



# Démarches scientifiques en travaux pratiques de physique de DEUG à l'université de Cergy-Pontoise

**Alain GUILLON**

DidaScO, Université Paris 11  
Avenue Clémenceau - Bât. 336  
91405 Orsay cedex, France.

Université de Cergy-Pontoise  
Département de Physique  
49, Avenue des Génottes  
95806 Cergy-Pontoise cedex, France.

## **Résumé**

*Le cursus de travaux pratiques de physique décrit ici se caractérise par une grande cohérence sur les deux premières années d'université, l'introduction dès le début d'informations de nature épistémologique, l'apprentissage systématique d'outils nécessaires à la confrontation mesures/théorie, la mise en œuvre d'une démarche complète pour répondre à une question de physique.*

*Quatre démarches de travail du physicien sont tout d'abord dégagées. Puis, les choix didactiques sont explicités, enfin les quatre périodes du cursus sont décrites.*

**Mots clés :** *travaux pratiques, démarches du physicien, confrontation, information épistémologique, projet.*

## **Abstract**

*The curriculum of laboratory work sessions in physics presented here can be characterised by a strong coherence during the first two years of university, an introduction of epistemological information just in the beginning, a learning of basic tools necessary to the confrontation between measurements and theory, and a setting up of a complete process to answer a physicist's question.*

*Four processes in the work of physicists are identified. Then the didactic choices are done explicitly, and at last the four units of the curriculum are described.*

**Key words :** *laboratory work, physicist's processes, confrontation, epistemological information, project.*

## **Resumen**

*El currículum de trabajos prácticos de física descrito aquí se caracteriza por una gran coherencia en los dos primeros años de la universidad, la introducción desde el inicio de informaciones de naturaleza epistemológica, el aprendizaje sistemático de herramientas necesarias a la confrontación medidas/teoría y la aplicación de un procedimiento completo para responder a una pregunta de física.*

*Cuatro procedimientos en el trabajo del físico son identificados. Las alternativas didácticas son dadas explícitamente pues los cuatro períodos del currículum son descritos.*

**Palabras claves :** *trabajos prácticos, procedimientos del físico, confrontación, información epistemológica, proyecto.*

Comme le montrent plusieurs enquêtes menées ces dernières années, les travaux pratiques ne semblent pas apporter toute satisfaction, aussi bien aux étudiants qu'aux enseignants (Vallée et al., 1990 ; Trincaz & Millet, 1990 ; Bornarel, 1991). Cependant tous s'accordent à considérer les travaux pratiques comme indispensables : seuls 2,5 % des 400 physiciens ayant répondu à l'enquête de la Société Française de Physique envisagent un enseignement sans travaux pratiques (voir annexes du rapport de Jean Bornarel, *L'enseignement de la physique en premier cycle universitaire*, 1991).

Des finalités variées sont assignées aux travaux pratiques ; citons entre autres :

- constituer un référent empirique commun,
- maîtriser le matériel et les techniques de mesures,
- acquérir des méthodes d'exploitation des données,
- mettre en œuvre une démarche scientifique,

- rédiger un compte-rendu,
- s'habituer à travailler en groupe.

Dans les conclusions de son rapport, Jean Bornarel privilégie l'apprentissage de la démarche scientifique : «*Il faut que la problématique de la science expérimentale, base de la formation du physicien, soit aussi à la base de l'enseignement de la physique*» (Bornarel, 1991)

**En accord avec ces conclusions, nous avons choisi l'apprentissage des démarches scientifiques comme finalité principale des travaux pratiques de physique en DEUG (diplôme d'études universitaires générales, correspondant au premier cycle universitaire) à l'université de Cergy-Pontoise.** Comment alors introduire, de manière raisonnée et progressive, un tel apprentissage à travers les travaux pratiques ? Comment favoriser cet apprentissage ?

Notre choix a été d'élaborer *a priori* une description des démarches du physicien expérimentateur et d'en dégager des caractéristiques essentielles, pour ensuite choisir les objectifs et organiser les activités expérimentales à partir de ces caractéristiques.

Dans une première partie, nous présentons les analyses qui nous ont permis de dégager les idées directrices. Nous exposons ensuite les choix qui en ont découlé. Enfin la mise en place des séances de travaux pratiques à l'université de Cergy-Pontoise est décrite et commentée.

## 1. ANALYSES PRÉALABLES

### 1.1. Des démarches plutôt qu'une méthode expérimentale

#### *Théorie et expérience*

Quelle place l'expérience occupe-t-elle par rapport à la théorie ? Laquelle précède l'autre ?

L'histoire même récente de la physique montre que tous les cas coexistent : la théorie peut précéder l'expérience mais l'expérience peut précéder la théorie. Dans la plupart des cas, théorie et expérience progressent en parallèle avec des allers et retours nombreux ; pour Abragam, le débat sur la primauté de la théorie ou de l'expérience est un débat dépassé et «*théorie et expérience sont indissolublement liées*» (Abragam, 1986).

### Démarches et modèles

Nous avons différencié et nommé quatre types principaux de démarches du physicien (voir figure 1). Il s'agit, en quelque sorte, de prototypes de démarches en tant qu'elles sont idéales, typiques, exemplaires et de natures différentes.

Le parallélisme des démarches apparaissant dans ce schéma (réducteur comme tout schéma) ne signifie pas qu'elles sont exclusives l'une de l'autre : le physicien, au sein d'une équipe, met en œuvre successivement ou simultanément deux ou plusieurs de ces démarches.

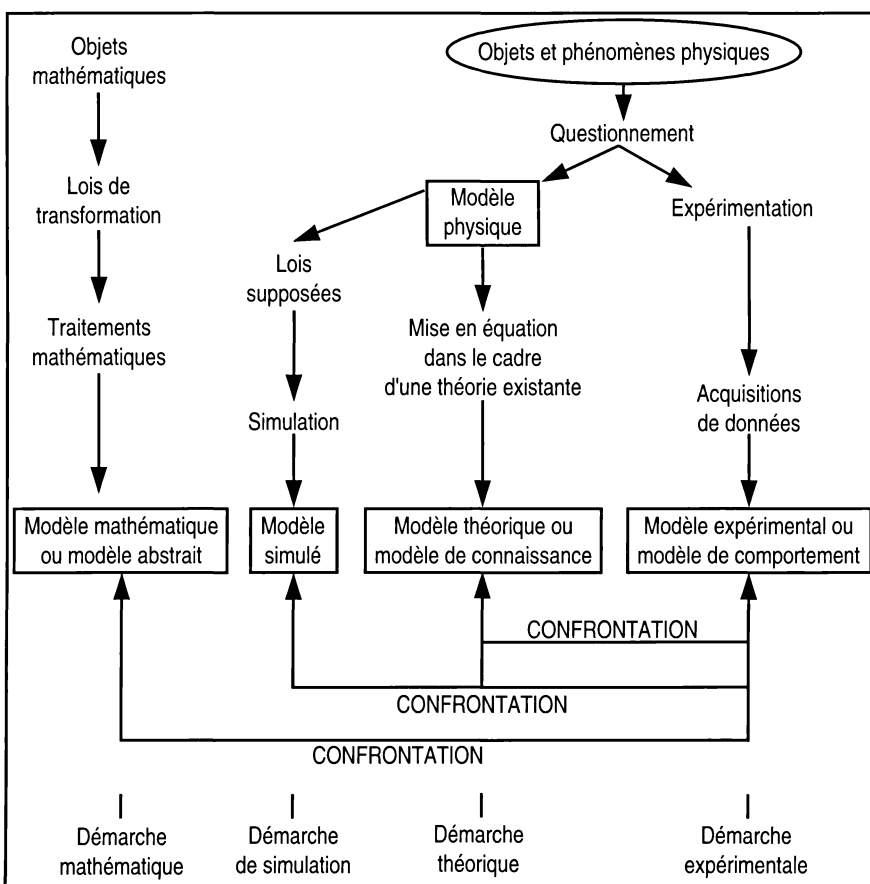


Figure 1 : Démarches du physicien

### ***Un point central : la confrontation***

Ainsi, dans son travail, le physicien articule plusieurs démarches, dont la confrontation est un passage obligé. Dans la plupart des cas il s'agit d'une confrontation avec des résultats expérimentaux, bien que des confrontations entre différents types de modèles soient aussi possibles. Il s'agit là d'une situation caractéristique des sciences expérimentales. La démarche théorique a elle-même besoin de la confrontation : sans cette confrontation avec les résultats expérimentaux, une théorie ne peut être validée (même si une seule confrontation ne suffit pas).

La confrontation n'est pas faite pour elle-même, elle correspond à une finalité plus générale issue du questionnement de départ. Nous proposons dans le tableau 1 une typologie de ces confrontations en fonction de leur finalité. Comme nous le verrons, un des outils privilégiés pour cette confrontation est l'estimation des incertitudes et leur analyse.

<ul style="list-style-type: none"><li>● Confrontation avec une valeur de référence (calculée ou tabulée)<ul style="list-style-type: none"><li>détermination d'une constante fondamentale</li><li>détermination d'une constante physique</li><li>détermination d'un paramètre d'un système</li><li>comparaison de méthodes de mesures</li></ul></li> <li>● Confrontation-vérification<ul style="list-style-type: none"><li>validation d'une théorie (ou d'une partie)</li><li>validation d'un modèle</li></ul></li> <li>● Confrontation modélisante<ul style="list-style-type: none"><li>choix de modèle</li><li>enrichissement de modèle</li><li>limites d'un modèle</li><li>détermination d'un paramètre d'un système</li></ul></li></ul>
--

Tableau 1 : **Typologie des confrontations**

## **1.2. Des pratiques complexes**

Une première analyse des pratiques de référence, à partir de quelques entretiens avec des chercheurs et ingénieurs physiciens, a confirmé la place centrale occupée par la confrontation. Elle joue en fait un rôle moteur en ce sens que la suite des activités est conditionnée par les résultats de cette confrontation.

### ***Boucles et va-et-vient***

La réalité du travail du physicien ne présente pas la linéarité des démarches schématisées plus haut ; il y a de nombreux retours en arrière, des va-et-vient d'une démarche à l'autre, d'une étape à l'autre au sein d'une même démarche.

*«L'expérimentation pose certains problèmes théoriques dont la solution nous ramène à l'expérimentation. Chaque étape de ce processus circulaire n'est précisément qu'une étape, qui ne prend son sens que par référence aux autres étapes.» (Bunge, 1975)*

Certains de ces retours en arrière ne sont pas dus à des problèmes d'ordre physique mais technologique. Les contraintes de la technique obligent parfois à changer de méthode de mesure, à choisir une autre grandeur caractéristique plus accessible, à reprendre l'étude théorique car tel effet que l'on pensait négligeable ne l'est pas avec le matériel utilisé...

### ***Influence du milieu de travail, de l'histoire***

De nos jours un chercheur ou un ingénieur-développeur fait en général partie d'une équipe. Les discussions au sein de l'équipe, les échanges avec d'autres équipes, les informations recueillies dans les revues ou les congrès peuvent influencer directement la progression de la démarche suivie, notamment dans la phase de mise au point du protocole expérimental, mais aussi lors de l'exploitation des mesures. Plusieurs démarches peuvent être menées en parallèle à l'intérieur d'une même équipe et les interactions sont alors très fortes. Par ailleurs l'histoire du sujet ainsi que l'histoire de l'équipe ont leur importance.

Un chercheur ou un ingénieur-développeur est donc soumis à un ensemble complexe d'influences extérieures que l'épistémologie sociale a bien mis en évidence (Latour & Woolgar, 1988...).

### ***Rôle des ordinateurs***

Depuis dix ans les micro-ordinateurs se sont considérablement développés et ont investi tous les domaines, en recherche fondamentale comme en recherche-développement. Si l'ordinateur est largement utilisé pour le traitement des données comme pour leur acquisition directe, voire également pour le pilotage d'expérience, l'aspect que nous retiendrons ici est son utilisation pour la confrontation. L'ordinateur pouvant prendre en charge les calculs numériques et les représentations graphiques, la confrontation entre résultats théoriques ou simulés et résultats expérimentaux peut s'effectuer directement sur l'écran de l'ordinateur (voir, dans les revues spécialisées, la multiplication des copies d'écran montrant dans un

même système d'axes les points expérimentaux et la courbe calculée). En particulier, l'ordinateur peut résoudre numériquement des équations différentielles sans solutions analytiques et donner une représentation graphique de la solution ; la confrontation des résultats expérimentaux peut ainsi se faire avec des modèles d'une grande complexité.

### ***Phases absentes des travaux pratiques «classiques»***

Les travaux pratiques (TP) «classiques» visent certains objectifs bien repérés tels que : se servir d'un appareil, estimer l'incertitude sur le résultat, réaliser un montage électrique, tracer un graphe...

Cependant la comparaison entre activités menées en TP et pratiques de référence fait ressortir l'absence de certaines phases des démarches du physicien dans les travaux pratiques. Par nature ceux-ci ne peuvent atteindre certains objectifs liés aux démarches du physicien. Ainsi la phase de questionnement n'existe pas en général dans les TP «classiques» ; la question est d'emblée proposée à l'étudiant. De même, sauf exception, l'étudiant n'a pas de recherche documentaire et bibliographique à effectuer tant en ce qui concerne la théorie que l'expérience : tous ces éléments sont fournis dans le texte du polycopié de TP.

L'étudiant n'a pas non plus à mettre au point le protocole d'expérience ni le protocole d'exploitation des mesures : il suffit de suivre les indications du polycopié. Parfois même le montage des appareils est déjà fait, il n'y a plus qu'à mettre en marche et à effectuer les mesures. Pourtant cette phase d'élaboration du protocole d'expérience peut être riche d'interactions avec la théorie.

Enfin une phase toujours absente (mais qui à elle seule serait sujet d'apprentissage) est la communication orale de la recherche ou du projet et de ses résultats.

## **2. CHOIX DIDACTIQUES**

### **2.1. Choix liés aux démarches**

Notre finalité principale étant l'apprentissage des démarches scientifiques, les analyses précédentes font ressortir plusieurs points essentiels précisant cette finalité.

***La confrontation est une phase centrale et incontournable de toute démarche scientifique.*** Elle présente des facettes variées et met en œuvre des outils et des méthodologies spécifiques que les étudiants

doivent s'approprier. Sans cet apprentissage les arguments utilisés lors de la confrontation restent limités et vagues.

Nous avons donc choisi la confrontation comme fil conducteur de l'ensemble du cursus et placé l'apprentissage des outils de base de cette confrontation en première année.

Ainsi, au début de chaque séance de TP, une question est posée qui conduira à une confrontation et donnera un sens aux activités proposées.

En ce qui concerne les outils nous insistons particulièrement sur les traitements des incertitudes (voir tableau 2 une liste non exhaustive d'outils utilisés pour les confrontations)

<ul style="list-style-type: none"><li>● Traitement des incertitudes statistique différentiel</li><li>● Écart quadratique entre points calculés et points expérimentaux et sa minimisation</li><li>● Outils numériques dérivation / intégration résolution d'équations différentielles filtrage</li><li>● Acquisition automatique de mesures échantillonnage capteur et chaîne de mesurage</li></ul>
---

Tableau 2 : **Outils associés aux confrontations**

***La démarche scientifique n'est pas unique.*** Il nous semble important que les étudiants connaissent diverses démarches et le vocabulaire associé, notamment pour les divers modèles utilisés. En nous appuyant sur le schéma de la figure 1, nous avons choisi de présenter quelques démarches scientifiques au tout début du cursus comme une introduction à la période des apprentissages de base. En effet, une étude de cas menée (préalablement à l'innovation présentée ici) sur des étudiants en stage de fin de DEUG, nous a conduit à penser qu'une connaissance du cadre général du travail du physicien, et une réflexion sur les modèles et leurs rôles dans les démarches, devraient aider l'étudiant à mieux percevoir les articulations entre les étapes des démarches scientifiques et lui permettre de mieux organiser et orienter son action pendant les TP.

***Pendant cette introduction ne suffit pas à une appropriation durable pour la mise en œuvre des démarches scientifiques.*** À la fois parce que ce type de présentation, même appuyée sur des exemples vécus par les étudiants (voir 3. Mise en œuvre), demeure assez formel, et aussi



parce que certaines phases des démarches scientifiques sont absentes des TP (comme signalé plus haut). C'est pourquoi faire réaliser à l'étudiant une démarche complète à travers la réalisation d'un projet nous paraît indispensable.

La phase d'élaboration du protocole expérimental et la phase de choix du mode d'exploitation des mesures semblent en effet particulièrement propices à une appropriation des articulations entre les diverses étapes des démarches scientifiques. Nous avons choisi de placer ces projets en fin de cursus pour permettre à l'étudiant de réinvestir ses acquis et pour constituer une conclusion du cursus.

### ***Ordinateurs***

Afin de rapprocher les activités proposées aux étudiants des pratiques du physicien ou de l'ingénieur-développeur, nous avons choisi d'utiliser l'ordinateur aussi bien pour la confrontation que pour l'acquisition et le traitement des données. Un certain nombre des outils associés à la confrontation présentés plus haut sont d'ailleurs directement tributaires de l'utilisation de l'ordinateur.

## **2.2. Autres choix**

Affirmer qu'il y a apprentissage au cours des TP implique que cet apprentissage suive une progression. L'ordre choisi pour les TP n'est pas indifférent et tous les étudiants doivent suivre la même progression : nos travaux pratiques ne sont donc pas «tournants».

D'autre part l'apprentissage se déroule pendant la séance de TP elle-même. Nous avons choisi de respecter ce temps et donc de renoncer au photocopié global rassemblant l'ensemble des TP. Un fascicule est remis au début de chaque TP. L'étudiant découvrant le TP en cours de séance, les présentations théoriques doivent être limitées au minimum : ainsi les thèmes traités doivent s'appuyer sur les connaissances antérieures des étudiants ou suivre la progression du cours et des TD correspondants. Dans le même souci de cohérence dans le temps, le compte-rendu doit être remis en fin de séance.

### 3. CURSUS DE TRAVAUX PRATIQUES MIS EN PLACE À CERGY

Le cursus suit le découpage des semestres d'enseignement des deux premières années et est organisé comme l'indique le tableau 3.

Première année		
Période 1	3 TP de 4h30	Cadre général des démarches du physicien Vocabulaire
Période 2	7 TP de 4h30	Apprentissage de base (incertitudes : traitement statistique et différentiel – confrontation – appareils et chaîne de mesurage)
Deuxième année		
Période 3	9 TP de 4h15	Réinvestissement et prolongements
Période 4	2TP de 4h + projet soit 2 h + 6 x 4 h = 26 h	Mise en œuvre par l'étudiant d'une démarche scientifique complète

Tableau 3 : Les quatre périodes du cursus

L'importance de l'enseignement de TP a été volontairement marquée en augmentant son poids dans l'évaluation : ainsi, en filière MP (Maths-Physique), la note de TP représente 25 % de la note globale de physique pour chacune des périodes 2, 3 et 4, et donc aussi pour l'ensemble du DEUG.

D'autre part, pour faciliter la mise en place de ce cursus, un fascicule-enseignant accompagne chaque séance : il précise les principaux objectifs et les intentions didactiques, donne des informations supplémentaires, propose des indications de correction et un barème pour aider à l'harmonisation des notations.

#### 3.1. Première période

La présentation du cadre général des démarches se fait seulement à la fin du deuxième TP, après que les étudiants, guidés par le fascicule de TP, aient mis en œuvre deux démarches différentes.

Dans la première séance, les étudiants sont amenés à construire un modèle expérimental décrivant le comportement au cours du temps de l'abscisse et de l'ordonnée d'une balle de golf en mouvement de chute

parabolique ; ils doivent ensuite rechercher une interprétation théorique pour arriver à une confrontation entre modèles théorique et expérimental.

Dans la deuxième séance, l'étude théorique est d'emblée proposée, elle guide ensuite l'expérience et une confrontation entre résultats expérimentaux et théoriques est de nouveau effectuée. À l'issue de cette deuxième séance, une heure est réservée pour mener avec les étudiants une réflexion sur les démarches pratiquées dans les deux TP. Cette réflexion est amorcée par un questionnement des étudiants ; un texte plus général est ensuite analysé par les étudiants pour introduire le vocabulaire et présenter sous forme de tableaux les différentes étapes des démarches et leurs articulations. Enfin d'autres questions sont posées et des compléments apportés. La problématique du travail du physicien étant explicitée, les étapes du cursus de TP sont précisées aux étudiants. Le troisième TP permet de réinvestir vocabulaire et démarches.

### 3.2. Deuxième période

Nous proposons ici un apprentissage de base concernant la confrontation : incertitudes, écart quadratique, acquisition de mesures avec ordinateur...

La confrontation théorie/expérience faisant appel aux incertitudes de mesures et à l'écart entre modèles théorique et expérimental, nous avons choisi d'introduire tout de suite le traitement des incertitudes. Nous avons pour cette partie utilisé les analyses du groupe d'Orsay et adapté leur proposition de TP (voir Séré et al., 1993). Une différence notable avec les présentations habituelles est que nous abordons le traitement statistique avant le traitement différentiel classique. L'ordinateur est ici utilisé à deux fins différentes : dans un premier temps il sert, à partir de simulations proposées aux étudiants, à introduire les notions d'écart-type et d'intervalle de confiance ; dans un deuxième temps il permet de traiter l'ensemble des mesures des binômes d'un TP ainsi que l'ensemble des mesures des groupes de TP.

Étant donné l'importance du traitement des incertitudes pour la confrontation, des exercices complémentaires sont proposés à la fin des TP n° 1 et 3, et un contrôle de 30 minutes comprenant deux exercices est intégré au partiel de physique.

La confrontation modèle théorique – résultats expérimentaux est d'abord faite visuellement sur l'écran de l'ordinateur. Nous introduisons ensuite l'écart quadratique comme critère quantitatif et la méthode séquentielle pour l'ajustement des paramètres d'un modèle. Cette méthode est utilisée pour un modèle non linéaire par rapport aux paramètres (là où la méthode des moindres carrés n'est plus applicable).

Sujet	Démarche scientifique	Outils méthodologiques	Matériel
1. Pendule simple	Détermination d'un paramètre d'un système : étude expérimentale. Modèle à un paramètre Confrontation de plusieurs séries de mesures	Traitement statistique d'une série de N mesures	Calculatrice graphique ordinateur
2. Pendule simple et pendule pesant	Confrontation de résultat à une valeur de référence Établissement d'un modèle expérimental	Réinvestissement Propagation des erreurs : traitement statistique	Calculatrice graphique ordinateur
3. Mesure de résistances électriques	Étude théorique préalable Confrontation entre plusieurs méthodes de mesure Erreur systématique due au protocole de mesure	Cas d'une mesure unique : traitement différentiel des incertitudes et de la propagation des erreurs	Multimètre
4. Charge d'un condensateur à l'aide d'une source de tension constante	Confrontation modèle théorique – résultats de mesure Modèle non linéaire	Critère quadratique Méthode séquentielle d'ajustement Acquisition automatique de mesures	Interface et ordinateur
5. Filtre RC	Confrontation modèle théorique – résultats de mesure Filtrage Réinvestissement	Échantillonnage des acquisitions de mesures Rapport signal-bruit Réinvestissement	Interface et ordinateur
6. Mesure de température	Chaîne capteur-conditionneur-interface-ordinateur Confrontation entre indications de mesure	Paramètres d'un capteur Réinvestissement	Capteur interface ordinateur
7. Bobine d'induction	Confrontation modèles théoriques successifs - résultats de mesure	Réinvestissement	Oscilloscope

Tableau 4 : Les progressions en période 2

Le problème du bruit et de son traitement est une autre manière d'aborder l'intervention de l'aléatoire dans les mesures.

L'acquisition de mesures avec l'ordinateur est introduite progressivement : elle répond au souci d'une transposition des pratiques du chercheur et de l'ingénieur. La familiarisation avec les appareils va de pair avec l'apprentissage des outils méthodologiques.

De nombreux réinvestissements ont été ménagés ; le vocabulaire introduit en première période est largement utilisé dans le texte même des TP, afin de favoriser les apprentissages. La confrontation théorie/expérience est sans arrêt sollicitée et doit être argumentée en s'appuyant notamment sur un traitement des incertitudes. Le fil conducteur de la confrontation est ainsi constamment explicite.

Le tableau 4 résume les apprentissages menés en parallèle.

### **3.3. Troisième période**

Pour faciliter le réinvestissement des notions vues en première année, un aide-mémoire rassemblant une présentation générale et les principales méthodes vues en deuxième période est fourni aux étudiants.

Contrairement aux périodes précédentes, les TP sont ici moins directifs : nous voulons à la fois favoriser l'autonomie de l'étudiant face à une étude faisant intervenir l'expérience et étudier la manière dont l'étudiant va réutiliser les connaissances acquises. Dans certains TP, les étudiants doivent élaborer une partie du protocole expérimental ou/et décider de l'exploitation des mesures ou/et faire des prévisions en s'appuyant sur la théorie.

L'accent est mis sur l'apprentissage de la rédaction du compte-rendu : plan, articulation étude théorique - protocole opératoire et traitement des mesures, confrontation argumentée s'appuyant sur une analyse des incertitudes. Ce sont ces aspects qui sont valorisés dans la notation.

### **3.4. Quatrième période**

L'un des deux TP propose une démarche de simulation sur l'exemple du mouvement brownien : c'est l'occasion de revenir sur le schéma de présentation générale des démarches scientifiques. Mais la particularité essentielle de cette période est le projet qui occupe la grande majorité du temps.

Après la distribution d'un plan de travail, une question de physique est posée à chaque binôme sur un thème choisi préalablement. Pour répondre à cette question, les étudiants doivent élaborer un protocole opératoire et le mode d'exploitation des mesures : une phase de recherche documentaire et bibliographique ainsi qu'une étude théorique sont nécessaires.

Une attention particulière est apportée aux questions proposées aux étudiants. La solution doit en effet à la fois ne pas être connue et apparaître accessible à l'étudiant qui doit l'atteindre dans le temps imparti. Comme nous l'avons souligné précédemment, la question n'a pas d'histoire ni de contexte pour l'étudiant ; il y a donc lieu de créer une situation, de mettre en scène le travail qui va être demandé, ce qui peut apparaître tout à fait artificiel à l'étudiant et ne pas faciliter l'intériorisation du but poursuivi. Par ailleurs, si les questions posées au départ sont trop précises, on court-circuite une part importante de l'analyse. Il y a donc un compromis à trouver.

À la deuxième séance, chaque binôme remet un premier rapport contenant étude théorique et protocole et expose devant les autres étudiants le protocole retenu en l'argumentant. Cette séance d'exposés est présentée aux étudiants comme une transposition de la «réunion de labo». Les étudiants spectateurs sont invités à demander des éclaircissements au binôme exposant, l'enseignant posant aussi des questions. C'est l'occasion d'améliorer les protocoles, d'éviter des dérives trop importantes, de lever des blocages. Cette séance est aussi une initiation à l'exposé oral.

En fonction des critiques formulées, une nouvelle version du protocole est demandée. Puis les étudiants mettent en place l'expérience, exploitent leurs résultats. La dernière séance est consacrée à la présentation orale des travaux. Chaque binôme remet aussi un rapport écrit.

## CONCLUSION

Le nouveau cursus présenté ici a été introduit en 1992/1993 pour la première année et en 1993/1994 pour la deuxième année. Cette mise en place a donné lieu à des observations ; différents types de données ont été recueillies à deux moments du cursus :

- à la fin du premier semestre après introduction du cadre général des démarches,
- au moment des projets en fin de cursus.

L'ensemble de ces observations, bien qu'ayant suggéré des modifications de détail, a indiqué une bonne faisabilité du cursus.

Les analyses ultérieures tenteront de répondre aux questions suivantes :

– comment les étudiants utilisent-ils les informations d'ordre épistémologique introduites en première partie ?

– comment les étudiants conduisent-ils leur action pendant les projets ?  
Quelles sont leurs difficultés ?

– comment les étudiants utilisent-ils les outils de base introduits en deuxième période ?

– comment les étudiants perçoivent-ils leur propre démarche pendant les projets ?

Dans ce but, des questionnaires, les premières versions des projets, les rapports de projet, des enregistrements vidéo sont en cours d'analyse.

## Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Marie-Geneviève Séré et Roger Journeaux pour leur participation à des discussions constructives et pour leurs relectures critiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABRAGAM A. (1986). Théorie ou expérience : un débat archaïque. In J. Hamburger, *La philosophie des sciences aujourd'hui*. Paris, Gauthier-Villars, pp. 21-37.
- BORNAREL J. (1991). *L'enseignement de la physique en premier cycle universitaire*. Rapport à la demande de la Société Française de Physique. Paris, SFP.
- BUNGE M. (1975). *Philosophie de la physique*. Paris, Seuil.
- LATOUR B. & WOOLGAR S. (1988). *La vie de laboratoire*. Paris, La Découverte.
- SÉRÉ M.-G., LARCHER C. & JOURNEAUX R. (1993). Learning statistical analysis of measurement errors (first year of university). *International Journal of Science Education*, vol. 15, n°4, pp. 427-438.
- TRINCAZ J. & MILLET J. (1990). Adaptation des étudiants de l'année de DEUG A, leurs méthodes de travail et leurs projets professionnels. Annexe du rapport de J. Bornarel, *L'enseignement de la physique en premier cycle universitaire*. Paris, SFP.
- VALLÉE, RANSON & BRAULT (1990). Enquête auprès des étudiants de l'année de DEUG A, licence et maîtrise de physique d'Orléans. Annexe du rapport de J. Bornarel, *L'enseignement de la physique en premier cycle universitaire*. Paris, SFP.