

Avant-propos

Ce livre est le fruit de plusieurs années d'enseignements auprès de l'université d'Aix Marseille en première année de licence des cycles scientifiques (physique, chimie, mathématiques) et du cycle préparatoire aux écoles d'ingénieurs POLYTECH. Il s'adresse aux étudiants voulant réaliser des études en sciences fondamentales ainsi qu'à ceux désirant s'orienter vers les métiers de l'ingénieur.

Il existe un grand nombre de livres traitant de la mécanique et on peut légitimement se poser la question de l'intérêt d'un nouvel ouvrage sur le sujet. Depuis les années 2000 plusieurs réformes des programmes du secondaire se sont succédé et ont amené à une transformation profonde des connaissances et des compétences des lycéens. Si on doit résumer en une phrase cette mutation, on pourrait dire que les connaissances et les compétences associées à la réflexion sont devenues plus vastes au détriment des compétences calculatoires qui se sont fortement réduites.

Est-ce un mal ? Non. Cependant, le degré d'exigence à l'université et en classes préparatoires, en France, est resté approximativement le même depuis plusieurs décennies. On attend des étudiants qu'ils développent de fortes compétences à la fois théoriques et expérimentales sur leur approche des problèmes de physique.

Pourquoi développer une approche théorique ? La révolution de notre description physique du monde, que l'on peut faire remonter jusqu'à Galilée, est directement associée à la naissance de la démarche scientifique mêlant intimement expériences et modélisation théorique. L'utilisation des mathématiques pour décrire les phénomènes physiques a été, et est toujours, un des moteurs les plus puissants de l'accroissement de nos connaissances ! Les théories physiques font des prédictions ce qui représente une force indéniable. Les sauts intellectuels que nous ont fait franchir Descartes, Lagrange ou Poincaré, pour ne citer que quelques illustres savants français, sont incommensurables. Cette longue tradition de physique mathématique fait que les programmes de physique de l'enseignement supérieur en France reposent sur des compétences théoriques et des techniques calculatoires fortes.

Faut-il pour autant négliger l'approche expérimentale ? Non, certainement pas. Les expériences permettent de cadrer notre description de la nature, elles sont à la base de notre vision du monde physique. L'autre moteur le plus puissant de l'accroissement de nos connaissances correspond aux découvertes expérimentales inattendues ! L'apprentissage des méthodes expérimentales est tout aussi important que celui des méthodes théoriques, cependant le support livre n'est pas adapté pour cela, il faut avoir recours à des manipulations que l'on effectue dans des salles de travaux pratiques... Raison pour laquelle nous ne parlerons que très peu des aspects expérimentaux dans cet ouvrage.

La transition secondaire-supérieur pose donc des problèmes de plus en plus difficiles que ce livre tente d'amoinrir. Il a été rédigé dans le cadre de la mise en place d'une nouvelle méthode pédagogique reposant sur les concepts

d'« apprentissage par problèmes » et d'« apprentissage par les pairs ». Ces aspects sont détaillés dans la partie suivante *Comment exploiter ce livre ?*

En résumé, cet ouvrage expose les aspects les plus fondamentaux d'un cours de mécanique et insiste sur les techniques de résolution des problèmes de physique. Afin d'initier les nouveaux étudiants à ces différentes méthodes une grande partie du livre est rédigée sous la forme d'« exercices de cours » où la résolution des questions posées est grandement détaillée. L'objectif principal de ce manuel est de remplacer le cours magistral réalisé traditionnellement par les enseignants, qui avec le temps est devenu un des meilleurs anesthésiants pour étudiants et une des sources de la dépression des professeurs... Ce livre veut développer la plus grande autonomie possible des étudiants dans l'analyse et la résolution des problèmes de physique.

Contact

Cher lecteur, je vous remercie par avance de me faire part de vos commentaires et suggestions sur le contenu de cet ouvrage en me contactant directement à l'adresse suivante : Jean-Marc.Virey@univ-amu.fr

Remerciements

Ce livre n'aurait jamais vu le jour sans mes collègues enseignants chercheurs de l'université d'Aix Marseille. Il est clair que de nombreux exercices ne sont pas originaux et ont été empruntés à la multitude de fascicules d'exercices rédigés par les générations d'équipes pédagogiques qui se sont succédé dans l'enseignement de la mécanique. Je tiens à remercier ceux qui auront un sourire en reconnaissant un de leurs énoncés dans la liste des exercices qui sont proposés.

Un grand merci aux étudiants ayant suivi mes enseignements et enrichi mon expérience, ainsi qu'aux enseignants des UE Physique1, Physique2 et Physique newtonienne, qui m'ont entouré pendant plusieurs années et fourni les commentaires indispensables dont ce livre bénéficie. Je salue les travaux et l'engagement de Nathaniel Lasry (John Abbott College, Canada), des enseignants de l'Université de Louvain (Belgique) et de l'INSA Toulouse, dans la mise en place de pédagogies actives pour la physique. Je remercie aussi les collègues qui ont joué un rôle plus ou moins important dans l'élaboration de ma vision des mondes physique et éducatif. Voici leurs noms : Simona Bodéa, Régis Bisson, Gwenn Boedec, Mickaël Bosco, Thierry Chave, Éric Salomon, Christian Marinoni, Gaëtan Hagel, Olivier Morizot, Laurent Raymond, Daniel Garnier, Laurence Chérigier-Kovacic, Chérifa Abid, Fabienne Bruny, Anne Ealet, Madeleine Sirugue-Collin, Charling Tao, Alain Bonissent, Claude Bourelly, Dominique Fouchez, Bruno Iochum, Sebastian Linden, Thomas Schücker, Jacques Soffer, Pierre Taxil, André Tilquin et Erden Tuğcu.

Les mots ne sont pas assez forts pour exprimer ma gratitude à ma famille qui m'a soutenu dans ce projet et en particulier à mes parents, Danièle et Pierre, pour leur aide précieuse, et à mes enfants, Angèle et Marius, pour leur gentillesse durant mes longues phases studieuses et qui un jour prochain liront peut-être ce livre.

Comment exploiter ce livre ?

La première chose à réaliser est que l'étude de la mécanique permet de comprendre un grand nombre de phénomènes courants, mais qu'elle est surtout à la base de la compréhension de tous les autres domaines de la physique. Si vous négligez votre compréhension de la mécanique préparez-vous alors à avoir de sérieuses difficultés dans vos autres cours de physique...

Ce livre, ou plutôt ce « manuel d'initiation », a pour objectif que les étudiants développent en toute autonomie les connaissances et les compétences associées à l'étude de la mécanique, nécessaires à la compréhension des phénomènes physiques. La nouvelle méthode pédagogique associée à cet ouvrage, détaillée dans la section suivante, comporte une première phase de travail individuel où la bonne exploitation des contenus de ce livre est indispensable. L'initiation peut se décomposer en cinq phases distinctes :

- 1) Lecture et analyse des objectifs d'apprentissage.
- 2) Lecture du manuel et initiation à la résolution de problème.
- 3) Reprise des exercices de cours.
- 4) Entraînement à résoudre des exercices et des problèmes.
- 5) Vérification des acquis.

Cependant, nous avons choisi de vous fournir un document assez complet, ainsi certaines parties vous sembleront difficiles en première lecture et ne sont pas exigibles comme connaissances de première année, mais vous en aurez besoin les années suivantes. Nous espérons que ce livre vous sera utile pendant toutes vos études et non pour votre première année uniquement. Ci-dessous, nous détaillons les cinq phases qu'il vous faut suivre pour que votre formation en mécanique soit du plus haut niveau.

Phase 1 – Lecture et analyse des objectifs d'apprentissage

Chaque chapitre commence par une liste des objectifs d'apprentissage qui se décomposent en connaissances et en compétences. Prenez le temps de les lire et de distinguer ce qui est connu de ce qui ne l'est pas. Lorsque les notions mentionnées ne vous sont pas étrangères, faites un effort de mémoire pour clarifier dans votre esprit ce qui est maîtrisé et ce qui est obscur, à la fois au niveau des concepts physiques que des techniques mathématiques. Cette phase est la plus rapide mais ne doit pas être négligée.

Phase 2 – Lecture du manuel et initiation à la résolution de problème

Pendant cette phase de lecture, vous devez vous demander en permanence si vous comprenez ce qui est écrit. Le cours expose les points essentiels à connaître avec un développement des idées les plus fondamentales que vous retrouverez, peut être, dans la suite de vos études, ainsi que les démonstrations des résultats et des théorèmes de base. Des exercices, particulièrement importants pour la compréhension du cours et pour développer votre aptitude à la résolution des exercices et des problèmes, sont fournis avec énoncés et solutions détaillées. En fait, des pans entiers d'un cours traditionnel sont rédigés, dans ce livre, sous

la forme d'exercices de cours afin de vous permettre d'identifier aisément les connaissances et compétences que l'on exige de vous.

Néanmoins, la lecture directe de certains chapitres pourra vous sembler trop abstraite et/ou trop technique. En effet, pour ne pas alourdir le cours de trop de textes et afin d'insister sur l'initiation à la résolution des problèmes, nous n'avons pas répété les longues introductions pédagogiques aux différents concepts physiques que l'on peut trouver dans de nombreux ouvrages. Ainsi, **avant d'étudier chaque chapitre nous vous conseillons fortement la lecture de certains chapitres ou sections de chapitre d'un autre livre pris comme « ouvrage de base »**. Les réflexions menées durant la phase 1 de prise de conscience des objectifs d'apprentissage, doivent vous guider sur la nécessité d'utiliser le livre de base ou non. **Si vous choisissez de ne pas étudier préalablement le livre de base mais que vous constatez que les exercices de cours sont trop durs, arrêtez la lecture de ce manuel et plongez-vous dans le livre de base !** Bien-entendu une simple lecture ne suffit pas, il faut essayer de comprendre et aussi être capable de faire les exercices d'applications (relativement faciles) donnés dans le livre de base.

L'ouvrage de base que nous préconisons est le livre en langue anglaise « **University physics plus modern physics** » de **H.D. Young, R.A. Freedman et A.L. Ford** (Éditeur : Pearson). Ce livre (noté YF dans la suite) couvre l'ensemble du programme des deux années de classe préparatoire et des trois années de licence. On vous conseille donc l'achat de ce livre pour l'ensemble de votre cursus en physique. Ne soyez pas effrayé par le fait qu'il soit écrit en anglais, vous verrez que l'anglais scientifique s'apprend rapidement et que cet effort sera d'un grand intérêt pour votre poursuite d'étude. Nous avons choisi ce livre pour ses grandes qualités pédagogiques.

Pour les réfractaires, nous conseillons le livre (en français) « Physique » de E. Hecht (Éditeur : De Boeck). Ce livre couvre aussi l'ensemble du programme de votre cursus en physique. Nous le mettons en second choix car il possède moins d'exercices d'applications avec solutions sans explications.

Ces deux livres offrent de bonnes introductions aux concepts et aux méthodes de calculs élémentaires. Cependant, les programmes français de licence et des classes préparatoires vont, en terme de compétences, bien au-delà de ce qui est présenté dans ces livres. Ils ne sont pas suffisant pour vous garantir le succès à vos examens et concours. C'est une des raisons principales qui a motivé la rédaction du présent ouvrage.

Phase 3 – Reprise des exercices de cours

Vous venez de finir la lecture du chapitre et vous avez compris l'essentiel de l'exposé, les connaissances sont en bonne voie d'acquisition. À présent, il faut s'attaquer au développement des compétences. **Lire et comprendre ne suffit pas pour apprendre et mémoriser, il faut s'exercer.** Une grande partie du manuel est rédigée sous la forme d'exercices de cours afin de vous permettre de voir si vous avez acquis les compétences techniques nécessaires à la résolution des problèmes de physique.

Il est indispensable que vous repreniez les énoncés de tous les

exercices de cours et que vous essayiez de les faire *sans regarder les solutions*. Cette phase est primordiale pour commencer à acquérir les compétences mentionnées en début de chapitre.

Les exercices de cours doivent être parfaitement maîtrisés

Phase 4 – Entraînement à résoudre des exercices et des problèmes

Après la phase précédente, les compétences sont en cours d'acquisition mais pour les forger dans votre esprit, rien de mieux que l'entraînement. À la fin de chaque chapitre, excepté le premier, vous trouverez une liste d'exercices à effectuer pour parfaire votre formation. Les exercices suivent l'avancement des idées du cours et sont triés par ordre de difficulté croissante. Certains exercices de difficulté modeste sont considérés comme des exercices d'entraînement afin d'évaluer vos aptitudes.

Si vous n'arrivez pas à les faire, travaillez plus, travaillez les avec des camarades et posez-vous des questions sur vous ! Analyser en profondeur votre méthode de travail, vos motivations, vos aptitudes... Prenez le livre de base et effectuez les exercices d'applications qui sont relativement faciles et dont les corrections sont grandement détaillées.

Viennent ensuite des exercices plus difficiles, de véritables problèmes, dont la résolution sera une preuve de votre maîtrise des concepts du cours et des techniques de calculs.

Phase 5 – Vérification des acquis

Vous avez bien travaillé et vous voulez passer au chapitre suivant. Cependant, avant de le faire, il est important de revenir à la liste des objectifs d'apprentissage donnés en début de chapitre. Vérifiez que les connaissances et compétences sont acquises. S'il reste des zones d'ombre reprenez vos efforts là où il le faut, s'il n'y en a pas, passez à la suite en étant fier du travail accompli.

Site web compagnon

Des informations et du matériel complémentaires aux contenus de ce livre peuvent être trouvés sur la page enseignement du site web de l'auteur :
<http://www.cpt.univ-mrs.fr/~virey/ens.php>

Bibliographie

Nous complétons cette partie par une courte bibliographie en précisant des livres intéressants qui ont servi de support à la rédaction du présent manuel :

- Le cours de Physique de Feynman (<http://www.feynmanlectures.caltech.edu/>)
- Introduction à la mécanique, M. Le Bellac, (DIA)
- Cours de Physique de Berkeley (Dunod)
- L'univers mécanique, L. Valentin (Hermann)
- H Prépa : Physique 1ère année MPSI-PCSI-PTSI : Exercices & Problèmes, J.-M. Brébec, T. Desmarais, M. Ménétrier et B. Noel (Hachette)
- Physique générale de M. Alonso et E.J. Finn (Dunod)

Méthode pédagogique associée à ce manuel

L'objectif de ce manuel est de remplacer les cours magistraux afin de favoriser le développement de votre autonomie dans l'analyse et la résolution des problèmes de physique.

Depuis les années 1990-2000 de nouvelles méthodes pédagogiques pour l'enseignement de la physique ont vu le jour en Amérique du nord et en Europe. En particulier, les méthodes d'« apprentissage par problèmes » et d'« apprentissage par les pairs », reposent sur la notion de travail en groupe pour un meilleur apprentissage personnel.

Le travail est organisé sous la forme d'une alternance avec, d'une part, des séances en petits groupes (5 à 7 étudiants encadrés par un enseignant-tuteur qui stimule sans diriger mais dont les objectifs sont précis), et d'autre part, des périodes de travail individuel (étude des cours, réalisation des exercices de cours, d'application et d'entraînement).

Le travail en groupe conduit à une amélioration de l'apprentissage de chaque individu grâce à plusieurs facteurs. L'émulation due au groupe amène à une meilleure préparation du sujet et à une responsabilisation vis à vis des autres membres. La confrontation avec des points de vue différents fournit une meilleure compréhension des problèmes, et dirige le groupe, en général, vers la meilleure solution. Le bon fonctionnement du groupe implique la nécessité d'explicitier sa pensée et de la communiquer à d'autres.

Par ailleurs, cette approche requiert et développe des compétences génériques : communication, raisonnement critique, approche logique et analytique d'un problème, prise de décision, auto-évaluation, travail de collaboration, résolution de conflits...

Afin d'optimiser le fonctionnement du groupe, il est important que chaque membre ait un rôle actif et particulier mais ceci est une autre histoire qui ne concerne pas le cœur du présent manuel. Pour plus d'informations sur ces formes d'apprentissages nous conseillons la lecture du guide des APP réalisé par des enseignants de l'université de Louvain et de l'INSA de Toulouse (http://enseignants.insa-toulouse.fr/fr/L_app/le_guide_app.html), voir aussi le site du CCDMD (Centre Collegial de Développement de Matériel Didactique) au Canada (<http://pbl.ccdmd.qc.ca/fr/>).

Stratégie de résolution d'un problème

Obtenir la solution d'un problème n'est pas forcément une chose aisée en physique. Il y a cependant quelques étapes indispensables à respecter si on veut obtenir un résultat et avoir confiance en lui. La stratégie de résolution d'un problème de physique peut être résumée en quatre étapes essentielles :

1) Lire et analyser le problème

Tout en lisant l'énoncé du problème dans son intégralité, identifier les concepts physiques mis en jeu, le cadre de l'étude et ses approximations. Mesurer ce qui peut être fait sans difficulté et ce qui va demander du travail. Si possible, essayer d'avoir une vision du problème et une intuition de la solution.

2) Poser le problème

On commence à rentrer dans le cœur du problème et pour cela il faut fixer ses idées et les notations qu'on va utiliser. En général, la première chose que l'on doit faire c'est un schéma de la situation. On représente le système physique à un instant quelconque, mais on indique aussi les positions particulières s'il y en a (position d'équilibre, extremums...), les forces mise en jeu, les contraintes... On définit le système de coordonnées et l'ensemble des symboles qui sont donnés par l'énoncé et que l'on va utiliser par la suite. Si le problème est à trois dimensions, on évite les dessins en perspectives et on fait autant de plans de coupe que nécessaires. On distingue bien, au moins dans son esprit, les paramètres et les variables.

3) Résoudre le problème

C'est la partie mathématique proprement dite. Appliquée à la physique, ce sont des techniques à apprendre avec leurs lots de trucs et astuces à mémoriser. Rien de bien sorcier mais qui nécessite du travail et encore du travail pour mémoriser ces concepts abstraits.

4) Évaluer le résultat

C'est l'« art » du physicien ! Certains vont trouver cette étape naturelle (et ont en fait déjà le résultat à partir de l'étape 1), et pour d'autres c'est l'étape la plus dure voire impossible. En général, de la simple logique et un bon esprit critique suffisent. Cependant, un outil très puissant et spécifique à la physique va nous être d'une grande utilité : c'est le raisonnement dimensionnel. En effet, les quantités physiques ont une dimension qui s'exprime dans un système d'unités, et le jeu entre ces grandeurs permet de vérifier la validité d'une formule. Les ordres de grandeurs permettent de vérifier la valeur numérique d'un résultat.

Ces quatre étapes sont toutes aussi importantes, autant l'une que les autres. C'est le temps qu'on y passe qui diffère grandement selon le problème posé. On a tendance à négliger les deux premières étapes au profit de la troisième, et seuls les bons physiciens ont conscience de la dernière ! Insistons sur le fait que plus on passe de temps sur les deux premières étapes, plus la troisième est rapide. Quand vous ne savez pas par quel bout attaquer un problème c'est que vous êtes en train d'oublier la première étape... Quant à la quatrième étape qui ne vous est pas familière, elle ne nécessite aucune technique mathématique excepté le jeu des puissances (c-à-d savoir manipuler des exposants), et donc nous allons commencer par là, c'est le sujet du premier chapitre.

Déroulement des séances

Avant chaque séance vous devez fournir 2 à 5 heures de travail personnel. Nous vous demandons de suivre les 4 étapes suivantes :

- **Lecture des sections du livre de référence concernés par la séance,**
- **savoir faire les exercices d'applications donnés dans le livre de référence,**
- **lecture du cours photocopié et compréhension des exercices de cours,**
- **préparation des exercices d'entraînement.**

Les deux dernières étapes sont les plus dures et si vous avez trop de difficultés nous vous conseillons de reprendre les deux premières étapes.

Formuler vos questions par email ou en arrivant en classe avant le début de séance, afin que votre enseignant décide du moment opportun et de la manière adéquate pour y répondre.

En début de séance, un test de compréhension (10-15 minutes) est réalisé individuellement sur le travail personnel. La séance sera adaptée en fonction des résultats de la classe. Toute absence de travail sera sanctionnée.

Pendant la séance, vous serez répartis en 4-5 groupes de travail (4 à 7 étudiants/groupe).

- Phase 1 : Test de compréhension (10-20 minutes). A la fin de cette phase, selon les résultats, l'enseignant donne, ou non, les réponses du test.
- Phase 2 : Étude au sein de chaque groupe des exercices de TD (1h20-1h40). Ces exercices sont d'une difficulté supérieure à ceux d'applications du livre de référence. Ils pourront être résolus grâce à la compréhension des exercices de cours. En général, la correction ne sera pas fournie mais l'enseignant vous guidera vers le bon chemin.
- Phase 3 : Test de synthèse (10-20 minutes) sur ce qui sera traité pendant la séance. Ce test peut prendre la forme d'un QCM, d'un oral ou d'une interrogation écrite. Si le travail réalisé par les groupes est satisfaisant, l'enseignant pourra décider de supprimer ce test.

En fin de séance (5 minutes) l'enseignant fait les bilans du travail réalisé et du travail à faire pour la séance suivante.

En fin de semestre votre enseignant vous assignera une "note de TD" prenant en compte votre comportement individuel et vos résultats aux différents tests. Cette note entrera, avec un poids important, dans le calcul de votre note de contrôle continu.

La présence est obligatoire, toute absence non justifiée sera sanctionnée. On attend de vous une attitude sérieuse et responsable, accompagnée d'un travail continu. Nous sommes à votre disposition et à votre écoute pour tout problème particulier. Ne restez pas seul dans votre coin !

Conseils pour le travail en groupe

• Généralités

- Le travail est organisé sous la forme d'une alternance :
 - * séance de TD en petits groupes, encadrée par un enseignant-tuteur qui stimule sans diriger, mais dont les objectifs sont précis,
 - * période de travail autonome (de préférence individuel, en groupe si nécessaire).
- Le travail en groupes pendant les séances de TD vise à favoriser votre **apprentissage individuel de la matière** hors des séances.
- Le travail en groupe conduit à une amélioration de l'apprentissage de chaque individu par :
 - * une meilleure préparation de cet apprentissage
 - * la confrontation avec des points de vue différents
 - * l'émulation due au groupe
 - * la nécessité d'explicitier sa pensée et de la communiquer à d'autres
- Cette approche requiert et développe des compétences génériques : communication, raisonnement critique, approche logique et analytique d'un problème, prise de décision, autoévaluation, travail de collaboration, résolution de conflits.

• Les rôles dans le groupe :

Afin d'optimiser le fonctionnement du groupe, il est important que chaque membre ait un rôle particulier. Les rôles doivent être échangés d'une séance à l'autre. Bien entendu chaque membre participe à la résolution du problème et aux questions soulevées.

- L'Animateur :

- * S'assure que l'équipe suit les étapes prévues.
- * Anime les rencontres et la discussion : distribue la parole, suscite/sollicite la participation ou modère les interventions ; amène l'équipe à clarifier les idées développées ; réalise des synthèses.
- * Crée un climat où tous sont invités à participer : S'assure que tout le monde a la chance de s'exprimer ; Motive les silencieux à faire valoir leurs idées et opinions.

- Le Scribe :

- * Note au tableau l'essentiel des échanges (support et mémoire de la discussion de l'équipe).
- * Résume et fait la synthèse des informations pour aider l'animateur.
- * Organise le tableau en fonction des étapes (de manière à garder la trace de toute la réflexion : ne pas effacer).

- **L'Intendant - Gardien du temps :**

* Veille à la logistique (marqueurs, papiers, documents, agencement des tables ...).

* S'assure du respect du timing pour chaque étape et du timing général.

* Informe l'équipe régulièrement (ex : il nous reste 10 minutes pour cette étape).

* S'assure que le travail progresse et que l'équipe n'accumule pas de retard.

- **Le Secrétaire :**

* Garde une trace écrite et complète de la production finale de l'équipe.

* Transmet cette trace à tous les membres de l'équipe et au tuteur (via des photocopies de ses notes si elles sont propres, soit via un email le soir même de la séance).

- **Les Participants - Évaluateurs :**

* Aident les personnes assignées aux rôles précédents si nécessaire.

* Veillent au bon déroulement de la dynamique de groupe.

* Réalisent les analyses dimensionnelles des résultats et leurs applications numériques.

* Évaluent les résultats.

• **Tâches (Phase 2 de la séance, durée totale 1h20 à 1h40)**

1) (1-2 min) : Organiser le groupe (distribution des rôles).

2) (1-5 min) : Prendre connaissance du problème.

3) (5 min) : Comprendre et clarifier le problème.

4) (20-30 min¹) : Établir ensemble des pistes pour traiter le problème :

* Faire le point sur ce que le groupe connaît (et ne connaît pas)

* Peut-on établir des analogies avec des problèmes connus ?

* Établir une liste d'hypothèses en vue de simplifier le problème.

* Résoudre le problème si vous avez tous les outils en main, sinon réaliser les étapes suivantes :

5) Préciser les objectifs d'apprentissage : Que faut-il (ré-)apprendre pour traiter le problème ? Quelles parties du cours sont concernées ?

6) Établir un plan d'action : Déterminer les informations à recueillir pour valider la solution, et dresser la liste des tâches à accomplir avant la prochaine séance.

7) (1-5 min) : Évaluer la solution.

8) (5 min) : Faire le bilan du travail en groupe.

Réitérer les étapes 2-7 pour chaque problème à traiter dans la même séance

1. Ce temps imparti dépend de la difficulté du problème à résoudre, et sera précisé au cas par cas par votre enseignant.

Modalités du contrôle des connaissances

La note finale de l'UE (NF1) est calculée à partir des notes suivantes :

- Une note de TD (NTD) déterminée par votre enseignant de Cours/TD sur la base de vos résultats aux diverses évaluations réalisées en séances, sur participation à la dynamique des groupes de travail et sur votre comportement.
- Deux notes de devoirs surveillés (NDS1, NDS2) réalisés pendant le semestre, portant sur la mécanique et l'optique géométrique, d'une durée de 1h30-2h.
- Une note d'examen (NE1) réalisé à la fin du semestre, portant sur la mécanique et l'optique géométrique, d'une durée de 3h.
- Une note de TP (NTP) basée sur les exercices préparatoires aux séances de TP et sur les compte-rendus des séances de TP.

La note de contrôle continu et examen (NCCE) sera calculée de la manière suivante : $NCCE = (NTD + NDS1 + NDS2 + 2 * NE1) / 5$

La note finale de l'UE sera calculée comme suit :

$$NF1 = 0,2 * NTP + 0,8 * NCCE$$

Les étudiants ayant échoué lors de la première session ($NF1 < 10$), passeront un examen écrit de deuxième session (NE2) et la note finale de seconde session (NF2) sera calculée de la façon suivante : $NF2 = 0,2 * NTP + 0,8 * NE2$

Remarques (très importantes) :

- 1 absence à un des deux DS implique une note nulle au DS concerné ($NDS_i = 0$).
- absence justifiée ou injustifiée à l'examen final = seconde session
- 2 absences justifiées et/ou injustifiées aux DS = seconde session
- Les TP sont obligatoires pour les deux sessions. Il n'y a pas de rattrapage de TP.

Apprentissage par le service :

Le service citoyen est une action fort utile pour la société et particulièrement enrichissante pour les individus qui le pratique. Pendant votre cursus scolaire vous pouvez faire du bénévolat en faveur des personnes qui en ont le plus besoin. L'AFEV (Association de la Fondation Etudiante pour la Ville), <http://www.afev.fr/>, vous propose de multiples activités bénévoles.

Les responsables de votre formation et de cette unité d'enseignement vous conseillent fortement de prendre contact avec cette association et, en particulier, de mettre en place une action régulière de "soutien scolaire". Vous pourrez ainsi mettre au service des enfants les plus défavorisés vos connaissances afin de leur donner une meilleure chance de réussite dans la vie, et cela vous apportera de la confiance en vous, une forte maturité, le sens des responsabilités, une expérience d'enseignement ... un ensemble de qualités qui favoriseront votre propre réussite !

Ceux qui parmi vous donneront 1 heure de soutien scolaire hebdomadaire pendant le semestre, à travers l'AFEV, bénéficieront d'un **bonus de 1 point à la moyenne générale** de cette UE.