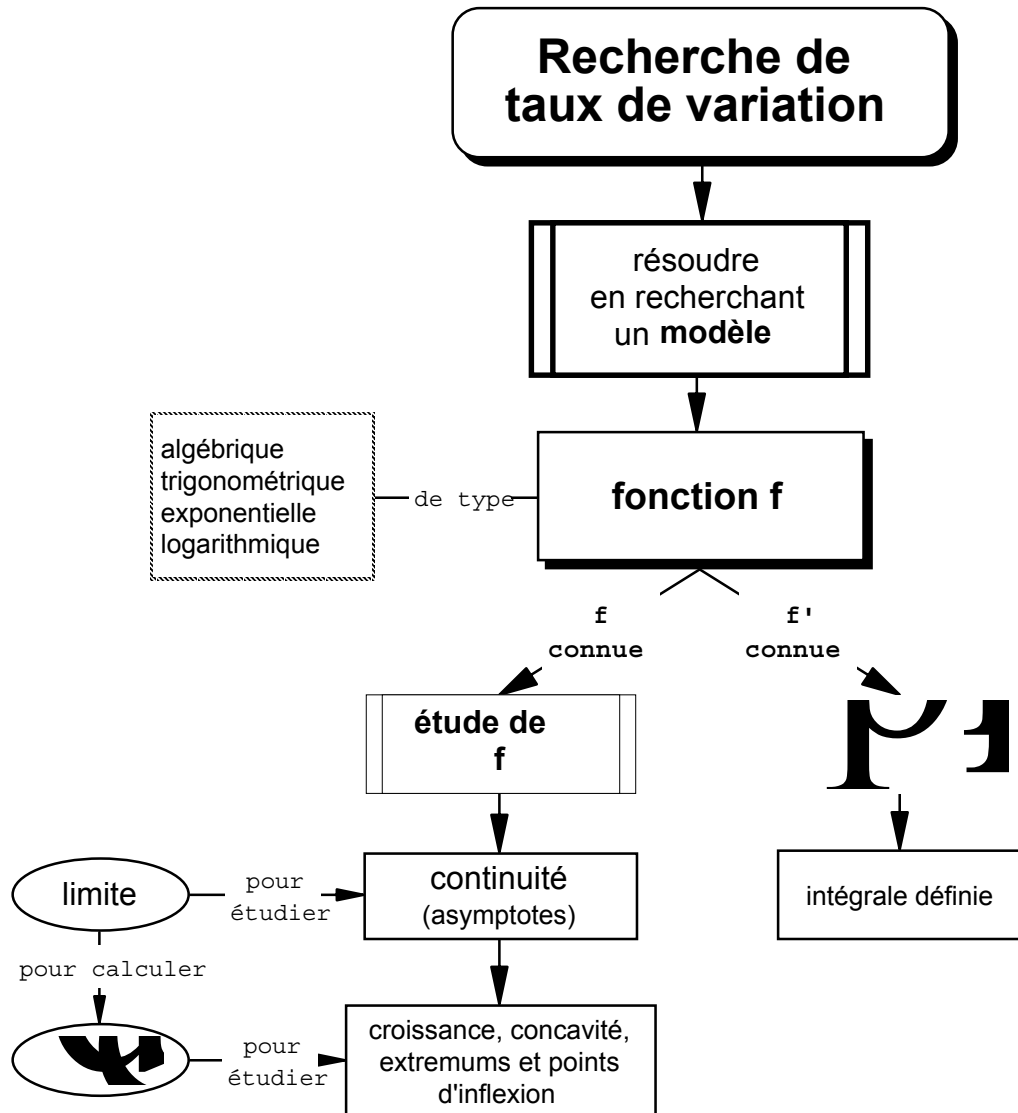


Nous pouvons aussi schématiser un contexte plus élaboré, comme les notions apprises dans un cours. Par exemple, les deux schémas intégrateurs suivants présentent les liens entre les concepts de base des cours Physique 201 (Électricité et magnétisme) et Math 103 (Calcul différentiel et intégral I).

# Charge, champs & courant électriques



# NOTIONS COURS MATH 103



La conception et l'étude d'un schéma intégrateur peuvent aussi faciliter la compréhension d'un phénomène. À titre d'exemple, référez au schéma intégrateur du problème des déchets radioactifs, à la fin de la première partie de ce guide.

## Démarche de construction d'un schéma

La schématisation devrait faire partie intégrante de l'apprentissage. Elle commence dès que la personne qui apprend construit ses premières représentations du sujet d'étude. Mais surtout, elle est capitale lors de la synthèse d'un sujet pour montrer les liens entre les notions apprises et leur *intégration* au réseau existant des connaissances antérieures.

Puisqu'un schéma est avant tout une construction personnalisée, il serait hasardeux d'édicter des règles strictes pour leur conception et leur représentation. Cependant, on peut suivre une démarche structurée pour arriver à un schéma personnel de connaissances. À cet effet, nous suggérons les étapes suivantes d'élaboration d'un schéma :

- 1- identifier les **éléments essentiels** d'un contexte d'étude en éliminant les détails; trier l'essentiel de l'auxiliaire,
- 2- bien *nommer* les éléments de connaissances à représenter,
- 3- choisir le *type* de schéma selon la *structure de connaissances* à construire, le contexte et les objectifs d'apprentissage visés,
- 4- identifier les **liens** entre les éléments,
- 5- agencer ces éléments et leurs relations dans une **structure**,
- 6- *valider* le schéma en l'appliquant à des cas particuliers et le *modifier* au besoin.

On peut construire un schéma à la main. Cependant, si on désire *l'éditer* avec un ordinateur, on choisira un logiciel approprié selon les outils disponibles et selon le type de schéma à faire. À cet effet, on suggère les choix suivants :

- un traitement de texte (*Word*) ou un tableur (*Excel*) pour les tableaux,
- *MORE* pour représenter une structure hiérarchique,
- un logiciel comme *Chart* ou *MS Project*<sup>4</sup> pour représenter un organigramme ou une séquence d'événements,
- un logiciel de dessin pour représenter des réseaux de concepts,
- un *logiciel de schématisation* spécialisé comme *INSPIRATION* ou *VISIO* pour représenter plusieurs types de schémas, notamment les réseaux et les schémas intégrateurs.

---

<sup>4</sup> MS Project est un excellent *outil de planification* de projets.

Enfin, rappelons-nous qu'un schéma est fort utile, voire nécessaire à la compréhension, à la synthèse d'un sujet. Cependant il n'est pas suffisant pour exprimer complètement le traitement que l'on peut en faire. Une description et surtout une argumentation rigoureuse qui s'appuie sur des données et des faits documentés sont toujours nécessaires. En somme, *schéma et texte sont des formes complémentaires d'expression.*

# **DOCUMENT 5**

## **Pour un travail d'équipe efficace**

À l'université comme sur le marché du travail, il est de plus en plus nécessaire de fonctionner en équipe. Les subventions de recherche sont accordées beaucoup plus fréquemment aux équipes de chercheurs qu'aux individus isolés. Le traitement de problèmes complexes exige le plus souvent la collaboration d'individus formés dans différents champs de compétence. Finalement, une équipe peut réaliser des travaux d'envergure que des individus isolés seraient incapables de mener à bien. Il est donc important d'apprendre à travailler efficacement en équipe.

### **Table des matières**

<b>Postes de responsabilité au sein de l'équipe de travail .....</b>	<b>3</b>
<b>Évaluation du travail d'équipe .....</b>	<b>5</b>

Le développement des technologies, la complexité croissante des situations auxquelles font face les scientifiques, ont fait de la capacité à travailler en équipe un élément important de la formation. Pourtant, tout le monde a connu un jour ou l'autre une expérience décevante de travail d'équipe. L'irresponsabilité de certains, le partage inégal des tâches, le manque de motivation de quelques-uns, les conflits de personnalité, le manque de communication ou la compétition entre les individus peuvent en être responsables.

On peut imaginer le rendement d'une équipe selon le comportement de ses membres :

÷	si une équipe est divisée, le rendement le sera également
-	si la participation des membres est inégale, le rendement sera inférieur à la somme de ce que chacun aurait pu produire seul
+	s'il y a participation active de tous les membres, mais peu de communication, on a une simple juxtaposition de travaux personnels
X	la participation active de tous les membres associée à une bonne communication permet de multiplier le rendement du fait de la diversité des talents et des idées, ainsi que de la dynamique de groupe qui motive et mobilise l'énergie de chacun dans une direction commune

En suivant **quelques règles de conduite simples**, le travail en équipe peut non seulement faciliter le travail à exécuter, mais également devenir une expérience humaine enrichissante. Nous essaierons au cours du semestre de vivre de telles expériences.

Noter ici quelques règles de comportement requis pour un travail d'équipe efficace :

Au début du semestre, la classe se divisera en équipes de trois. Ces regroupements se feront autant que possible par affinités personnelles et seront valables pour toute la première partie du cours (à moins de problèmes majeurs de fonctionnement au sein d'une équipe ou d'abandons).

**IMPORTANT :** Une équipe peut demander à expulser un de ses membres si son comportement rend le fonctionnement de l'équipe extrêmement difficile (toujours absent ou en retard, ne fait pas sa part du travail en temps voulu, ne tient pas compte des directives, ne respecte pas les autres membres).

Chacun est responsable d'une fonction particulière au sein de l'équipe.

### **Postes de responsabilité au sein de l'équipe de travail**

Au sein d'une équipe, on définit *trois fonctions majeures* : un animateur, un secrétaire et un porte-parole (ou représentant)<sup>5</sup>. Au cours du semestre, une rotation s'effectuera, permettant ainsi à chacun d'assumer à tour de rôle chacune de ces fonctions.

---

<sup>5</sup> Si des équipes de 4 personnes devaient se former, il appartiendra aux membres de cette équipe de définir une tâche particulière à la quatrième personne.

FONCTION	RESPONSABILITÉS
ANIMATEUR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposer un ordre du jour à chaque réunion</li> <li>• Gère le temps durant les réunions, de façon à réaliser toutes les étapes dans le temps alloué</li> <li>• Orchestre la discussion sans monopoliser la parole</li> <li>• S'assure de la participation de tous les membres de l'équipe aux discussions</li> <li>• S'assure du bon avancement du travail à toutes les étapes</li> <li>• Convoque des réunions supplémentaires, s'il y a lieu</li> <li>• Vérifie la bonne répartition des tâches entre les membres de l'équipe</li> </ul>
SECRÉTAIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Est responsable de la tenue du Journal de bord de l'équipe.</li> <li>• Rédige les procès-verbaux des réunions de l'équipe</li> <li>• Classe et conserve les différents documents nécessaires au travail de l'équipe durant la situation-problème.</li> <li>• Rédige le <b>rapport final</b> à partir des notes prises durant les différentes étapes de la modélisation de la situation-problème.</li> <li>• Prépare le matériel nécessaire pour la présentation orale : acétates, résumés, etc.</li> </ul>
PORTE-PAROLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communique avec le tuteur, au nom de son équipe, lors de problèmes particuliers</li> <li>• Présente le compte rendu devant la classe (étape 4)</li> </ul>

Il va de soi, bien entendu, que l'analyse du problème, la recherche documentaire, la synthèse des informations et la composition du compte rendu sont une **responsabilité collective**.

Les activités de l'équipe (réunions, partage des tâches, etc.) sont consignées dans le Journal de bord de l'équipe dont le secrétaire est responsable

### Évaluation du travail d'équipe

La *capacité de fonctionner en équipe et celle de gérer une recherche documentaire* font partie des objectifs du cours. En conséquence, une partie de l'évaluation doit

porter sur ces capacités. Cette évaluation se fera à partir du Journal de bord de l'équipe. Une grille d'évaluation pourra aussi être remplie par les autres membres de l'équipe (co-évaluation), comportera différents critères précis. Par exemple :

1. Ponctualité (le coéquipier arrive toujours à l'heure aux réunions);
2. Présence (il est toujours présent);
3. Participation active aux discussions (il prend la parole et fait avancer la discussion);
4. Participation active aux travaux de recherche (il fait sa part);
5. Sens des responsabilités face à l'équipe (on peut compter sur lui, il exécute les tâches qui lui incombent selon les échéances convenues);
6. Écoute et respect des autres membres de l'équipe (il ne monopolise pas toujours la discussion, accepte d'écouter les arguments des autres, ne ridiculise ni n'insulte personne);
7. Esprit d'équipe (suit les directives convenues par l'équipe)
8. Jugement critique (n'accepte pas automatiquement toutes les idées émises);
9. Argumentation (sait défendre ses idées de façon logique et claire).
10. Fonction dans l'équipe (il a rempli correctement la fonction qui lui était assignée : secrétaire, animateur ou porte-parole).

Ces critères seront évalués selon une échelle à quatre niveaux :

- Insuffisant    Passable    Bien    Très bien.

# DOCUMENT 6

## Vers une démarche autonome d'apprentissage

Durant vos études universitaires et plus tard dans votre vie professionnelle vous aurez de plus en plus à acquérir par vous-même les connaissances nécessaires. Cela demande de la méthode et quelques techniques auxquelles nous allons vous initier dans cette section.

### Table des matières

<b>1. Cerner les connaissances à acquérir .....</b>	<b>2</b>
1.1 Bien définir les connaissances à acquérir.....	2
1.2 Choix d'un livre de référence .....	2
1.3 Découpage de la matière .....	2
<b>2. Apprendre pas à pas .....</b>	<b>3</b>
2.1 La préparation .....	3
2.2 L'écriture .....	3
2.3 La synthèse personnelle.....	3
2.4 Les exercices .....	3
<b>3. Synthèse .....</b>	<b>4</b>
3.1 Résumé.....	4
3.2 Comparaison .....	4

Acquérir par soi-même des connaissances en mathématiques et en physique demande du travail et de la persévérance, mais cela demande surtout de la méthode. En général, c'est dans le cadre d'un problème que l'on se rend compte que les connaissances acquises sont insuffisantes et qu'il est nécessaire de les approfondir ou de les élargir.

Apprendre par soi-même est une aptitude importante à développer. Dans votre vie professionnelle, ce sera même une des façons les plus communes d'apprendre. Il est donc important de commencer à s'y préparer.

Même si chacun a sa façon de travailler et de comprendre nous vous présentons quelques règles de base que vous pouvez adapter selon vos goûts et selon la matière à acquérir.

## **1. Cerner les connaissances à acquérir**

Cette étape préparatoire est très importante. Si vous vous lancez trop vite dans un livre de mathématiques ou de physique, vous risquez de tâtonner et de vous décourager.

### **1.1 Bien définir les connaissances à acquérir**

Vous devez définir de façon aussi précise que possible ce que vous désirez apprendre. Pour cela identifiez le domaine mathématique ou le domaine physique concerné et les notions de base qui s'y rapportent.

À ce stade, un dictionnaire mathématique peut être utile.

Vous devez aussi avoir une idée de l'ampleur des connaissances à acquérir.

### **1.2 Choix d'un livre de référence**

On apprend à partir d'un livre. Une fois que vous avez identifié aussi bien que possible ce que vous désirez apprendre, allez consulter quelques livres, une demi-douzaine tout au plus, qui traitent du sujet. Puis choisissez celui avec lequel vous allez travailler. Un des critères du choix c'est de prendre un livre qui semble accorder à ce que vous voulez apprendre la même importance que vous-même. La table des matières est souvent instructive.

Il est surtout nécessaire de feuilleter chacun de ces livres pour s'en faire une idée générale : niveau théorique du contenu, qualité de la présentation, nombre et pertinence des exemples, etc.

### **1.3 Découpage de la matière**

Quand vous avez choisi le manuel qui semble vous convenir, découpez la matière à acquérir en blocs semblant correspondre à votre rythme de travail : 2 pages ? 5 pages ? Un bloc doit correspondre à une séance de travail.

Il ne faut pas découper la matière uniquement en terme de pages mais en terme de cohérence du contenu : un bloc d'apprentissage doit correspondre à une notion ou un ensemble de notions aussi cohérent que possible.

## **2. Apprendre pas à pas**

Une fois que vos blocs d'apprentissage sont clairement identifiés, il ne reste plus qu'à s'y attaquer. Cet apprentissage ne peut se faire que le crayon à la main : un crayon et du papier sont des outils indispensables.

### **2.1 La préparation**

Avant de vous lancer dans votre premier bloc, identifiez et notez le « contexte » :

- des connaissances antérieures indispensables identifiées dans le livre
- un lexique des symboles utilisés
- un glossaire des termes utilisés

### **2.2 L'écriture**

Une des meilleures façons de comprendre, c'est de réécrire les démonstrations et exemples du livre et de s'assurer que l'on comprend bien ce qu'on écrit. Il est inutile de continuer tant que l'on ne comprend pas. Pour les passages difficiles, relisez-les, parlez-en en équipe. Vérifiez si les exemples proposés peuvent contribuer à vous faire comprendre ce passage. Vous pouvez aussi aller voir dans les autres livres si leurs explications sur ce point difficile sont plus claires. Vous pouvez enfin consulter votre tuteur.

Notez régulièrement vos remarques : explications pour les passages difficiles, liens avec des exemples, ou avec d'autres livres, etc.

### **2.3 La synthèse personnelle**

À la fin de chaque bloc, faites une petite synthèse, sous forme de fiche, à votre usage personnel : les définitions, les résultats qui vous ont parus importants, les figures, un exemple type, un résumé du bloc, etc. Vous pouvez garder ces fiches qui vous aideront pour retrouver et utiliser ces notions.

### **2.4 Les exercices**

La meilleure façon de s'assurer que l'on a bien compris, c'est de faire des exercices. Commencez d'abord par les exemples, puis par les exercices où la réponse est fournie. Essayez de bien voir comment l'exercice se rattache à ce que vous venez d'apprendre et essayez aussi de voir comment les différents exercices traitent des différents aspects de la question, ou de quelques difficultés particulières, ou de propriétés importantes, ou d'applications particulières, etc.

Vous pouvez aussi consulter les livres de la série Schaum's portant sur différents aspects des mathématiques ou de la physique : ils comportent un grand nombre d'exercices traités en détail.

### **3. Synthèse**

#### **3.1 Résumé**

Lorsque vous avez traité les différents blocs, nous vous suggérons de rédiger une fiche synthèse sur le modèle des précédentes et portant sur l'ensemble des blocs. Vous pouvez faire un schéma illustrant le lien entre les divers concepts rencontrés.

#### **3.2 Comparaison**

Pour être sûr d'avoir bien compris une notion mathématique, il est conseillé de parcourir un autre livre qui en traite. Si vous avez bien compris, vous ne devriez pas avoir de difficultés en rencontrant des symboles différents, une approche différente, d'autres formulations équivalentes. Là aussi, effectuez quelques exercices.

Vous pouvez compléter vos fiches avec ces différences de symboles ou de formulations.

# DOCUMENT 7

## Les simulations par ordinateur

L'étude d'une situation problème comporte une étape de simulation en laboratoire d'informatique. Il s'agit d'utiliser les capacités d'un logiciel de calcul symbolique comme *Mathematica* ou *Maple* étudier le modèle mis au point. Le protocole de laboratoire vous demande de prévoir les calculs à effectuer par ordinateur, les fonctions à représenter ou les paramètres à simuler. Dans cette section nous allons vous rappeler les commandes qui vous seront les plus utiles.

### Table des matières

<b>1 Les calculs répétitifs.....</b>	<b>2</b>
1.2 <i>Maple</i> et la commande seq() .....	2
1.3 <i>Mathematica</i> et la commande Table[].....	3
<b>2 La représentation d'une série de graphiques sur la même figure .....</b>	<b>4</b>
2.1 La commande plot() sur la commande seq() dans <i>Maple</i> .....	4
2.2 La commande Plot[] sur la commande Table[] dans <i>Mathematica</i> .....	5
<b>3 La représentation d'une série de figures.....</b>	<b>5</b>
3.1 La commande animate() avec <i>Maple</i> .....	6
3.2 Les commandes Table[] et Plot[] avec <i>Mathematica</i> .....	6
<b>4 La représentation des solutions d'une équation différentielle.....</b>	<b>7</b>
4.1 La commande dsolve() et la représentation des solutions d'une équation différentielle avec <i>Maple</i> .....	7
4.2 La commande DSolve et la représentation des solutions d'une équation différentielle avec <i>Mathematica</i> .....	9

Modéliser un phénomène physique, c'est le décrire en langage mathématique, c'est-à-dire établir une série d'équations et de fonctions mathématiques, selon une ou plusieurs variables et avec certains paramètres. Ces équations et fonctions constituent le modèle lui-même. Étudier le phénomène revient donc à étudier son modèle. Or étudier un modèle c'est non seulement résoudre les équations et représenter les fonctions selon la variable, mais c'est aussi évaluer le rôle des différents paramètres qui entrent en ligne de compte. Pour cela il n'y a pas d'autres moyens que de résoudre les équations ou représenter les fonctions pour différentes valeurs des paramètres. C'est ce qu'on appelle « simuler ».

Ces simulations sont essentielles car elles permettent d'abord de valider le modèle. Les résultats obtenus par la résolution des équations doivent correspondre aux résultats observés. Surtout, une fois cette validation établie, le modèle permet d'étudier en détail le phénomène en donnant, par exemple, diverses valeurs à certains paramètres importants.

Ces simulations, qui demandent beaucoup de calculs répétitifs, deviennent très simples à reproduire avec des logiciels de calcul symbolique comme *Maple* et *Mathematica*. Un des grands avantages qu'offrent ces logiciels c'est qu'ils vous permettent d'effectuer rapidement des séries de calculs complexes ou représenter facilement les graphiques de fonctions, ce qui aurait été impossible sans l'ordinateur. Vous pouvez ainsi « tester » plusieurs valeurs prises par les variables ou par les paramètres. Vous pouvez représenter graphiquement une série de figures correspondant à ces valeurs, etc. *Maple* et *Mathematica* permettent ainsi de réintroduire une certaine part d'expérimentation en mathématiques et de visualiser rapidement certains résultats.

Comme introduction à cet aspect de l'utilisation des logiciels de calcul symbolique nous allons nous limiter aux commandes qui permettent les calculs répétitifs, à celles qui permettent les représentations graphiques ou des combinaisons des deux et à celles qui permettent de résoudre des équations différentielles et représenter les solutions. Nous verrons ces commandes dans *Maple* et dans *Mathematica*.

## 1 Les calculs répétitifs

Les calculs répétitifs consistent à effectuer le même calcul, par exemple calculer une formule en physique, pour différentes valeurs de la variable ou d'un paramètre. Ces valeurs varient généralement régulièrement. Les réponses peuvent se présenter sous forme de tableaux.

### 1.2 *Maple* et la commande `seq()`

La commande `seq(expression,a=valmin..valmax)` permet de calculer les valeurs prises par **expression** pour l'itérateur **a** variant de **valmin** à **valmax** selon un pas de 1.

Si l'itérateur doit varier selon un pas différent, il faut alors définir l'ensemble  $L$  des valeurs que peut prendre cet itérateur et l'inclure dans la commande **seq()**. Par exemple, si nous voulons évaluer vers quoi tend le rapport de deux fonctions lorsque la variable augmente rapidement, utilisons un pas exponentiel composé des puissances de 10 : 1, 10, 100, 1000, etc.

Pour évaluer vers quoi tend le rapport de  $\frac{\ln(x)}{x^2}$  lorsque  $x$  augmente fortement, construisons d'abord une série  $L$  de puissances de 10, puis utilisons cette liste comme ensemble de valeurs pour l'itérateur. Pour cela entrez les instructions ci-dessous :

```
restart;
"Liste d'indices";
L:=seq(10^i, i=0..10);
"Rapport des fonctions";
Rapport:=seq([x, log(x)/x^2], x=L);
evalm([evalf(Rapport)]);
```

Nous obtenons :

```
"Liste d'indices"
L := 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, 1000000, 10000000,
100000000, 1000000000, 10000000000
"Rapport des fonctions"
[
  1.          0
  10.         .02302585093
  100.        .0004605170186
  1000.       .6907755279 10-5
  10000.     .9210340372 10-7
  100000.    .1151292546 10-8
  .1000000 107 .1381551056 10-10
  .10000000 108 .1611809565 10-12
  .100000000 109 .1842068074 10-14
  .1000000000 1010 .2072326584 10-16
  .10000000000 1011 .2302585093 10-18
]
```

Une liste générée par la commande `seq()` peut se mettre sous forme de tableau avec la commande `evalm()`.

### 1.3 *Mathematica* et la commande `Table[]`

La commande `Table[expression, {n,min,max,pas}]` suivie de l'option `TableForm[]` permet d'obtenir une série de valeurs prises par `expression` lorsque le paramètre `n` varie de `min` à `max` avec un pas de `pas` et de présenter la réponse sous forme de tableau. `Expression` peut consister en une ou plusieurs formules.

Par exemple, pour obtenir les carrés de 50 premiers nombres entiers, entrez les instructions ci-dessous :

```
Table[ {n,n^2} , {n, 0, 50} ] ;  
TableForm[%]
```

La commande `ListPlot[]` permet de représenter graphiquement les résultats, comme le démontre l'exemple ci-dessous, qui donne la valeur numérique de la racine de chaque nombre entier de 0 à 50 :

```
Table[ {n,N[Sqrt[n]]} , {n, 0, 50} ] ;  
ListPlot[%]
```

Il est possible d'avoir à la fois le tableau et le graphique :

```
Table[ {n,N[Sqrt[n]]} , {n, 0, 50} ] ;  
TableForm[%]  
ListPlot[%%]
```

## 2 La représentation d'une série de graphiques sur la même figure

Pour mesurer l'importance d'un paramètre sur le graphique d'une fonction, il est intéressant de représenter sur une même figure plusieurs graphiques de la même fonction et selon la même variable mais pour des valeurs différentes du paramètre.

### 2.1 La commande `plot()` sur la commande `seq()` dans *Maple*

`seq()` représente une suite d'éléments. Si ces éléments sont des fonctions, il est possible de combiner les commandes `plot()` et `seq()` de façon à représenter cette série de fonctions sur un même graphique.

Ainsi, représentons les graphiques représentant les fonctions harmoniques  $y = A\sin(t)$  pour différentes valeurs de l'amplitude  $A$ .

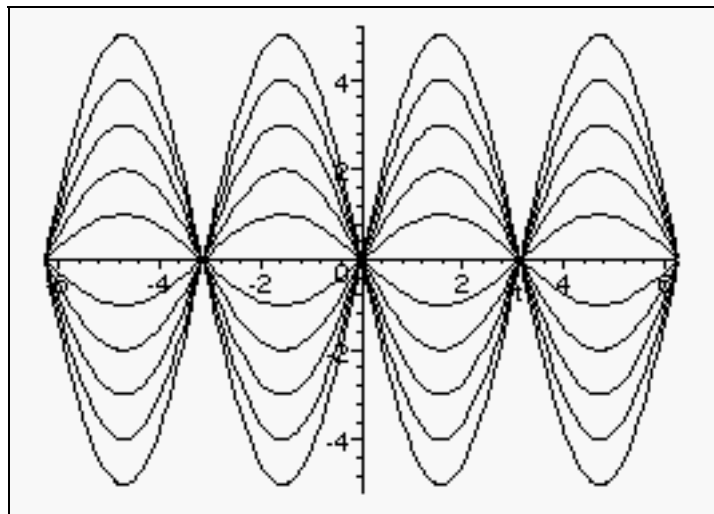
Nous allons d'abord définir, avec la commande `seq()`, la liste des fonctions pour différentes valeurs de  $A$ .

Enfin, la commande `plot()` représentera la liste de ces fonctions.

Entrez les instructions ci-dessous :

```
restart;  
"Liste de sinns";  
L:=seq(A*sin(t), A=-5..5);  
"Graphiques";  
plot([L], t=-2*Pi..2*Pi, color=black);
```

Vous obtenez le graphique suivant :



## 2.2 La commande `Plot[]` sur la commande `Table[]` dans *Mathematica*

`Table[]` fournit une liste d'éléments. Si ces éléments sont des fonctions, il est possible de combiner ces deux commandes de façon à représenter cette série de fonctions sur un même graphique.

Ainsi, représentons les droites passant par le point  $(0,-2)$  et de pentes  $m$  pour différentes valeurs de  $m$ . L'équation de ces droites est  $y = m*x-2$

Nous allons d'abord définir la fonction  $f(x)$ , puis, avec la commande **Table[]**, la liste des fonctions pour différentes valeurs de  $m$ .

Enfin, la commande **Plot[]** représentera la liste de ces fonctions, après avoir pris la précaution de la soumettre à la commande **Evaluate[]**.

Entrez les instructions ci-dessous :

```
Clear[f, x, m];  
f[x_] := m*x - 2;  
liste = Table[f[x], {m, -5, 5}];  
Plot[Evaluate[list], {x, -5, 5}]
```

### 3 La représentation d'une série de figures

Nous venons d'obtenir une série de graphiques sur une même figure. Dans certaines circonstances il est intéressant d'obtenir les mêmes graphiques mais chacun sur sa seule figure. Cela permet aussi « d'animer » la séquence de graphiques obtenus.

#### 3.1 La commande **animate()** avec *Maple*

En appliquant la commande **plot()** sur la suite fournie par **seq()**, nous avons obtenu une série de courbes sur le même graphique.

Pour obtenir une série de courbes différents, nous pouvons utiliser la commande **animate()** du package **plots** ou la commande **animate3d()** si on se trouve dans l'espace à trois dimensions. Cette commande permet d'obtenir, et d'animer, une série de graphique d'une fonction dépendant d'un paramètre. Elle s'écrit généralement de la façon suivante :

```
animate(f, x=a..b, m=c..d)
```

ou

```
animate3d(z, x=a..b, y=c..d, m=e..f)
```

avec la fonction à une variable  $f(x)$  ou la fonction à deux variables  $z(x, y)$ . Comme exemple prenons l'équation d'un plan dépendant d'un paramètre  $m$  :

$$z = x - y + m$$

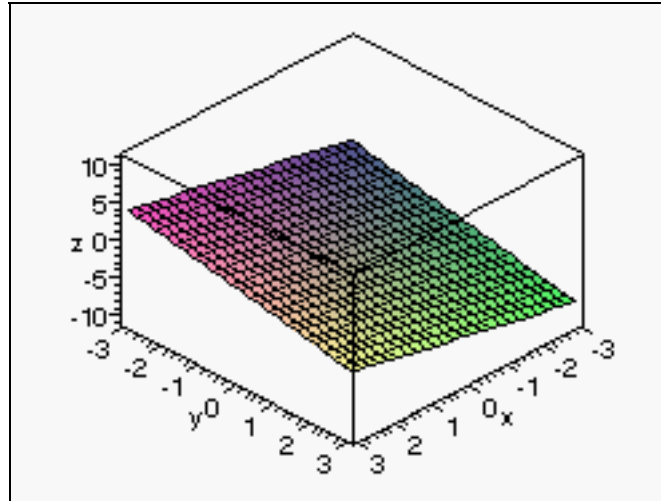
Effectuons une simulation pour  $m$  variant de -5 à 5 ::

```

restart;
with(plots):
"Équation du plan";
z:=x-y+m;
"Simulations";
animate3d(z, x=-3..3, y=-3..3, m=-5..5,
axes=boxed, labels=["x", "y", "z"]);

```

Nous obtenons :



Il est facile de déclencher la simulation avec le bouton adéquat de la barre des menus qui apparaît.

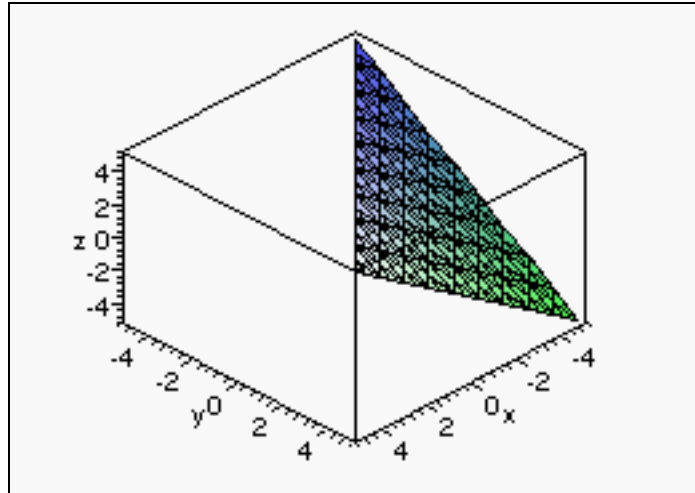
Nous aurions aussi pu utiliser la commande **display()** sur une liste de figures obtenues avec la commande **implicitplot3d()**. Vous devez entrer les instructions ci-dessous :

```

restart;
with(plots):
"Équation du plan";
plan:=x-y-z+m=0;
"Simulations";
listepan:=seq(implicitplot3d(plan,
x=-5..5, y=-5..5, z=-5..5,
axes=boxed, labels=["x", "y", "z"]),
m=-5..5);
display(listepan, insequence=true);

```

Nous obtenons :



Là aussi l'animation se fait avec le bouton adéquat.

### 3.2 Les commandes `Table[]` et `Plot[]` avec *Mathematica*

Si l'expression que doit traiter la commande `Table[]` est la commande `Plot[]`, nous obtiendrons alors une série de figures. Les figures représenteront la même fonction et la même variable, celle qui est précisée dans la commande `Plot[]`, et les différences dépendront du paramètre qui sert d'itérateur et qui figure nécessairement dans la fonction  $f(x)$ . Il est possible d'obtenir une animation en cliquant deux fois sur un de ces graphiques.

En reprenant l'exemple précédent :

```
Clear[f, m, x];
f[x_] := m*x - 2;
Table[Plot[f[x], {x, -5, 5}], {m, -5, 5}]
```

Il est parfois utile d'utiliser l'option `AspectRatio->Automatic` pour que le graphique garde ses proportions.

## 4 La représentation des solutions d'une équation différentielle

Les équations différentielles sont des outils particulièrement utilisés dans la modélisation de phénomènes physiques. Il vous faut les résoudre, bien souvent selon certaines conditions initiales, puis représenter leurs courbes intégrales sur un graphique. Il est aussi utile d'étudier les solutions, et de les représenter selon différentes valeurs que pourraient prendre ces conditions initiales.

### 4.1 La commande `dsolve()` et la représentation des solutions d'une équation différentielle avec *Maple*

Par exemple, le phénomène de la décomposition radioactive se traduit par une équation différentielle du premier ordre du type :

$$M'(t) = kM(t)$$

où  $M(t)$  représente la masse restante au temps  $t$ ,  $M'(t)$  son rythme de désintégration et  $k$  la constante de désintégration propre au corps étudié.

Pour résoudre l'équation différentielle avec *Maple*, entrez les instructions ci-dessous :

```
restart;  
"Symboles":  
M0:=M(t):M1:=diff(M0,t):  
"Équation":  
eqd:=M1=k*M0;  
"Résolution":  
dsolve(eqd,M0);
```

Nous obtenons :

```
"Équation"  
eqd :=  $\frac{\partial}{\partial t} M(t) = k M(t)$   
"Résolution"  
M(t) = _C1 e(k t)
```

La constante d'intégration est  $_C1$ .

Pour obtenir une solution nous avons besoin de connaître la valeur de la constante  $k$  de désintégration. Prenons ici  $k = -\frac{7}{1000}$ .

Nous avons aussi besoin de connaître la valeur initiale  $M(0)$ ;

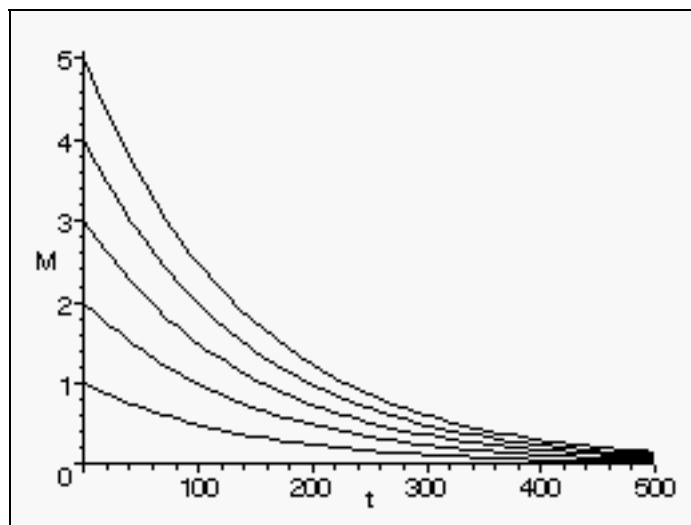
Il est souvent intéressant d'étudier la solution pour différentes valeurs possibles de la valeur initiale. Simulons donc ce que devient la solution pour des masses initiales variant de 1 à 5 et représentons les graphiques de ces fonctions sur une même figure. Entrons les instructions ci-dessous :

```

restart;
"Symboles";
M0:=M(t):M1:=diff(M0,t);
"Données";
k:=-7/1000;
"Conditions initiales";
Cini:=M(0)=m;
"Équation";
eqd:=M1=k*M0;
"Résolution";
sol:=dsolve({eqd,Cini},M0);
"Solution";
f:=rhs(sol);
"Simulations";
listesol:=seq(f,m=1..5);
plot([listesol],t=0..500,
color=black,labels=["t","M"]);

```

Nous obtenons :



Nous avons déjà vu comment la commande **rhs()** va chercher la partie droite de ce que renvoie *Maple*, c'est à dire la ou les solutions de l'équation différentielle.

#### 4.2 La commande **DSolve** et la représentation des solutions d'une équation différentielle avec *Mathematica*

Reprenons la fonction :

$$M'(t) = -kM(t)$$

*Mathematica* résoudra cette équation selon les instructions ci-dessous :

```

Clear[eqd, M, t]
eqd=M'[t]==k*M[t];
DSolve[eqd, M[t], t]

{{M[t] -> Ek t C[1]}}

```

Vous remarquez la constante d'intégration C[1].

En général nous connaissons la masse initiale, ce qui nous permet de calculer cette constante. Ainsi, pour un corps, dont la constante de désintégration est  $k = -0,007$  et dont nous avons 100 kg à l'instant initial, la masse restant au temps  $t$  est donnée par l'équation différentielle que *Mathematica* résout selon les instructions ci-dessous :

```

Clear[condini, eqd, k, M, t]
k=-0.007;
eqd=M'[t]==k*M[t];
condini=M[0]==100;
DSolve[{eqd, condini}, M[t], t]

{{M[t] ->  $\frac{100}{E^{0.007 t}}$ }}

```

De manière générale, les commandes ci-dessous permettent d'obtenir les solutions d'une équation différentielle correspondant à des conditions initiales différentes :

```

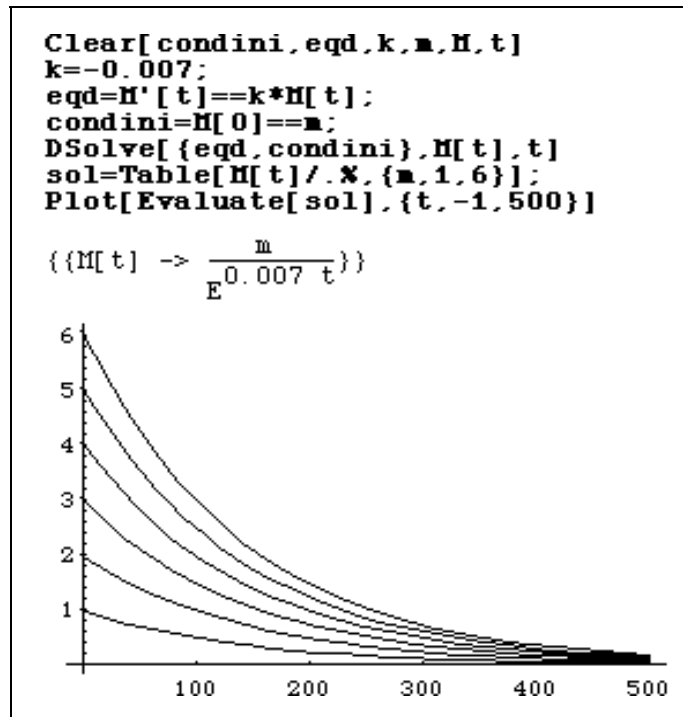
Clear[condini, eqd, k, m, M, t]
k=-0.007;
eqd=M'[t]==k*M[t];
condini=M[0]==m;
DSolve[{eqd, condini}, M[t], t]
sol=Table[M[t]/.%, {m, 1, 6}]

{{M[t] ->  $\frac{m}{E^{0.007 t}}$ }}

{{E-0.007 t}, ( $\frac{2}{E^{0.007 t}}$ ), ( $\frac{3}{E^{0.007 t}}$ ), ( $\frac{4}{E^{0.007 t}}$ ), ( $\frac{5}{E^{0.007 t}}$ ), ( $\frac{6}{E^{0.007 t}}$ )}}

```

Pour représenter les solutions obtenues sans avoir à les réécrire, entrez les instructions ci-dessous :



Il est possible d'obtenir les mêmes résultats avec les commandes suivantes :

```

Clear[eqd, sol, condini, M, t]
k=-0.007;
eqd=M'[t]==k*M[t];
condini=M[0]==m;
DSolve[{eqd, condini}, M[t], t]
M[t_]=M[t]/.%%[[1]];
sol=Table[M[t], {m, 1, 6}];
Plot[Evaluate[sol], {t, -1, 500}]

```

Dans les instructions précédentes, remarquez la commande de la sixième ligne :

$$M[t_]=M[t]/.%%[[1]]$$

Elle indique que vous définissez la fonction  $M[t]$  à partir de la fonction  $M[t]$  apparaissant dans l'équation différentielle en la remplaçant par la solution trouvée. Celle-ci se trouve être le premier élément de l'ensemble des solutions engendrées par la commande **DSolve** de la ligne précédente. C'est le sens de  $M[t]/.%%[[1]]$ .

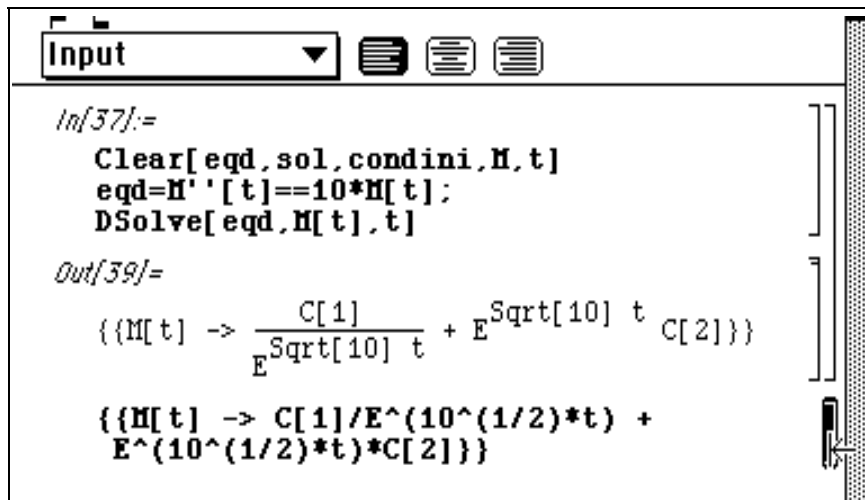
Nous pouvons ainsi obtenir et représenter les solutions pour différentes valeurs des conditions initiales.

Il existe enfin un moyen simple de reprendre la solution d'une équation différentielle et de la réutiliser sans avoir à la retranscrire lettre par lettre avec les risques d'erreurs que cela comporte : c'est de reformater la cellule **Output** en mode **Input**.

Vous devez :

1. Sélectionner le crochet de la cellule de la réponse et la copier.
2. Coller en-dessous.
3. Sélectionner le crochet de cette nouvelle cellule et sélectionner le mode **Input** dans la fenêtre des styles.
4. Il ne vous reste plus qu'à apporter les changements nécessaires dans le texte.

Entrez les instructions ci-dessous pour obtenir ce qui suit :



```
Input
Clear[eqd, sol, condini, H, t]
eqd=H'[t]==10*H[t];
DSolve[eqd, H[t], t]

Out[39]=
{{M[t] ->  $\frac{C[1]}{E^{\text{Sqrt}[10] t}} + E^{\text{Sqrt}[10] t} C[2]}$ }}
```

```
Input
{{H[t] ->  $C[1]/E^{(10^{(1/2)*t}} + E^{(10^{(1/2)*t})*C[2]}$ }}
```

# DOCUMENT 8

## Gabarits pour les documents à produire

Tout travail important exige une série de documents, que ce soit des documents internes destinés à faciliter le travail et en assurer le suivi, ou des documents destinés à informer les personnes concernées du travail accompli.

Ces documents sont importants car c'est avec eux que l'équipe travaille et c'est à partir d'eux que le travail sera évalué. La qualité de rédaction est essentielle que ce soit sur le fond ou sur la forme.

Ces documents sont, sauf exception, réalisés par ordinateur. Nous allons vous présenter les principaux types de documents et leurs caractéristiques essentielles que vous devrez respecter. Pour vous faciliter le travail nous vous proposons une série de « gabarits », déjà formatés, que vous devez utiliser.

Pour tout cet aspect de votre travail, vous pouvez vous référer au « *Vade Mecum, aide méthodologique* » de Ginette Lebel et Marie-Claude Pineault.

Le gabarit des « rapports » que nous vous proposons est celui qui est utilisé dans les facultés de Génie et nous remercions la Faculté de Génie de l'U.Q.A.R. de nous avoir permis de l'utiliser.

Enfin, avant de remettre un document, n'oubliez jamais d'utiliser un correcteur orthographique.

## Table des matières

<b>1. Rapports sur les situations problèmes .....</b>	<b>3</b>
1.1 Contenu .....	3
1.1.1 Les pages préliminaires .....	3
1.1.2 Le corps du rapport.....	4
1.1.3 Les pages annexes .....	5
1.2 Présentation .....	5
<b>2. Rapport du travail final .....</b>	<b>5</b>
2.1 Structure du rapport final .....	6
2.2 Rédaction du rapport final.....	6
<b>3. Le devis de recherche.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Le plan de l'exposé oral.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Le Journal de bord .....</b>	<b>7</b>
<b>6. L'ordre du jour .....</b>	<b>8</b>
<b>7. Procès verbaux .....</b>	<b>8</b>

Durant votre démarche d'étude d'une situation problème par la méthode de la modélisation, vous allez avoir à rédiger, seul ou en équipe, des documents de types divers. Pour vous aider dans ce travail, nous allons identifier les principaux documents et vous suggérer un « gabarit » pour les plus importants d'entre eux.

Les modèles ou « gabarits » qui vous sont proposés correspondent à ceux qui sont utilisés à la faculté de Génie de l'Université du Québec à Rimouski. Ils correspondent également au « *Vade Mecum, aide méthodologique* » de Ginette Lebel et Marie-Claude Pineault.

## **1. Rapports sur les situations problèmes**

Dans le cadre de ce cours vous aurez à rédiger un rapport pour chacune des trois situations-problèmes. L'objectif recherché est non seulement de vous permettre de présenter les résultats de votre travail, mais aussi de vous familiariser avec les normes généralement admises pour les rapports scientifiques.

### **1.1 Contenu**

Le rapport sur une situation-problème doit contenir les éléments suivants :

#### **1.1.1 Les pages préliminaires**

##### **A) La page titre**

La page titre doit contenir les éléments suivants :

- un titre et éventuellement un sous-titre ;
- le nom du destinataire ;
- le nom des auteurs et le numéro de leur équipe ;
- le nom du Cégep et du cours d'où provient le rapport ;
- la date ( le jour, le mois, en toutes lettres, l'année ) ;

##### **B) Résumé**

Le résumé donne la chance au lecteur pressé de connaître le but et les idées principales de l'introduction, de chacun des chapitres et de la conclusion. Ce résumé est indispensable pour le rapport final mais pas obligatoire pour les rapports des situations-problèmes.

##### **C) Table des matières**

La table des matières est construite jusqu'aux titres de niveaux 4. Elle s'effectue par l'article **Table des matières...** du menu **Insère** dans le logiciel Word.

##### **D) Liste des tableaux et des figures**

On y énumère les tableaux et les figures présentées en indiquant le numéro, le titre et la pagination.

## 1.1.2 Le corps du rapport

### A) Chapitre 1 Introduction

L'introduction résume le problème posé et donne une brève description de la méthode utilisée et du cheminement suivi. L'introduction doit aussi éveiller l'intérêt du lecteur.

### B) Chapitre 2 : l'analyse du problème ou l'observation

Ce second chapitre correspond à la première étape du cycle de modélisation. On doit y retrouver la compréhension globale que vous avez eu du problème, vos pistes de recherches bibliographiques comme la liste des mots clés utilisés et un bref résumé des principaux documents obtenus.

Vous devez :

- dresser les figures et schémas nécessaires ;
- énumérer et décrire brièvement les variables utilisées en indiquant les unités utilisées ;

Ce chapitre doit se terminer par la description des sous-problèmes identifiés, l'aspect que vous avez retenu et les raisons qui vous ont poussé à le faire, et enfin une hypothèse sur les lois physiques qui pourraient s'appliquer.

### C) Chapitre 3 : la mathématisation du problème

À partir des documents obtenus dont vous devez donner les références, vous allez:

- rappeler les lois physiques qui vont être utilisées ;
- rappeler les données ;
- mettre en évidence les équations et fonctions décrivant le problème, qui constituent le modèle mathématique ;

Une fois le modèle bien établi, vous devez proposer un protocole de laboratoire informatique permettant d'étudier le problème en traitant le modèle à l'aide d'un logiciel de calcul symbolique, ici *Maple*.

Ce protocole doit inclure les éléments suivants :

- les calculs, algébriques et numériques, à effectuer sur les équations et fonctions du modèle ;
- les fonctions dont la représentation graphique procurerait une meilleure compréhension du problème ;
- les simulations selon des paramètres intéressants ;

Si la situation problème s'y prête, vous pouvez aussi proposer un protocole de laboratoire en physique pour valider les résultats obtenus à partir du modèle.

Les équations mathématiques peuvent être écrites avec l'éditeur d'équations ou écrites manuellement.

### D) Chapitre 4 : la simulation et la validation en laboratoire

Dans ce chapitre vous devez d'abord présenter le rapport de votre travail en laboratoire d'informatique. Vous devez indiquer et commenter les résultats obtenus par calcul puis commenter les graphiques réalisés et les simulations effectuées.

Vous indiquerez ensuite les conclusions que vous tirez de ces résultats. Les feuilles informatiques elles-mêmes doivent figurer en annexe du rapport.

Ensuite vous procéderez de la même façon pour la validation en laboratoire de physique. Ce rapport doit respecter les règles de présentation qui ont été données lors des cours de physique précédents.

### **E) Conclusion**

La conclusion est le point d'aboutissement du rapport. On fait la synthèse des résultats. Elle valide les hypothèses retenues, indique les limites du modèle et les aspects non-retenus. Elle propose quelques améliorations et replace le problème dans un contexte plus large pour suggérer de nouvelles pistes à explorer.

## **1.1.3 Les pages annexes**

### **A) Les annexes**

Les documents placés en annexe sont des compléments nécessaires à la compréhension du rapport, mais qu'on a décidé de ne pas inclure dans le rapport même, soit parcequ'ils sont trop longs, soit parce qu'on a jugé que cela alourdirait le texte inutilement. On peut y retrouver des photocopies de documents pertinents, de site web, des figures ou schémas, des rapports de laboratoire d'informatique et de physique, des figures, etc.

### **B) Bibliographie**

Dans la bibliographie on cite les ouvrages consultés, livres, revues, dictionnaires, sites web, etc. et les ouvrages reliés au sujet traité. Pour la présentation d'une bibliographie consultez le document 2 « *Protocole de recherche documentaire* » de ce guide.

### **C) Index**

Un index peut être ajouté à l'aide de l'article **Index...** du menu **Insère**. Un index comprend en ordre alphabétique les sujets, les termes, les noms des personnes, les noms de compagnies et les noms de lieux.

## **1.2 Présentation**

Le rapport doit être rédigé à l'ordinateur selon le gabarit qui vous est fourni dans le logiciel Word. Il doit utiliser du papier  $\left(8\frac{1}{2}'' \times 11''\right)$ . La police de caractère est le «Times » avec une taille de 12 points.

Les éléments de base de la mise en page sont indiqués dans le « Vade Mecum ».

## 2. Rapport du travail final

Le contenu du rapport final est fixé par l'équipe. Il représente la synthèse du travail effectué. Sa structure dépend du type de travail choisi (cf « Document 12 Travail de recherche ». Pour ce travail vous pouvez aussi utiliser le gabarit fourni. Si vous voulez réaliser votre propre mise en page, celle-ci doit respecter les indications du « Vade Mecum ». Le travail est remis au tuteur et sert de base à la présentation orale. Précisons le travail à faire.

### 2.1 Structure du rapport final

Le rapport final comporte au moins les éléments suivants :

#### *Les pages préliminaires*

- page titre
- résumé
- avant-propos
- table des matières
- liste des figures et tableaux

#### *Le corps du rapport*

- chapitre 1
- chapitre 2
- .....
- conclusion

#### *Les pages annexes*

- annexes
- bibliographie
- index (si possible)

La structure du rapport final est tout à fait semblable à celle des rapports sur les situations-problèmes ou à celle des dissertations.

Vous noterez que dans les pages préliminaires il est nécessaire d'ajouter un Avant-propos. Cet Avant-propos permet aux auteurs de préciser leurs intentions : les raisons qui les ont amenés à choisir leur sujet, l'ampleur et les limites du rapport et les principales difficultés éprouvées.

### 2.2 Rédaction du rapport final

Le travail de rédaction peut être préparé par les membres de l'équipe sous la supervision du secrétaire et c'est celui-ci qui veille à la structure du rapport et sa cohérence. Pour minimiser le travail de montage final effectué par le secrétaire, il est suggéré que tous les membres de l'équipe travaillent sur des fichiers ayant les mêmes gabarits.

### **3. Le devis de recherche**

Le devis de recherche doit présenter la planification du travail prévu pour la recherche de la seconde partie de la session.

Il doit inclure les éléments suivants :

1. une page-titre incluant les renseignements habituels
2. un rappel de la problématique
3. un plan de travail ou table des matières provisoire du futur rapport de recherche avec une introduction, la mise en évidence des différents volets abordés dans l'étude du problème et une conclusion
4. une identification des responsabilités chez les différents membres de l'équipe
5. un échéancier réaliste d'exécution du travail de recherche
6. une bibliographie provisoire citant les principales références disponibles

Ce devis doit être présenté au tuteur.

### **4. Le plan de l'exposé oral**

Chaque exposé oral doit être préparé sur la base d'un document de présentation incluant les éléments suivants :

- Un plan donnant les points majeurs de la présentation.
- Un minutage pour chacun de ces points
- Une présentation à l'aide de PowerPoint ou une série d'acétates numérotées selon le point où elles sont présentées et selon leur ordre d'apparition ( aucune démonstration ne doit se faire au tableau ).

Pour plus de détails, consulter le « Vade Mecum » p. 34.

### **5. Le Journal de bord**

Le journal de bord est un document dans lequel on rassemble au jour le jour toutes les informations pertinentes à la recherche.

Le journal de bord est placé dans un cahier à anneaux. Il doit être clairement identifié au nom de l'équipe et chaque partie doit être séparée par une feuille de couleur. Le journal doit démontrer la participation de chaque membre de l'équipe.

#### **Partie 1 Régie interne de l'équipe**

Cette partie doit indiquer la répartition des tâches entre les membres de l'équipe et le travail effectué par chacun.

## **Partie 2 Ordres du jour et comptes rendus de vos réunions**

Les comptes rendus doivent mentionner la présence de chacun, l'heure du début et l'heure de la fin de la réunion. Ils doivent rendre compte des principales décisions prises.

## **Partie 3 Documents de travail**

- Rapports d'étape
- Notes de calculs, résumés de lecture
- Figures et schémas pertinents
- Programmes informatiques
- Bibliographies à jour
- Photocopies de documents importants

## **6. L'ordre du jour**

L'ordre du jour d'une réunion doit comporter les éléments minimaux suivants :

1. Lieu et heure de la réunion
2. Numéro de la réunion
3. Ordre du jour prévoyant :
  - 1 Ordre du jour
  - 2 Adoption du PV de la réunion précédente et les suites des décisions prises
  - 3 Informations
  - 4 Sujet 1 à traiter
  - 5 Sujet 2 à traiter

.....

Divers

Pour éviter toute perte de temps, il est souhaitable de prévoir un temps-limite pour chaque point.

## **7. Procès verbaux**

Le procès-verbal d'une réunion doit comporter les éléments minimaux suivants :

1. Listes des présences. Les absences justifiées doivent être mentionnées.
2. Lieu et heure de la réunion
3. Numéro de la réunion
4. OJ de la réunion
5. Le contenu du PV doit reprendre les principaux points de l'OJ et indiquer minimalement les décisions prises.

Les ordres du jour et les PV se rédigent par ordinateur.

# DOCUMENT 10

## Le Journal de bord de l'équipe

Le Journal de bord de l'équipe est son outil de travail où sont consignés les ordres du jour et procès-verbaux des réunions de l'équipe, où sont consignées les répartitions des tâches des membres de l'équipe et aussi où figurent tous les documents nécessaires au travail sur les situations problèmes.

Le Journal de bord de l'équipe est un classeur à anneaux où sont rassemblés les documents mentionnés, chaque catégorie étant séparée par un séparateur. Durant une situation problème le Journal de bord de l'équipe est sous la responsabilité du secrétaire.

Il doit être présenté au tuteur à la fin de chaque situation-problème.

### Table des matières

<b>1. Ordres du jour et procès-verbaux de l'équipe .....</b>	<b>3</b>
1.1 Ordre du jour .....	3
1.2 Procès verbaux .....	3
<b>2. Répartition du travail.....</b>	<b>4</b>
2.1 Répartition des tâches .....	4
2.1.1 animateur.....	4
2.1.2 Secrétaire.....	4
2.2 Planification du travail de recherche.....	4
Membre 1 .....	4
Membre 2 .....	4
Membre 3 .....	4
2.3 Participation à la résolution de la situation-problème.....	4
2.3.1 Étape 1.....	4
2.3.2 Étape 2.....	4
2.3.3 Étape 3.....	4
2.3.4 Étape 4.....	4
<b>3. Documents de travail.....</b>	<b>5</b>
3.1 Bibliographie du membre 1.....	5
3.2 Bibliographie du membre 2.....	7
3.3 Bibliographie du membre 3.....	10



Le Journal de bord de l'équipe est constitué par trois types de documents : les ordres du jour et les procès-verbaux, la répartition des tâches et les documents nécessaires au travail sur une situation problème.

## **1. Ordres du jour et procès-verbaux de l'équipe**

### **1.1 Ordre du jour**

Les ordres du jour doivent être rédigés par l'animateur. Un ordre du jour doit planifier le travail prévisible. De plus il doit être conçu pour rendre les réunions efficaces et assurer un suivi au travail. Les principaux éléments d'un ordre du jour sont les suivants :

1. Lieu et heure de la réunion
2. Numéro de la réunion
3. Ordre du jour prévoyant :
  - 1 Ordre du jour
  - 2 Adoption du PV de la réunion précédente et les suites des décisions prises
  - 3 Information
  - 4 Sujet 1 à traiter
  - 5 Sujets 2 à traiter
- .....  
Divers

### **1.2 Procès verbaux**

Les procès-verbaux doivent être rédigés par le secrétaire. Un procès-verbal doit rendre compte de l'essentiel des décisions prises, pour que chacun puisse le consulter et assurer une suite dans le travail à effectuer. Les principaux éléments d'un procès-verbal sont les suivants :

1. Listes des présences. Les absences justifiées doivent être mentionnées.
2. Lieu et heure de la réunion
3. Numéro de la réunion
4. OJ de la réunion
5. Le contenu du PV doit reprendre les principaux points de l'OJ et indiquer minimalement les décisions prises.

Les ordres du jour et les PV se rédigent par ordinateur en utilisant les gabarits proposés.

## **2. Répartition du travail**

### **2.1 Répartition des tâches**

#### **2.1.1 animateur**

Résumé des tâches accomplies par l'animateur dans la cadre du document 5 :  
*Pour un travail d'équipe efficace*

#### **2.1.2 Secrétaire**

Résumé des tâches accomplies par le secrétaire dans la cadre du document 5 :  
*Pour un travail d'équipe efficace*

#### **2.1.3 Porte-parole**

Résumé des tâches accomplies par le porte parole dans la cadre du document 5 :  
*Pour un travail d'équipe efficace*

### **2.2 Planification du travail de recherche**

#### **Membre 1**

- Je dois rechercher dans les manuels ou documents propres à chacun des cours de sciences les concepts physiques relatifs à la question des déchets nucléaires. Puis, partir des résultats de cette recherche, je devrai identifier les outils mathématiques les plus adéquats pour traiter cette question.

#### **Membre 2**

- Je dois rechercher dans les livres de référence tout ce qui concerne la question des déchets radio-actifs et je devrai identifier les questions qui seraient reliées de près à celle-ci. Je devrai surtout identifier les aspects qui prêtent à controverse et les différents points de vue. Je rechercherai aussi les articles parus dans les revues scientifiques.

#### **Membre 3**

- Je dois rechercher la documentation disponible sur le réseau Internet.

### **2.3 Participation à la résolution de la situation-problème**

#### **2.3.1 Étape 1**

Chaque membre de l'équipe indique brièvement les idées que lui a procuré sa recherche bibliographique : contribution à la formulation des hypothèses de l'étape 2, autres aspects qu'a soulevé cette recherche et qu'il aurait été intéressant d'explorer, éléments de culture scientifique (liens avec des notions vues dans d'autres cours du programm ( philo, anglais, français, etc.).Il note enfin des thèmes qui pourraient faire l'objetde la recherche de la seconde partie du cours.

#### **2.3.2 Étape 2**

L'équipe travaille ensemble sur la mathématisation de la situation. Mais les membres de l'équipe peuvent se répartir le travail de « déblaiement » : synthèse des formulations mathématiques pouvant être utiles, etc.

#### **2.3.3 Étape 3**

L'équipe prépare le travail en laboratoire : protocoles, liste des outils disponibles au lab, commandes de *Maple* pouvant être utiles, etc. Il ne s'agit pas pour un membre de faire seul un aspect du travail collectif, mais de préparer du mieux possible la réunion où l'équipe devra, ensemble, « passer à travers ».

#### 2.3.4 Étape 4

L'équipe se répartit le travail de préparation du rapport final et de la préparation de l'exposé oral. Chacun consigne dans le journal de bord le travail individuel qu'il a effectué à cette occasion.

### 3. Documents de travail

#### 3.1 Bibliographie du membre 1

Ref #1

BENSON, Harris *Physique III : Ondes, optique et Physique moderne*  
- Le chapitre 12, particulièrement la section 12.4 traite de la loi de désintégration radioactive.

Ref #2

CHARRON, Gilles et Pierre PARENT. *Calcul différentiel et intégral 2, Mathématique 203*, Montréal, Éditions Études Vivantes, 1993, 386 p.

Équation différentielle de la désintégration radioactive p.93

Commentaire : exemple proposé

Ref #3

FRIEDMAN, Nathaniel. *Calculus and Mathematical models*, Boston, Prindle, Weber et Smith, 1979, 541 p.

- Radioactive build-up p 256 à p 252.

- Radioactive contamination p 69 à p 71.

- Radioactive decay p 240 à 246.

Commentaire : la section Radioactive build-up est particulièrement pertinente.

Ref #4

ROSS, Clay C.. *Differential Equations, an introduction with Mathematica*, New-York, Springer-Verlag, 1995, 503 p.

ref : 515.35078

- Traitement simple d'équations différentielles avec *Mathematica*.

- Le chapitre 3.2 traite des équations linéaires du premier ordre avec des exemples très proches de notre situation problème : datation au Carbone-14.

Ref #5

BEAUDOIN, Gaéтан, Philippe ETCHECOPAR et Céline ST-PIERRE. *Initiation au calcul différentiel et intégral 2 avec Mathematica*, Rimouski, Presses Pédagogiques de l'Est, 1995, 250 p.

- Le chapitre 2 traite des équations linéaires du premier ordre avec des exemples très proches de notre situation problème : datation au Carbone-14.

Voici cet extrait :

L'observation a montré que le taux de désintégration du carbone 14 est proportionnel à la masse restante. Le taux de désintégration étant le taux de variation de la masse en fonction du temps, c'est-à-dire sa dérivée, l'équation recherchée sera :

$$M'(t) = -0,000120025M(t)$$

Il faut résoudre les équations et en trouver les solutions.

Ici, il faut d'abord déterminer l'équation générale donnant la masse  $M(t)$  restant à l'instant  $t$ , et pour cela, il faut résoudre l'équation différentielle  $M'(t) = -0,000120025M(t)$ .

Écrivons-la sous la forme suivante :

$$\frac{dM}{dt} = -0,000120025M$$

Séparons les variables et intégrons :

$$\int \frac{dM}{M} = \int -0,000120025 dt$$

Donc :

$$\ln(M) = -0,000120025t + C$$

Nous obtenons la fonction donnant la masse restante à l'année  $t$  :

$$M(t) = e^{-0,000120025t+C}$$

Pour déterminer la constante d'intégration  $C$ , indiquons quand  $t = 0$ , la masse à l'instant  $t$  est la masse initiale de 20 g :

$$M(0) = 20 = e^C$$

Donc, l'équation s'écrira sous la forme suivante :

$$M(t) = e^C e^{-0,000120025t} = 20 e^{-0,000120025t}$$

Si, dans le cas général, la masse initiale  $M(0) = M_0$  et si la constante est  $k$ , nous avons alors l'équation générale :

$$M(t) = e^C e^{kt} = M_0 e^{kt}$$

### Les calculs avec *Mathematica*

Pour résoudre cette équation différentielle avec *Mathematica*, entrez les instructions ci-dessous :

```
Clear[k, t, M]
DSolve[{M'[t] == k*M[t], M[0]==M0}, M[t], t]
```

Comme c'est une équation du premier ordre, vous remarquez que nous avons eu besoin de la condition initiale  $M(0) = M_0$  pour déterminer la constante d'intégration.

Maintenant que vous avez obtenu l'équation générale, vous pouvez la représenter avec les conditions indiquées pour avoir un bon aperçu du phénomène. Il suffit d'entrer les instructions suivantes :

```
Clear[k, t, M, M0]
k=-0.000120025;
M0=20;
DSolve[{M'[t] == k*M[t], M[0]==M0}, M[t], t]
Plot[M[t]/.%, {t, 0, 20000},
      AxesLabel->{"Années", "Masse restante"}]
```

### 3.2 Bibliographie du membre 2

Ref #1

SENÉ, Monique. « La menace nucléaire civile » p.76 *État de l'environnement dans le Monde*, Paris, La Découverte, 1993, 438 p.

En 1991 il y avait 419 réacteurs nucléaires en service. Le combustible irradié, plutonium et uranium, est stocké dans les usines de retraitement.

Ref #2

TASSARD, Jean. « Combustibles fossiles et énergie nucléaire, la gamme des déchets et rejets » p.95 *État de l'environnement dans le Monde*, Paris, La Découverte, 1993, 438 p.

Types de radioactivité :

- $\alpha$  Sans danger à distance, radiotoxique en cas de contamination interne.
- $\beta$  Nocivité intermédiaire.
- $\gamma$  Dangereuse à distance et pénétrante.

La majeure partie de la radioactivité  $\beta$  et  $\gamma$  sera réduite en quelques siècles au niveau de la radioactivité naturelle. Les isotopes  $\alpha$  (neptunium, plutonium, americium) ne seront réduits à ce stade que dans quelques millions d'années.

Classement des déchets :

- A : leur activité  $\alpha$  est inférieure à 0,4 milliard de Bq par tonne.
- B : leur activité  $\alpha$  est faible ou moyenne mais leur activité est supérieure à 0,4 milliard de Bq par tonne.
- C : leur activité est élevée et ils concentrent 90% des émetteurs  $\alpha$ .

En 40 ans, un réacteur de 1300 megawatt produit :

- 1600 t (640 m<sup>3</sup>) de combustibles usés s'ils sont retraités.
- 5300 m<sup>3</sup> de déchets de classe B.
- 240 m<sup>3</sup> de déchets de classe C
- 40 000 m<sup>3</sup> de déchets de classe A

Ref #3

SCHAPIRA, Jean-Claude. « Que faire des déchets nucléaires ? » *L'État des sciences et des techniques*, Paris, La Découverte, 1991, 495 p.

Les réacteurs nucléaires produisent une centaine de corps radioactifs dont la demi-vie de certains peut atteindre 24 000 ans. Ces corps émettent des rayonnements dangereux pour l'organisme : cancers, mutations génétiques, etc. Les déchets à faible activité sont stockés en surface et seront surveillés pendant 300 ans. Les déchets à longue durée seront entreposés dans des couches géologiques profondes

Ref #4

DAUTRAY, Robert et Arsène SAAS. « Le stockage des déchets radioactifs » *Universalis 1995*, Paris, Encyclopédia Universalis, 1995, 590 p.

- Classification des déchets nucléaires :

1. Catégorie A : déchets de faible et moyenne activité, la période n'excède pas 30 ans.
2. Catégorie B : déchets de faible et moyenne activité, renfermant des émetteurs de longues périodes et notamment des émetteurs  $\alpha$ .
3. Catégorie C : déchets qui contiennent des radioéléments très radioactifs à période courte et des radioéléments peu radioactifs à période très longue.

- La production française globale annuelle est de l'ordre de 65 000 tonnes de déchets conditionnés, ce qui représente 1% de la production mondiale pour la période allant de 1980 à 2000.

Catégories	Production annuelle m <sup>3</sup> par an	Estimation de la production cumulée en 2000 (m <sup>3</sup> )	Origine
A	25 000	800 000	réacteurs, fabrication, retraitement
B	2800	80 000	retraitement, fabrication, recherche.
C	200	3000	retraitement

- Période de certains isotopes :

neptunium 237 :  $2,36 \cdot 10^6$

americium 241 : 432

americium 243 : 7 280

curium 244 : 18,1

curium 245 : 8 532

technétium 99 :  $2,3 \cdot 10^5$

zirconium 93 :  $1,5 \cdot 10^6$

césium 135 :  $2,3 \cdot 10^6$

palladium 107 :  $6,5 \cdot 10^6$

iode 129 :  $1,57 \cdot 10^7$

Ref #5

CROZON, Michel. « La radioactivité » *Thema Encyclopédie des sciences et techniques* Paris, Larousse , 1990, 551 p.

Types de radioactivité :

- $\alpha$  elle consiste en la projection d'un noyau d'Helium dont la masse est trois fois celle d'un proton.
- $\beta$  le noyau émet un électron.
- $\gamma$  : le noyau émet un photon de haute énergie.

Les déchets dangereux :

Déchet	Période	Radio	Danger
Tritium	12,3 ans		Pour tout le corps
Carbone 14	5730 ans		Pour les os
Cobalt	5,3 ans		Pour le foie et l'estomac
Iode	8.1 jours		Pour la thyroïde
Plutonium	24400 ans		Pour les os

Ref #6

Wautelet, Michel. « Démanteler les armes nucléaires : et après ? » *La Recherche* #270, novembre 1994, p. 1172 à 1175.

En présentant le problème du démantèlement des armes nucléaires à la fin de la guerre froide, l'auteur aborde plusieurs aspects du problème qui nous intéresse.

- uranium 235 : demi-vie de sept cent millions d'années.

- plutonium 239 : demi-vie de vingt quatre mille ans.

- masse de plutonium dans le monde environ mille cent tonnes, mille sept cent tonnes en l'an 2000.

- Les USA ont produit 100 tonnes de plutonium à des fins militaires depuis 1945.

- stockage du plutonium : il faut le refroidir constamment. Le plutonium émet un rayonnement  $\gamma$  qui est cancérogène.

La suite de l'article indique plusieurs pistes pour stocker le plutonium. Elles sont toutes à l'état de projet.

Ref #7

RADVANYI, Pierre et Monique BORDRY. « La découverte de la radioactivité » *Dossier Pour La Science* Hors série, octobre 1996 p. 8 à 16

Article très intéressant sur la découverte de la radioactivité. Cela montre comment cette découverte allait contre les idées dominantes que l'on se faisait l'atome.

Ref #8

WEART, Spencer, « La peur du nucléaire » *Dossier Pour La Science* Hors série, octobre 1996 p. 146 à 152

Cet article est intéressant car il va un peu à contre courant. Il affirme que la peur du nucléaire n'est pas rationnelle et est une nouvelle forme de la peur de l'inconnu. C'est le même genre de peur que les gens éprouvaient dans le passé pour les magiciens et alchimistes qui travaillaient sur des objets mystérieux. Le nucléaire est aussi systématiquement associé à la bombe atomique.

Ref #9

MATTEI, Jean François, « Les risques controversés des rayonnements » *Dossier Pour La Science* Hors série, octobre 1996 p. 158 à 162

C'est aussi un article intéressant car il va à l'encontre de l'idée que rayonnement radioactif signifie danger. Il indique toutes les difficultés qu'il y a à évaluer le danger des rayonnements. L'article indique qu'il y a beaucoup de travail à effectuer pour déterminer le danger possible des rayonnements.

### 3.3 Bibliographie du membre 3

Il n'y a pas de documents audiovisuels ou sur CD-ROM pertinents. Je me suis limité à Internet.

Les mots clés semblent le mieux correspondre à ce que nous cherchons sont "déchets nucléaires", "Plutonium", "radioactivité". Pour avoir accès à des sites anglophones, il faut utiliser des mots clés anglais. Prenons "radioactive waste" et effectuons la recherche avec AltaVista.

Ref #1

Site Internet : Regroupement pour la surveillance du nucléaire

Adresse [http://www.cnr.org/index\\_f.html#dir](http://www.cnr.org/index_f.html#dir)

Ce site canadien comprend une série de fichiers particulièrement intéressants : *la chaîne d'alimentation de l'industrie nucléaire* (du minerai aux déchets), *les possibilités d'accidents dans un réacteur de type CANDU*, *la chaîne de désintégration radioactive de l'U238* (ce fichier contient les périodes des principaux combustibles et déchets des réacteurs nucléaires), *les résidus d'uranium à Elliot Lake* et enfin une entrevue avec le physicien français Jean-Pierre Vigier. Ce physicien a été un des « pères » de l'industrie atomique en France et il en est devenu très critique.

Ref #2

Site Internet : Commissariat à l'Énergie Atomique de Caradache

Adresse <http://www.cad.cea.fr/lexiq.html#top>

Ce site français comprend un lexique assez complet des termes propres à l'énergie nucléaire.

Ref #3

Site Internet : Mouvement Vert de Mauricie

Adresse [http://www.ccnr.org/index\\_f.html#dir](http://www.ccnr.org/index_f.html#dir)

Ce site canadien comprend présente un fichier très intéressant : Évaluation d'impact environnemental du projet de stockage permanent des déchets nucléaires canadiens.

En annexe une critique très argumentée d'un rapport scientifique produit par Energie Atomique Canada.

Ref #4

Site Internet : Institut de l'Uranium de Londres

Adresse <http://www.uilondon.org/waste2.html>

ou

[http://www.uilondon.org/ni\\_info.html](http://www.uilondon.org/ni_info.html)

Ce site financé par l'Institut sur l'Uranium est très bien documenté, particulièrement sur le cycle du combustible nucléaire.

Ref #5

Site Internet : Université de St-Louis

Adresse [http://nova\\_nuc.umd.edu/~ans/QA.html](http://nova_nuc.umd.edu/~ans/QA.html)

Ce site fait l'apologie sans nuance de l'énergie nucléaire. Pour mieux sous-estimer les dangers des déchets radioactifs, il les compare aux volumes des déchets traditionnels en faisant ainsi abstraction de leur côté radioactif !!! Voici un extrait de cette apologie intitulée, comme tout bon catéchisme « Questions et réponses » :

*Nuclear wastes are, for the same power output, some 3.5 million times smaller in volume than the wastes from coal plants. High-level nuclear wastes can be disposed of by diluting them with twice their own volume of neutral materials as they are changed into glass or ceramic form. The reprocessed waste volume from a 1,000 megawatt nuclear power plant would fit easily under a typical dining room table. A coal plant of the same capacity (1,000 megawatts) produces some 10 tons of waste per minute.\**

# DOCUMENT 11

## Évaluation de la première partie du cours

La première partie du cours porte sur l'acquisition d'une méthode de travail basée sur la modélisation et le travail d'équipe. Elle porte aussi sur une démarche plus autonome dans l'acquisition de connaissances. Ce sont ces aspects qui seront évalués à la fin de la première partie du cours.

La seconde partie portera sur le traitement d'une recherche sur le sujet que vous avez choisi.

### Table des matières

<b>1-Comptes rendus d'équipe .....</b>	<b>1</b>
<b>2- Communication orale .....</b>	<b>1</b>
<b>3- Travail sur l'apprentissage autonome des contenus disciplinaires .....</b>	<b>2</b>
<b>4- Fonctionnement en équipe et journal de bord .....</b>	<b>2</b>

L'évaluation de la première partie du cours portera sur l'application de la méthodologie APP, le fonctionnement en équipe et les contenus disciplinaires visés.

Trois éléments sont sujets à évaluation : les comptes rendus d'équipe, le journal de bord et l'apprentissage autonome de la matière nouvelle.

## 1-Comptes rendus d'équipe

À la fin du travail d'équipe portant sur une situation problème, juste avant le bilan collectif (étape 4), un compte rendu sera exigé de chaque équipe de travail.

Consulter le **document n° 8** pour connaître le contenu et le format des comptes rendus.

*Critères d'évaluation* —

- le problème est clairement défini
- le traitement du problème est satisfaisant (clair, complet, s'en tient à l'essentiel)
- le traitement du problème en laboratoire est adéquat : il témoigne de la compréhension qualitative de la situation problème et d'une bonne maîtrise de l'outil informatique.
- contient des éléments de solution et de nouvelles questions d'étude
- le schéma intégrateur est complet (comprend les éléments essentiels), les liens entre les éléments sont adéquats, et il est facile à interpréter.

## 2- Communication orale

À la fin du travail d'équipe portant sur une situation problème, vous aurez aussi à effectuer une brève présentation orale de ce travail. Ce qui est attendu de vous est précisé au **document 8, section 4**.

*Critères d'évaluation* —

- la structuration et le minutage de l'exposé
- la pertinence des aspects traités
- la qualité du matériel utilisé : acétates, logiciels, etc
- la facilité d'élocution, l'interaction avec l'auditoire

### 3– Travail sur l'apprentissage autonome des contenus disciplinaires

Un des objectifs du cours est de vous familiariser avec l'acquisition autonome des connaissances (voir le **document 6**). Pour atteindre cet objectif vous devez apprendre de façon autonome les nombres complexes et le courant alternatif.

*Critères d'évaluation* —

- la qualité des résumés
- la qualité et la pertinence des exercices d'accompagnement (nombres complexes).

### 4– Fonctionnement en équipe et journal de bord

La qualité de la participation de chacun au travail d'équipe pourra être évaluée selon une grille portant sur dix critères. Cette grille serait remplie par les deux autres membres de l'équipe.

Le travail d'équipe sera surtout évalué sur la qualité de son Journal de bord (**document 10**).

*Critères d'évaluation* —

- Présence de tous les éléments exigés (voir document n° 10)
- qualité des procès-verbaux.
- Références cités selon les règles (voir document n° 2)
- Repérage de références pertinentes au sujet
- Résumés clairs et concis des informations recueillies sur le sujet d'étude dans chaque référence
- Synthèse générale adéquate et schéma intégrateur pertinent

Nous avons pris comme hypothèse que le fonctionnement de l'équipe était harmonieux et son journal de bord bien tenu. Si ce n'était pas le cas, l'équipe pourrait être pénalisée jusqu'à cinq (5) points de sa note finale.

# **Sciences de la nature**

Activité de synthèse

*Filière Mathématiques-Physique*

## Partie 2

Travail de recherche autour d'une problématique

# DOCUMENT 12

## Travail de recherche

La seconde partie du cours consiste à appliquer la méthode à un problème de plus grande envergure. Ce problème est déterminé par l'équipe et développé dans une perspective pluridisciplinaire. Il donnera lieu à la production d'un rapport de recherche et à une présentation orale.

### Table des matières

<b>1. Préparation : Choix d'un type de travail, d'un thème et élaboration d'une problématique .....</b>	<b>2</b>
1.1 Nature du travail.....	2
1.1.1 La résolution d'un problème .....	2
1.1.2 La présentation d'une technologie.....	2
1.1.3 La réalisation d'un montage (physique, informatique...) .....	2
1.1.4 La recherche documentaire.....	3
1.1.5 La synthèse d'un thème de science.....	3
1.1 Choix du thème : bases pour effectuer son choix .....	3
1.2 Établissement d'une problématique.....	4
1.3 Grille de validation de la problématique :.....	4
<b>2. Deuxième étape : Production d'un devis de recherche.....</b>	<b>5</b>
2.1 Contenu et grille de validation du devis de recherche .....	5
<b>3. Troisième étape : Réalisation et rédaction.....</b>	<b>6</b>
3.1 Rapport de recherche : normes à respecter et critères d'évaluation.....	6
3.2 Exigences de présentation :.....	6
<b>4 Quatrième étape : Communication des résultats.....</b>	<b>8</b>
4.1 Exposé oral : conseils et balises, critères d'évaluation.....	9
4.2 Évaluation de l'exposé oral .....	10
<b>5 Évaluation de l'ensemble du travail de recherche .....</b>	<b>10</b>



Le travail de recherche s'effectue en quatre étapes :

- Préparation : choix d'un type de travail, d'un thème et élaboration d'une problématique
- Production d'un devis de recherche
- Réalisation et rédaction
- Présentation orale

Ce travail de longue haleine est effectué normalement en équipe de trois, mais avec partage des responsabilités dans certaines sections du travail et de la recherche.

## **1. Préparation : Choix d'un type de travail, d'un thème et élaboration d'une problématique**

Au cours de cette première étape, il faut d'abord que chaque équipe choisisse la nature de son travail, un thème, puis établisse une problématique reliée à celui-ci.

### **1.1 Nature du travail**

L'objectif de votre travail de fin de session, qui est aussi l'épreuve-synthèse, est de vous permettre de montrer que vous avez bien intégré les connaissances, les habiletés et les attitudes que vous avez acquises dans l'ensemble de vos cours. Pour parvenir à cet objectif, plusieurs types de travaux sont possibles.

Chacun de ces travaux pourra aussi faire l'objet du travail long en épistémologie, avec l'accord des enseignants concernés.

#### **1.1.1 La résolution d'un problème**

La résolution d'un problème, comme travail de recherche, est dans la ligne directe des situations problèmes qui vous ont été proposées. Le thème de ce problème doit correspondre à un phénomène physique relié à ce que vous avez rencontré dans vos cours au Cégep (mécanique, électricité, etc.). Il doit nécessiter un traitement mathématique. L'énoncé de ce problème doit se faire par une mise en contexte générale mais débouchant sur un ou plusieurs volets bien précis. Le travail ne doit pas rester à un niveau trop général. Il peut se présenter comme une commande assez réaliste passée à un bureau d'ingénieur.

Ce rapport doit inclure des éléments propres à au moins trois cours dont un de formation générale. Par exemple le problème peut soulever des questions économiques, sociales, éthiques ou environnementales. Un des ces aspects doit être présent. C'est l'aspect Sciences, Technologie et Société (STS) tel que vu dans les cours de philosophie.

#### **1.1.2 La présentation d'une technologie**

Le travail de recherche peut prendre la forme de la présentation d'une technologie qui vous intéresse particulièrement. Cette technologie peut alors être présentée, comme dans le cas précédent, comme la solution à un problème que vous identifieriez et que vous ramèneriez alors à une situation problème classique. Comme dans le cas précédent, ce rapport doit inclure des éléments

propres à au moins trois cours dont un de formation générale. Cette technologie doit être également étudiée sous un angle économique, ou environnemental ou social. (aspect STS)

### **1.1.3 La réalisation d'un montage (physique, informatique...)**

Si vous avez le « génie inventif », que ce soit au niveau d'une « machine » physique (mécanique, électrique, etc.) ou informatique, vous pouvez alors choisir la réalisation de ce montage comme travail de recherche. Ce montage devra, ici aussi, être présenté dans un contexte de réponse à une commande particulière.

Il s'agit alors d'un travail plus expérimental qui peut être présenté sur un modèle assez proche à celui d'un rapport sur une situation problème.

Dans la mesure du possible ce montage doit être aussi traité sous l'angle d'une discipline de formation générale : impact social, environnemental, histoire des technologies, etc.(aspect STS).

### **1.1.4 La recherche documentaire**

La recherche documentaire est un travail d'une autre nature. Il s'agit alors de la vulgarisation d'un grand thème scientifique : une découverte importante, une grande théorie, un phénomène majeur, un aspect important de l'histoire des sciences (mathématiques ou physique), etc.

Ce thème devrait être relié à l'Histoire des idées et son traitement fera un appel important à des connaissances acquises dans les cours de formation générale, dont l'aspect STS..

Cette recherche documentaire pourra aussi être retenue comme un travail long dans le cours d'épistémologie.

La structure du rapport ne sera plus celle correspondant à une situation-problème, mais celle d'une recherche propre à un travail demandé en formation générale.

Il devra néanmoins inclure un solide volet physique et mathématique.

### **1.1.5 La synthèse d'un thème de science**

Pour montrer que vous avez bien intégré les connaissances, habiletés et attitudes que vous avez acquises dans l'ensemble de vos cours, vous pouvez aussi choisir un thème que vous avez rencontré dans plusieurs de vos cours, y compris dans des cours de formation générale et en faire une synthèse originale, avec des exemples ou applications également originales, débordant les manuels utilisés, incluant la formation générale (aspect STS)..

Le travail final sera une présentation de ce thème et sa structure sera assez proche de celle d'un rapport de type « recherche documentaire ».

## **1.2 Choix du thème : bases pour effectuer son choix**

- Il faut d'abord respecter l'orientation disciplinaire du cours, soit un problème qui peut être traité d'un point de vue scientifique, sous différents angles disciplinaires (physique et mathématiques particulièrement);
- ensuite, se laisser guider par ses champs d'intérêt personnels (en rapport généralement avec l'orientation future à l'Université); Dans l'Annexe 2 une série de façons de traiter une situation problème vous est présentée et aussi une liste possible de thèmes assez généraux;

- la documentation disponible est un autre élément très important : il faut donc s'assurer préalablement d'avoir accès à toute la documentation nécessaire pour traiter le sujet;
- les délais d'exécution de la recherche doivent également être pris en compte : si le sujet est trop vaste, il sera difficile d'en faire le tour dans les temps prévus;
- vous aurez à fournir une première liste de thèmes possibles après la seconde situation problème.

### **D'où viennent les bonnes idées ?**

Le choix du thème ne doit pas se faire à la dernière minute. Vous devez y penser dès le travail sur la première situation problème. Ainsi lorsque vous faites de la recherche bibliographique, que vous dépouillez les revues, que vous visitez des sites Internet, notez dans votre journal de bord les idées que cela peut vous suggérer. Aussi, pendant les séances de brainstorming, lorsque vous identifiez les différents aspects de votre situation problème, un de ces aspects peut faire un bon thème de recherche. Si vous êtes un peu curieux, si vous notez toutes vos idées lorsqu'elles se présentent, vous devriez trouver un thème intéressant.

### **1.3 Établissement d'une problématique**

Comment passer du thème retenu à la problématique?

Une problématique est un énoncé de problème contextualisé (dramatisé ou non), qui montre l'importance du thème dans la société d'aujourd'hui, qui circonscrit le sujet d'étude, et qui débouche sur une ou des questions.

À titre d'**exemple**, voici une problématique possible à partir du thème «mouvement d'un satellite» :

*Parmi les différents aspects de l'industrie des satellites artificiels, voici les questions auxquelles notre recherche veut répondre :*

- conditions pour qu'un satellite puisse s'affranchir de la pesanteur
- orbites d'un satellite
- utilisations possibles d'un satellite:

### **1.4 Grille de validation de la problématique :**

Pour être acceptée par l'équipe de tuteurs, la problématique établie à partir du thème choisi doit répondre à certains critères :

- problématique d'actualité, ou relevant d'un aspect majeur de la physique, qui débouche sur des questions d'ordre scientifique, dans au moins deux disciplines (mathématique et physique dans le cas présent)
- problématique permettant une certaine simulation
- énoncé clair et compréhensible de la question de recherche
- sujet intéressant, riche et motivant
- problématique différente de celles des autres équipes

Le tableau suivant résume la première étape du travail de recherche.

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<p>Choix d'un thème</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Établissement, par équipe, d'une <b>problématique</b> particulière à partir du thème choisi</li></ul> <p><i>Cette problématique devra être validée par l'équipe de tuteurs</i></p>	<p>Favoriser la motivation</p> <p>Apprendre à élaborer une problématique de recherche, étape préalable importante d'un processus de recherche</p>

## 2. Deuxième étape : Production d'un devis de recherche

Il s'agit maintenant de planifier sa recherche, de préciser les différents aspects du problème qui seront traités, de distribuer les responsabilités au sein de l'équipe, d'établir un échéancier réaliste et de faire une liste exhaustive des documents pertinents disponibles.

Clarifier la contribution particulière de chacun des membres de l'équipe est une opération importante car elle permettra (1) d'effectuer un partage équitable des responsabilités (2) de réduire le champ d'investigation de chacun des membres (3) de se rapprocher du contexte de recherche habituel (4) de réaliser une pondération individuelle lors de l'évaluation du rapport de recherche.

### 2.1 Contenu et grille de validation du devis de recherche

Pour être accepté par le tuteur, le devis de recherche doit comprendre :

1. une page-titre incluant les renseignements habituels
2. un rappel de la problématique
3. un plan de travail ou table des matières provisoire du futur rapport de recherche avec une introduction, la mise en évidence des différents volets abordés dans l'étude du problème et une conclusion
4. une identification des responsabilités chez les différents membres de l'équipe
5. un échéancier réaliste d'exécution du travail de recherche
6. une bibliographie provisoire citant les principales références disponibles

Le tout doit être édité et présenté au tuteur dans les délais prévus.

Le tableau suivant résume la deuxième étape du travail de recherche.

<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Établissement d'un plan montrant les étapes de réalisation de la recherche, accompagné de son échéancier et présentation de celui-ci au tuteur pour validation</li> <li>• Clarification de la contribution particulière de chacun des membres de l'équipe</li> </ul> <p><i>Consulter la grille de validation du devis de recherche</i></p>	<p>Apprendre à planifier une recherche</p> <p>Réduire les tensions au sein de l'équipe et s'assurer une participation équitable à la réalisation du travail</p>

### 3. Troisième étape : Réalisation et rédaction

Après approbation du devis de recherche par le tuteur, la troisième étape peut commencer. Cette étape reprend le cycle de modélisation tel que pratiqué lors des précédentes situations problèmes.

Des rencontres hebdomadaires avec le tuteur sont prévues (une entente avec le tuteur permettra d'en déterminer l'horaire). Ces rencontres devraient permettre notamment, de résoudre les difficultés passagères qui pourraient se présenter, de vérifier le respect de l'échéancier prévu, de répondre à des interrogations portant sur le sujet de recherche, d'arbitrer des conflits éventuels au sein de l'équipe.

#### 3.1 Rapport de recherche : normes à respecter et critères d'évaluation

Le rapport de recherche doit inclure des aspects propres à au moins trois disciplines clairement identifiées, dont une de formation générale.

La forme du rapport (situation-problème, recherche documentaire, rapport de laboratoire...) doit correspondre aux formes propres à ces différents travaux tels que définis dans les différents cours du programme. La consultation du *Vade Mecum* est conseillée.

La qualité de la langue sera un critère d'évaluation important.

Le rapport de recherche devra montrer une bonne intégration des nouvelles technologies : utilisation d'Internet, de logiciels de présentation comme PowerPoint, etc

#### 3.2 Exigences de présentation :

- minimum 20-30 pages de texte édité sur ordinateur, excluant croquis, figures, schémas et annexes mais incluant les rapports de laboratoire
- page de présentation, document paginé avec en-tête ou pied de page pertinent
- identification explicite de chaque section du rapport

- faits et données documentés ou référencés
- références citées selon les règles usuelles
- annexes pertinentes

Premier tronc commun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Page-titre</li> <li>• Table des matières</li> <li>• Énoncé de la problématique</li> <li>• Introduction tenant compte des connaissances antérieures</li> </ul>
Corps central	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deux sections traitant différents volets de la problématique (chaque membre de l'équipe est responsable d'une section)</li> </ul>
Deuxième tronc commun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégration de l'ensemble de la recherche sous forme de texte et de schéma</li> <li>• Conclusion, perspectives d'avenir, questions soulevées par la recherche</li> <li>• Bibliographie</li> <li>• Annexes s'il y a lieu</li> </ul>

#### IMPORTANT

Si le travail présenté à la fin du semestre ne répond manifestement pas aux exigences minimales requises (respect des normes de présentation, présence de tous les éléments de contenu exigés), le tuteur ne le corrigera pas. L'équipe devra poursuivre son travail et remettre une nouvelle version dans les délais convenus avec le tuteur.

#### **Critères d'évaluation du rapport de recherche :**

##### *Forme*

- Qualité de la présentation matérielle
- Structuration du contenu
- Qualité, clarté et niveau du discours
- Pertinence et justesse du vocabulaire utilisé
- Grammaire, syntaxe, orthographe
- Pertinence, diversité et qualité des références
- Annexes pertinentes s'il y a lieu

##### *Contenu*

- Description de la situation problème
- Pertinence et originalité de la problématique
- Documentation des faits et utilisation judicieuse des références
- Utilisation de connaissances antérieures multidisciplinaires
- Formulation d'hypothèses
- Liens établis entre faits, hypothèses, énoncés et conclusion
- Cohérence des points de vue développés
- Mathématisation adéquate
- Modèle réaliste
- Qualité des simulations
- Qualité et originalité des éléments de solutions proposés
- Intégration d'éléments de culture scientifique : références historiques, points de vue connexes, éléments de curiosité, etc.
- Point de vue personnel développé, originalité du traitement (ce travail doit être plus que l'exposé de faits ou qu'un compte rendu de lecture)
- Rigueur de l'argumentation
- Niveau du traitement du problème compatible avec une fin de DEC en Sciences
- Qualité de la synthèse du sujet
- Intégration de vos connaissances antérieures aux nouvelles connaissances
- Conclusion justifiée par les faits et le développement
- Questions soulevées par la recherche, ouverture, perspectives d'avenir
- Documentation consultée comprenant, en plus de volumes de base du cours, d'autres volumes plus spécialisés, des articles de revues scientifiques, quelques références en langue anglaise (articles de revues ou livres)

#### **4 Quatrième étape : Communication des résultats**

Quand les différents éléments du travail de recherche sont rassemblés, il est temps de passer à la préparation de l'exposé oral.

Le tableau suivant résume la quatrième étape :

<i>Communication des résultats</i>	
<i>Activités</i>	<i>Objectifs de formation</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Présentation orale</b>, par les membres de l'équipe, du résultat de la recherche devant toute la classe, en s'appuyant sur un ou plusieurs schémas</li> </ul>	Obliger à une meilleure compréhension des concepts abordés Développer les habiletés de communication
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réponses aux questions des élèves et/ou du tuteur</li> </ul>	Vérifier le niveau de compréhension des notions présentées Vérifier le degré de clarté de la présentation
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remise du <b>rapport de recherche</b> au tuteur pour évaluation</li> </ul> <p><i>Voir la grille d'évaluation du rapport de recherche</i></p>	Évaluer le travail de recherche selon les différents critères établis

#### 4.1 Exposé oral : conseils et balises, critères d'évaluation

Chaque équipe doit présenter un exposé résumant son travail de recherche. Tout comme pour la rédaction écrite, chaque membre de l'équipe est responsable d'une partie de l'exposé.

Durée : environ 30 minutes (équipe de deux)

Matériel permis :

- transparents à projeter
  - *plan* de l'exposé
  - éléments essentiels de synthèse
  - schémas, croquis, graphiques
- repères sur fiches personnelles
- l'utilisation d'un logiciel comme PowerPoint est recommandée

Quelques conseils :

- un exposé, ça se prépare!
- planifier un minutage et une répartition des différentes parties de l'exposé
- *structurer* son exposé : présentation du sujet, développement et conclusion
- ne jamais lire un texte, utiliser son matériel (acétates, schémas) comme repères
- insister sur les éléments essentiels
- donner des exemples concrets

- regarder l'ensemble de l'auditoire, ne pas s'adresser à une seule personne
- recourir à l'humour, utiliser le langage non-verbal
- susciter des questions et des réactions de l'auditoire

*Donc, c'est appliquer à vous-mêmes les mêmes critères qui vous font apprécier ou non les exposés de vos profs!*

#### **4.2 Évaluation de l'exposé oral**

L'exposé sera l'objet d'une double évaluation : par le tuteur, d'une part, et par le groupe qui assiste à l'exposé, d'autre part. Les critères d'évaluation seront les suivants :

- *Structuration* de l'exposé : introduction, développement, conclusion
- Traitement du sujet : niveau, exactitude et complétude
- Pertinence des aspects traités
- Clarté des explications, vulgarisation du sujet
- Choix et emploi des termes appropriés
- Qualité du ou des schémas utilisés
- Facilité d'élocution, prestance
- Capacité d'interaction avec l'auditoire
- Gestion du temps
- Utilisation des moyens techniques

#### **5 Évaluation de l'ensemble du travail de recherche**

Le travail de recherche dans son ensemble compte pour **50 %** de la note finale. Ce pourcentage est réparti de la manière suivante :

- Devis de recherche (5 %)
- Qualité de la présentation orale (10 %)\*
- Qualité de la recherche et du travail écrit (35 %)\*

*\* La note obtenue peut différer pour chaque coéquipier ou coéquipière.*

# **Sciences de la nature**

Activité de synthèse

*Filière Mathématiques-Physique*

Annexes

# ANNEXE 1

## Les outils mathématiques

### Table des matières

<b>1. Les fonctions.....</b>	<b>2</b>
Présentation.....	2
Utilité.....	2
Références.....	2
NYA.....	2
NYB.....	2
FEG-05.....	3
NYC.....	3
<b>2. La dérivée.....</b>	<b>3</b>
Présentation.....	3
Utilité.....	4
Références.....	4
NYA.....	4
NYB.....	4
FEG-05.....	4
<b>3. Les équations différentielles.....</b>	<b>4</b>
Présentation.....	4
Utilité.....	5
Références.....	5
NYB.....	5
FEG-05.....	5
<b>4. L'intégrale.....</b>	<b>5</b>
Présentation.....	5
Utilité.....	5
Références.....	6
NYB.....	6
FEG-05.....	6

Ci-dessous un bref glossaire des principaux outils mathématiques que vous avez eus à utiliser durant vos différents cours de mathématiques. Nous nous limiterons ici aux

outils relevant du calcul différentiel et intégral, les situations problèmes qui vous sont proposées relevant de ce domaine.

Vous pouvez également consulter les résumés à la fin de chaque expérience des cahiers de laboratoire de *Mathematica* de maths NYA et NYB.

## 1. Les fonctions

### Présentation

La notion de fonction, apparue au XVII<sup>e</sup> siècle est une notion centrale en mathématiques. Elle est également à la base des cours de mathématiques du niveau collégial.

Une fonction, ou application, est une façon d'associer à un élément  $x$  d'un ensemble  $E$  un seul élément  $y$  d'un ensemble  $F$ . Une fonction est donc formée de couple  $(x,y)$  appartenant à  $E.F$

Cela s'écrit, en général, sous la forme  $y = f(x)$ , la fonction elle-même s'appelant  $f$ .

En général, dans les cours de calcul différentiel et intégral du collégial, les ensembles  $E$  et  $F$  sont l'ensemble des nombres réels et la fonction est alors une fonction numérique ou réelle.

### Utilité

Les fonctions sont omniprésentes dans les problèmes de modélisation puisqu'elles permettent de représenter et d'étudier le lien entre une variable indépendante, généralement appelée  $x$  et une variable dépendante généralement appelée  $y$ . Une fonction inclut en outre plusieurs paramètres connus ou inconnus.

Elles sont utiles pour étudier le lien entre deux variables et aussi pour le visualiser. Elles permettent de décrire un phénomène physique par un modèle mathématique.

### Références

#### NYA

Étude des fonctions réelles à une variable de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  : polynôme, fractions, exponentielles, logarithmiques, trigonométrie.

Fonctions paramétriques de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}^2$

Dérivée ou taux de variation instantané des fonctions.

#### NYB

Étude des fonctions réelles à une variable de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  : polynôme, fractions, exponentielles, logarithmiques, trigonométrie.

Fonctions paramétriques de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}^2$

Différentielle, solutions d'équations différentielles, intégration des fonctions, théorème fondamental.

Développement d'une fonction en série  
**FEG-05**

Étude des fonctions réelles à deux variables de  $\mathbb{R}^2$  dans  $\mathbb{R}$  et de  $\mathbb{R}^3$  dans  $\mathbb{R}$  : polynôme, fractions, exponentielles, logarithmiques, trigonométrique, hyperboliques.  
Systèmes de coordonnées cartésiennes, polaires et sphériques  
Dérivées partielles, directionnelles et totales  
Solutions d'équations différentielles.  
Séries de Fourier  
Transformée de Laplace

**NYC**

Les applications dans les espaces vectoriels  
Les transformations linéaires: symétrie, homothétie, similitude, rotation  
Les transformations affines  
Les fonctions paramétriques de  $\mathbb{R}$  dans  $\mathbb{R}$  et de  $\mathbb{R}^2$  dans  $\mathbb{R}$

**2. La dérivée**

**Présentation**

La notion de dérivée, également apparue au XVII<sup>e</sup> siècle, est une notion centrale en mathématiques. Elle est aussi à la base des cours de mathématiques du niveau collégial.

La dérivée de la fonction  $y = f(x)$  au point d'abscisse  $x$  représente le taux de variation instantané de la fonction en ce point. Elle se visualise comme étant la pente de la tangente en ce point.

## Utilité

La notion de taux de variation instantané est une notion essentielle qui est à la base de l'étude de tout phénomène où il y a une variation, un mouvement. C'est le cas dans la plupart des phénomènes physiques.

Elle permet aussi de déterminer les maximums ou les minimums pd'un phénomène par rapport à une variable. Or la question de savoir quand un phénomène passe par un maximum ou quand il passe par un minimum est une question qui se pose souvent lors de l'étude d'un phénomène.

## Références

### NYA

Définition et calcul de la dérivée des fonctions à une variable  
Problèmes d'optimisation

### NYB

Notion de différentielle

### FEG-05

Dérivées partielles, directionnelles et totales pour les fonctions à plusieurs variables

## 3. Les équations différentielles

### Présentation

Une équation différentielle c'est une équation où l'on rencontre une fonction, sa variable et aussi des dérivées de cette fonction.

Les équations différentielles sont apparues au début du XVIII<sup>èm</sup> siècle suite à la découverte de la dérivée. Elles sont devenues l'outil par excellence de la physique classique et ont permis de modéliser un grand nombre de phénomènes physiques comme la trajectoire des planètes, la vibration des cordes, la propagation de la chaleur, la mécanique des fluides, etc.

Aujourd'hui encore elles sont l'outil de base de l'ingénieur.

### Utilité

Leur utilité vient du fait que la première perception que l'on a de nombreux phénomènes physique, c'est leur mouvement. Pour décrire ce phénomène, il faut donc commencer par décrire ce que l'on voit, c'est à dire son mouvement. Or ce mouvement se décrit par une ou des équations différentielles. Par la suite c'est la résolution de ces équations qui donne les équations décrivant le phénomène.

Les équations différentielles se subdivisent en de nombreuses catégories, sans compter les équations aux dérivées partielles, et la résolution de certaines d'entre elles est

parfois très complexe. C'est un domaine très important des mathématiques où l'usage des logiciels de calcul symbolique comme *Maple* ou *Mathematica* est d'une grande aide.

On les retrouve dans tous les domaines de la physique et dans bien d'autres sciences : économie, démographie, etc.

## Références

NYB

Équation linéaire d'ordre 1 à variables séparables.

Courbes intégrales

Modélisation de situations simples.

FEG-05

Équations différentielles d'ordre 1

Équations différentielles d'ordre 2

Équations différentielles d'ordre 2 à coefficients constants

Opérateur D

## 4. L'intégrale

### Présentation

L'intégrale est liée à la dérivée comme le sont les deux faces d'une même pièce de monnaie. D'abord considérée comme « l'inverse de la dérivée » la notion d'intégrale a été plus rigoureusement définie par Riemann au XIX<sup>em</sup> siècle et Lebesgue au XX<sup>em</sup>

### Utilité

À la suite de Riemann, une intégrale permet d'étendre à un certain ensemble un calcul qui ne peut s'effectuer que localement. Comme c'est une situation que l'on rencontre souvent en physique, le recours à l'intégrale devient très utile.

En physique le recours à l'intégrale est nécessaire dès qu'il s'agit de calculer un travail ou plus généralement une énergie.

## Références

NYB

Calcul de primitives

Intégrale de Riemann

Applications à des calculs de surfaces, de volumes, de longueurs ou dans certaines situations physiques : travail, centres de gravité, moments d'inertie, etc

FEG-05

Intégrale double

Intégrale triple

# Annexe # 2

## Sites Web reliés aux sciences mathématiques et physique

### Table des matières

<b>ENVIRONNEMENT</b> .....	<b>2</b>
<b>GÉNIE</b> .....	<b>2</b>
<b>INFORMATIQUE</b> .....	<b>3</b>
<b>MATHÉMATIQUES</b> .....	<b>3</b>
<b>PHYSIQUE</b> .....	<b>5</b>
<b>REVUES</b> .....	<b>6</b>
<b>SCIENCES</b> .....	<b>7</b>
<b>UNIVERSITÉS</b> .....	<b>8</b>
<b>HUMOUR</b> .....	<b>8</b>
<b>VARIA</b> .....	<b>9</b>

Ci-dessous, quelques sites Web reliés aux sciences et où vous pouvez trouver des informations intéressantes. Cette liste n'est évidemment pas exhaustive et nous vous conseillons de vous faire votre propre liste. La méthode la plus simple est de vous monter un fichier de « signets » que vous enregistrez chaque fois que vous découvrez un site intéressant lors de vos recherches.

Pour vous aider dans votre recherche, un fichier *html*, ne pouvant être lu qu'avec *Netscape*, a été préparé par Jean-Roch Gauthier et est disponible sur le serveur. Il fonctionne selon le mode hypertexte et vous donne un accès direct aux sites mentionnés.

Les revues scientifiques comportent maintenant une rubrique « Internet » où sont indiqués les sites les plus intéressants. Mais Internet se développe très rapidement et ces listes doivent être constamment remises à jour. Parmi les revues scientifiques, notons « Québec Science » qui a publié trois guides Internet dont un qui regroupe les 500 meilleurs sites. C'est une brochure très intéressante et certains des sites ci-dessous en proviennent.

Pour nous aider à tenir cette liste à jour faites-nous part de vos commentaires sur les sites mentionnés et indiquez-nous les plus intéressants de ceux que vous avez découverts.

## **ENVIRONNEMENT**

Biosafety Information Network & Advisory Service (BINAS)  
<http://www.ibinas.unido.org/binas/binas.html>

Department of Environment  
<http://www.open.gov.uk/doe/hdoehome.html>

Environmental Industry Web Site  
<http://www.enviroindustry.com/>

Greenpeace International  
<http://www.nyic.com/greenpeace/fr-index.html>

## GÉNIE

Le monde virtuel de l'ingénierie

Répertoire des sites reliés à chacune des disciplines de Génie.  
[ecoleing.uqtr.quebec.ca/geniedoc/monde/www\\_ing.htm](http://ecoleing.uqtr.quebec.ca/geniedoc/monde/www_ing.htm)

Internet Connections for Engineering

Répertoire complet de ce qui est relié au génie, y compris la physique, la chimie, les musées, les brevets, etc. Comprend un moteur de recherche : The ICE pick

[www.english.cornell.edu/ice/ice-index.html](http://www.english.cornell.edu/ice/ice-index.html)

Bridge Engineering

Des dizaines de liens sur l'une des branches les plus spectaculaires du génie : les ponts. On y trouve aussi des expositions virtuelles sur la construction du pont de Québec et sur l'effondrement du pont de Tacoma.

<http://www.best.com/-solvers/bridge.html>

Les ingénieurs de la Renaissance

Vitrine d'une exposition scientifique, ce site montre tout l'apport de la Renaissance au développement des techniques.

[galileo.imss.firenze.it/news/parigi/findex.html](http://galileo.imss.firenze.it/news/parigi/findex.html)

## INFORMATIQUE

Logiciels chargeables sur UNGI

Le site UNGI (Un Nouveau Guide pour Internet) propose les dernières versions des partagiciels utiles pour naviguer avec un PC ou avec un Mac.

[www.imagnet.fr/ime/soft.htm#CHAP28](http://www.imagnet.fr/ime/soft.htm#CHAP28)

Shareware.com

Base de données comportant 160 000 fiches différentes sur des logiciels gratuits pour PC ou Mac (jeux, utilitaires, fontes...).

[www.sharewarw.com/](http://www.sharewarw.com/)

Jumbo!

Base de données de logiciels gratuits pour PC ou Mac. Chaque logiciel est brièvement décrit

[www.jumbo.com/](http://www.jumbo.com/)

The Computer Information Centre

Point de départ pour se tenir au courant de ce qui se passe dans le monde de l'informatique. Des liens vers d'autres sites s'occupant d'informatique .

[www.compinfo.cu.uk/index.htm](http://www.compinfo.cu.uk/index.htm)

*Mathematica*

La compagnie Wolfram, qui édite *Mathematica*, a un site intéressant qui vous informe des derniers développements de ce logiciel. Comme il est très utilisé vous pouvez rechercher par Alta Vista tous les sites qui en traitent. Il y en a des milliers !!!

<http://www.wolfram.com/>

*Maple*

Le site de *Maple* est lui aussi très bien fourni.

<http://www.mathematics.com/>

## MATHÉMATIQUES

ACM Journal of Experimental Algorithmics

<http://www.jea.acm.org/>

Archivum Mathematicum

<http://www.emis.de/journals/AM/index.html>

CAMEL Société mathématique du Canada

Ce site fournit des liens avec les sites reliés aux mathématiques.

[camel.math.ca/maison.html](http://camel.math.ca/maison.html)

Chance database

Bulletin hebdomadaire publié par les mathématiciens qui travaillent sur les probabilités. Beaucoup de données et d'anecdotes

[www.geom.umn.edu/docs/snell/chance/welcome.html](http://www.geom.umn.edu/docs/snell/chance/welcome.html)

Contribution to algebra and geometry

<http://www.emis.de/journals/BAG/index.html>

Mathematics Information Servers

Fichier indiquant la plupart des ressources disponibles sur le Web en mathématiques

[www.math.psu.edu/MathLists/Othermath.html](http://www.math.psu.edu/MathLists/Othermath.html)

MacTutor History of Mathematics Archives

Site écossais où l'on retrouve les biographies illustrées d'un millier des plus grands mathématiciens de l'histoire, les grands moments des math (l'histoire du nombre  $\pi$ , l'invention du calcul différentiel, etc.) et les équations de 60 courbes célèbres.

[www.-groups.dcs.st-and.ac.uk/-history/](http://www.-groups.dcs.st-and.ac.uk/-history/)

Mandelbrot/Julia Set Browser

Vous pouvez fabriquer des fractales en direct à partir des équations de Mandelbrot.

[nis-www.lanl.gov/-mgh/mand.shtml](http://nis-www.lanl.gov/-mgh/mand.shtml)

The Chaos Network On-Line

[www.prairienet.org/business/ptech/txt/index.html](http://www.prairienet.org/business/ptech/txt/index.html)

Chaos : the course

<http://www.lib.rmit.edu.au/fractals/exploring.html>

Une très bonne initiation au Chaos

The Chaos metalink

<http://www.lindustrialstreet.com/chaos/metalink.html>

Des centaines de liens avec des sites liés à la théorie du chaos

Fractal image encoding

<http://www.lib.rmit.edu.au/fractals/exploring.html>

Une très bonne initiation au Chaos

Gallery of interactive geometry

<http://www.geom.unm.edu/apps/gallery.html>

Ce site, tenu par l'université du Minnesota est un des plus complet et des plus intéressants sur la géométrie

Calculus and Mathematica

<http://www-cm.math.uiuc.edu/>

Une sorte d'université virtuelle où vous pouvez découvrir les mathématiques avec Mathematica

Dave's math tables

<http://www.sisweb.com/math/tables.htm>

Vous pouvez retrouver sur ce site toutes les formules mathématiques dont vous pouvez avoir besoin

Guide to available mathematical software

<http://www.gams.nist.gov/>

Un moteur de recherche efficace pour trouver et charger gratuitement des logiciels utiles en math.

Mathematical quotations

<http://www.math.furman.edu/~mwoodard.mquot.html>

Qui a dit « les deux seuls plaisirs de la vie c'est apprendre les maths puis les enseigner » ? C'est Poisson ! De nombreuses autres remarques du même genre.

Mathematics archive

<http://archives.math.utk.edu/>

Un énorme stock de ressources mathématiques et de liens vers d'autres sites mathématiques

Mathematics metasite

<http://euclid.math.fsu.edu/Science/mathg.html>

Des centaines de liens avec toutes sortes de ressources concernant les mathématiques : sites, revues, newsgroup, etc.

Mathématiques et enseignement

<http://www.sharelook.fr/Sciences/Mathematiques.html>

D'autres liens avec des sites fort intéressants pour l'enseignement des mathématiques. Ce site est recommandé par le bulletin de l'Association Mathématique du Québec.

## PHYSIQUE

American Wind Energy Association

<http://www.igc.apc.org/awea/>

CADDET Energy Efficiency of the International Energy Agency

<http://www.caddet-ee.org/>

Energy Information on Internet

<http://www.ecn.nl/eii/main.html>

Europhysics news extra

<http://128.178.177.16/eps1.html#ene>

Intersciences Review

<http://hermes-op.com/inscirev/inscirev.html>

Netherlands Energy Research Foundation

<http://www.ecn.nl/>

Physics Today

<http://www.aip.org/pt/phystoday.html>

PINET: Physics Information Network

<http://www.aip.org/pinet/pinethome.html>

Centre de physique appliquée

<http://apc.pnl.gov.:2080>

Située à l'Université du Pacific Northwest, ce centre vous offre des ressources en physique, mathématiques, génie, etc

The european physics society

<http://www.nikhef.nl/www/pub/eps/eps/html>

Le site des étudiants et chercheurs européens en physique

General Relativity servers around the world

<http://www.astro.cf.ac.uk/groups/relativity>

<http://www.astro.psu.edu/users/nr/>

<http://axion.physics.ubc.ca/hyperspace/hyperspace.html>

<http://www.math.umb.ca/hyperspace/>

MIT center for theoretical physics

<http://ctpa02.mit.edu/>

Ce site est animé par le Laboratoire de Science Nucléaire du Massachusetts Institute of Technology.

Physics around the world

[http://tph.tuwein.ac.at/physics-services/physics\\_services.html](http://tph.tuwein.ac.at/physics-services/physics_services.html)

Ce site vous offre une multitude de liens vers les sites traitant de physique partout dans le monde.

Physics lover's paradise (Histoire de la physique)

<http://www.qm.ac.uk/~zgap4027/physics.html>

Toute l'histoire de la physique et de ses plus grands acteurs.

UK physics servers

<http://euler.ph.ic.ac.uk/UKPhys.Serv.html>

Vous avez des liens avec tous les sites traitant de physique en Angleterre.

Yale, la physique, la physique appliquée et l'astrophysique

<http://www.yale.edu/physics/>

Tout ce qui se fait à Yale en physique..

## **REVUES**

Quebec Science

<http://Quebecscience.qc.ca>

E-Journals

<http://www.lib.lehigh.edu/ejournals.html>

Nature Magazine

<http://www.nature.com>

New Scientist

Revue britannique qualifiée de « must du virtuel ». Un grand nombre de questions y sont traitées.

<http://www.newscientist.com/>

Science on line

<http://science-mag.aaas.org/>

C'est le site web de *Science* l'hebdomadaire publié par l'American Association for the Advancement of Science.

Brown University Physics News

<http://www.het.brown.edu/news/index.html>

Les dernières nouvelles sur la physique. Ce site est tenu à jour, quotidiennement, par les professeurs de Brown University.

Physical review on-line

<http://www.c3.lanl.gov:8080/apswelcome>

C'est la page d'accueil de la revue la plus connue en physique.

Physic's today magazine

<http://www.aip.org/pt/phystoday.html>

.

## **SCIENCES**

La science et la technologie française

<http://www.adit.fr/STF/STF.html>

Sites scientifiques et universitaires

<http://www.refer.qc.ca/QCONTACT/SITES.html>

Les sceptiques du Québec

[libertel.montreal.qc.ca/info/Sceptiques/](http://libertel.montreal.qc.ca/info/Sceptiques/)

ScienceWeb

[scieceweb.dao.nrc.ca/findex.html](http://scieceweb.dao.nrc.ca/findex.html)

History of Science, Technology and Medicine

[http://www.asap.unimelb.edu.au/hstm/hstm\\_ove.htm](http://www.asap.unimelb.edu.au/hstm/hstm_ove.htm)

Skeptical Information

<http://www.primenet.com/-lippard/skeptical.html>

Annals of improbable research

<http://www.improb.com>

The Skeptic's Dictionary

[wheel.ucdavis.edu/-btcarrol/skeptic/dictcont.html](http://wheel.ucdavis.edu/-btcarrol/skeptic/dictcont.html)

Science On Line  
[science-mag.aaas.org/science/](http://science-mag.aaas.org/science/)

L'enseignement des sciences  
<http://sln.fi.edu/tfi/jump.html>

Ce site vous propose une série de liens vers des sites dédiés à l'apprentissage des sciences.

Centres scientifiques  
<http://www.cs.cmu.edu/~mwm/sci.html>  
Les musées des sciences au bout de la souris.

Les « hotspots » scientifiques  
<http://www.npr.org/~scifri/hotspots.html>  
Les musées des sciences au bout de la souris.

Les « hotspots » en enseignement des sciences  
<http://sln.fi.edu/tfi/jump.html>  
C'est une liste de liens interactifs avec différentes expériences d'enseignement des sciences par l'Internet.

La science originale  
<http://www.gene.com/ae/wn/Factoids/factoids.html>  
Une série de sujets amusants et bizarres..

Le réseau des sciences  
<http://edisto.awod.com/netsci/>  
Ce réseau est exclusivement destiné à être une ressource pour tous ceux qui étudient en sciences, élèves comme professeurs.

Ressources en sciences  
<http://www-hpcc.astro.washington.edu/scied/science.html>  
Des centaines de liens vers les sites s'intéressant aux sciences..

## **UNIVERSITÉS**

The chronicle of higher education  
Tout ce qui se passe au niveau post-secondaire et dans le domaine des nouvelles technologies.  
<http://www.refer.qc.ca/QCONTACT/UNV.html>

CADDET Energy Efficiency of the International Energy Agency  
<http://www.caddet-ee.org/>

## **HUMOUR**

Science Joke Archive  
<http://www.princeton.edu/~pemayer/Sciencejokes.html>

D'une des meilleures universités américaines, des douzaines de plaisanteries sur les math, la physique, etc.

Mad Science

<http://www.fttech.net/~madsite/>

Il n'y a pas de question stupide

<http://www.madsci.org>

Classés par niveau scolaire et par discipline (d'agriculture à zoologie, en passant par astronomie, informatique, immunologie, et.) toutes sortes de questions sont archivées, indexées et accessibles. MadScience vous propose également de nombreux liens vers d'autres sites scientifiques. MadScience est le produit d'un vaste réseau de scientifiques bénévoles. Ce site est recommandé par la revue La Recherche.

## **VARIA**

Association Canadienne Française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS)

<http://www.acfas.ca/>

Bureau de la statistique du Québec

<http://www.bsq.gouv.qc.ca/bsq/>

Community of Science facilities

<http://medoc.gdb.org/work/facil.html>

Community of science invention

<http://medoc.gdb.org/work/invent.html>

Dictionnary of scientific quotation (reference)

<http://pinc.com/home/hp/dsqhome.html>

European directory

<http://www.ukshops.ca.uk:8000/thedoor.html>

GABRIEL: Gateway to Europe's National Libraries

<http://portico.bl.uk/gabriel/>

Humanities Hub

<http://www.gu.edu.au/gwis/hub/hub.home.html>



