

Bagage pour les futurs scientifiques

groupe Enseignement des sciences au lycée

Document de travail

Mots clé

- démarche scientifique
- argumentation scientifique

qui s'appuient sur les éléments de contenu

Vers un programme de mathématiques pour les futurs scientifiques

Les mathématiques expliquent le monde, le transforment et nous apprennent à raisonner. Elles sont présentes dans la plupart des domaines de l'activité humaine et interagissent avec les autres disciplines (physique, informatique, biologie, économie, sciences sociales ...) pour traiter des problèmes du réel en les modélisant. L'essor des technologies numériques a amplifié ces échanges. Les mathématiques ne cessent d'évoluer, de s'enrichir en jetant des passerelles entre les différents domaines ; elles sont vivantes, utiles et fascinantes. Elles sont au cœur de méthodes d'analyse des données massives et d'intelligence artificielle.

Pour accompagner ces évolutions, le futur scientifique doit maîtriser un ensemble de connaissances mathématiques solide et cohérent.

La nature cumulative des mathématiques justifie pleinement les révisions qui sont évoquées ci-dessous

Il nous a semblé pertinent de regrouper ces connaissances selon la nature et les objectifs des activités mathématiques où elles interviennent.

1. Acquérir des bases pour chercher, raisonner et démontrer

Le raisonnement est le fondement des mathématiques. Avec le calcul, il se retrouve dans tous les domaines des mathématiques. Il est donc indispensable qu'une grande part de l'enseignement leur soit consacrée. Le calcul a une double fonction : son automatisation permet de soulager la pensée et sa pratique réfléchie développe des stratégies d'analyse. L'utilisation du calcul nécessite donc un langage précis et des raisonnements rigoureux, sans lesquels il est impossible de faire des mathématiques. Un enseignement minimal du langage, des notions ensemblistes et des bases de logique en découle.

- Logique (proposition, variable, connecteurs, quantificateurs, types de raisonnement, ...).
- Langage et opérations ensemblistes, application, bijection, ensembles infinis

- Différents ensembles de nombres (entiers naturels et récurrence, entiers relatifs, décimaux, rationnels, réels, complexes).
- Arithmétique (base numérique, divisibilité, nombre premier, congruence, équation diophantienne, ...).
- Graphes.
- Algorithmique (voir l'actuel programme de seconde de maths qui développe cet aspect algorithmique et programmation).

2. Calculer, mesurer, estimer, approcher

Comprendre des phénomènes de la nature, les analyser, les représenter : c'est le but de la modélisation mathématique. Elle fait intervenir des calculs exacts ou approchés, des mesures, des résolutions d'équations, du traitement de données, des estimations, des algorithmes, ...

- Analyse combinatoire (dénombrement, permutation, arrangement et combinaison).
- Approximation et ordre de grandeur et organisation des calculs.
- Calcul algébrique, calcul matriciel.
- Équations, inéquations, systèmes.
- Calcul intégral (aire, moyenne, volumes, problèmes d'accumulation, ...).
- Exemples d'algorithmes.
- Statistiques descriptives dans le cadre de séries à une et à deux variables.
- Lois de probabilité discrètes, variables aléatoires.
- Intervalles de fluctuation : à prévoir dans l'enseignement scientifique du tronc commun de première et terminale (en trouvant une présentation satisfaisante).

3. Étudier des dépendances

Un grand pan des mathématiques et des sciences en général est consacré à l'étude des dépendances entre grandeurs. Les mathématiques donnent des outils pour cette étude qui commencent avec la proportionnalité et qui se terminent, au niveau qui nous concerne, avec des fonctions de référence. Il s'agit là de donner aux élèves un bagage minimum pour pouvoir décrire un phénomène, étudier les dépendances entre grandeurs, leurs variations, leurs évolutions et leurs tendances.

- Proportionnalité et linéarité.
- Fonctions (opérations algébriques, variations, composition, fonction réciproque).
- Fonctions usuelles (polynômes et rationnelles, trigonométriques, puissances, logarithmes, exponentielles).
- Limites, dérivées, comportement asymptotique, croissances comparées ; .
- Suites (opérations algébriques, variations, convergence).
- Équations différentielles.

4. Représenter l'espace, repérer, construire, déduire.

La géométrie est liée à la compréhension du monde physique. Elle joue naturellement un rôle essentiel pour la modélisation de l'espace. Mais bien au-delà, la géométrie, c'est aussi un mode de pensée omniprésent dans tous les secteurs des mathématiques, même ceux qui en paraissent très éloignés. Elle est également un terrain idéal, même si ce n'est pas le seul (combinatoire, arithmétique, graphes ...), pour apprendre à raisonner, à faire des démonstrations. Elle est l'essence de tous les problèmes de mécanique statique.

- Géométrie euclidienne dans le plan et l'espace (configurations, transformations, ...).
- Vecteurs, barycentre, produit scalaire, produit vectoriel.
- Géométrie repérée.
- Nombres complexes.

En seconde

1. Acquérir des bases pour chercher, raisonner et démontrer

- Logique : (sans faire un cours...) notion de proposition (énoncé mathématique cohérent), variable booléenne et valeur de vérité, notion de négation, "et", "ou", d'implication, de réciproque, de contraposée, utilisation concrète de fonctions booléennes. ([liens avec l'informatique](#))

- Ensembles de nombres : entiers naturels, entiers relatifs, décimaux, rationnels, réels et relations entre eux. Relation d'ordre dans l'ensemble des réels. ([liens avec l'informatique : notion de type](#))

- Arithmétique :

Révision : divisibilité, division euclidienne, pgcd, nombres premiers entre eux

Nombres premiers , décomposition

Application : calcul sur les fractions (écrire des programmes pour déterminer le quotient et le reste de la division de deux entiers, les diviseurs d'un entier, si un entier est premier) ([liens avec l'informatique : algorithmes](#))

2. Calculer, mesurer, estimer, approcher

- Notion d'ensembles et d'analyse combinatoire, exemples, cardinal d'un produit cartésien ([liens avec l'informatique : calcul élémentaire de complexité en temps d'algorithmes](#))

- Proportionnalité, taux d'évolution

- Approximation et ordre de grandeur, utilisation raisonnée de la calculatrice, utilisation des puissances de 10 ([liens avec l'informatique \[représentation en machine des nombres\] et la physique](#))

- Calculs algébriques : développement, factorisation (identités remarquables)

- Équations du premier degré, inéquations du premier degré, systèmes de deux équations à deux inconnues du premier degré, interprétations graphiques. ([liens avec la physique](#))

- Révision des calculs d'aires usuelles (rectangle, triangle, disque...)

- Statistiques descriptives à une variable (à deux variables ?) ([liens avec les SVT](#))

- Probabilités (arbre , tableau)

3. Étudier des dépendances

- Proportionnalité et linéarité : fonction linéaire, fonction affine, analyse de graphiques

- Fonctions : fonction « carré », étude graphique, lecture graphique ([liens avec la physique](#))

4. Représenter l'espace, repérer, construire, déduire.

- Vecteurs ([si nécessaires en Physique](#)),
- Trigonométrie dans le triangle rectangle
- Géométrie plane repérée, équation de droites ([liens avec la physique](#))
- Géométrie dans l'espace : règles d'incidence, position relative de droites et plans

En première (enseignement de spécialité)

1. Acquérir des bases pour chercher, raisonner et démontrer

- Logique : implication, récurrence, quantificateurs ([liens avec l'informatique](#))
- Langage et opérations ensemblistes (produit cartésien, réunion, intersection), lien avec les fonctions booléennes ([lien avec les probabilités](#), [liens avec l'informatique](#))
- Graphes (début : modélisation de situations avec introduction des premières définitions de base) ([liens avec l'informatique](#))

2. Calculer, mesurer, estimer, approcher

- Analyse combinatoire : factorielle, coefficients binomiaux ([liens avec les probabilités](#))
- Calculs algébriques : équation du second degré (avec interprétation graphique)
- Inégalités, encadrements
- Probabilités finies : lois et variables aléatoires discrètes (niveau descriptif) ; moyenne dans le cas pondéré ou non, histogramme, histogramme cumulé, loi de probabilité et fonction de répartition ; conditionnement graphique, application à des problèmes d'optimisation.
- Suites : opérations algébriques, variations, suite arithmétique, somme des premiers termes, suite géométrique, limite d'une suite géométrique, somme des premiers termes.

3. Étudier des dépendances

- Fonctions usuelles : inverse, polynômes et rationnelles, fonction racine carrée, fonction valeur absolue...
- Fonctions : opérations algébriques, variation, dérivation, limites, représentation

4. Représenter l'espace, repérer, construire, déduire.

- Géométrie euclidienne dans le plan : révisions, étude des transformations (rappel de collège)
- Barycentres, ([lien avec les probabilités](#)) ([liens avec la physique](#))
- Géométrie dans l'espace : vecteurs, points coplanaires

En terminale

-maths spécialité

1. Acquérir des bases pour chercher, raisonner et démontrer

- Logique : contraposée, raisonnement par l'absurde
- Applications, bijections
- Graphes : actuel programme de spécialité mathématiques de ES (graphes probabilistes & lien avec les matrices)

2. Calculer, mesurer, estimer, approcher

- Calculs algébriques : notion d'équation algébrique, polynômes, factorisation par $(x-a)$
- Calcul matriciel, matrices 2×2 , 3×3 , $n \times n$, produit de matrices (lien avec les graphes)
- Méthode du pivot (algorithme), application aux systèmes linéaires (lien avec la géométrie : intersection de droites, de plans ..) (liens avec l'informatique)
- Probabilités : espérance, variance, loi binomiale, exemples de loi à densité (exponentielle, puissance).

3. Étudier des dépendances

- Suites : monotonie, convergence (ou non) des suites monotones, suites adjacentes
- Fonctions : composition, dérivée d'une composée
- Fonctions usuelles : puissances, logarithmes, exponentielles,
- Calcul intégral : interprétation géométrique, lien avec les primitives, intégration par partie, valeur moyenne d'une fonction, application à des calculs de volumes simples, calculs approchés (méthode des rectangles) , théorème fondamental : la dérivée d'une primitive est la fonction de départ.
(liens avec les probabilités, liens avec l'économie, liens avec l'informatique)
- Équations différentielles, $y' = ay + b$ (liens avec la physique)

4. Représenter l'espace, repérer, construire, déduire.

- Angle orienté, trigonométrie
- Produit scalaire dans le plan et dans l'espace (liens avec la physique)
- Géométrie euclidienne, orthogonalité (équation de plans, représentations paramétriques de droites et plan, distance d'un point à un plan, produit vectoriel ...)
(liens avec la physique)

-maths expertes

1. Acquérir des bases pour chercher, raisonner et démontrer

- Arithmétique : algorithme d'Euclide (révision) et applications + actuel
programme de spécialité mathématiques de S ([liens avec l'informatique](#))

3. Étudier des dépendances

- Fonctions : fonction réciproque en particulier \ln et Arctan , valeur moyenne, croissance comparée des fonctions usuelles.
- Équations différentielles, $y''=ay$ ([liens avec la physique](#))

4. Représenter l'espace, repérer, construire, déduire.

- Complexes : propriétés algébriques, module, argument, interprétation géométrique, similitude, rotation
- Lieux géométriques
- Configurations transformations

-maths complémentaires

Dans l'état actuel des choses, il n'est pas utile de rédiger quoi que ce soit pour cet enseignement, dont on ne connaît ni le public attendu, ni le but, ni les enseignements qui pourraient lui être associés.

Informatique

Représentation de l'information

Représenter un symbole ou une valeur par une suite de bits.

Représentation des nombres — bases courantes en informatique (binaire, hexadécimale), représentation des entiers (signés), des nombres flottants

Codage — des textes (du morse à l'UTF-8 en passant par l'ASCII), des images (bitmaps, vectoriels), des sons.

Notion de détection et correction d'erreurs (bits de parité, exemple du jeu de cartes)

Numérisation — d'un paramètre du monde physique, échantillonnage, quantification, encodage (lien avec la Physique)

Base de données

Modèle relationnel — notion de relation (table), opérateurs de sélection, ensemblistes (union, intersection, différence), projection

Base de données relationnelle — clé primaire, produit cartésien, jointure

Architecture logicielle — SGBD, séparation entre base de données et traitement de l'information, interrogation d'une base de données, modèle client/serveur vs architecture trois-tiers

Web, vers le Web sémantique — moteur de recherche, interrogation par mots-clés, structuration de l'information (du HTML au XML et RDF, par exemple)

Algorithmique et structure de données

Buts : savoir modéliser un problème élémentaire, choisir une structure de données adaptée et écrire un algorithme pour le résoudre, évaluer les ressources en temps et en espace (complexité) et savoir comparer plusieurs algorithmes du point de vue de la complexité (plusieurs algorithmes sont possibles pour résoudre un problème et plusieurs programmes pour implémenter un algorithme). Pour chaque famille d'algorithme introduits, on s'intéressera à la complexité.

Notions :

Coût d'un algorithme en temps et en espace — coût (nombres d'opérations en fonction de la taille des données), calcul du coût des structures de contrôle (séquence, alternative, boucle). Coût des opérations de base (attention aux représentation des données, par exemple entiers non bornés Python). Complexité — au pire et en moyenne. Exemples d'algorithmes de complexité logarithmique, linéaire, quadratique, exponentielle.

Notion de terminaison d'un algorithme : boucle tant que ; arrêt des programmes récursifs simples (ex: factorielle).

Tableau — Accès à un élément. Parcours. Recherche séquentielle d'un élément. Recherche dichotomique dans un tableau trié. Complexité des opérations.

Texte — Recherche d'un mot dans un texte. Complexité.

Algorithmes classiques - tri — tri par sélection, tri par insertion (parce qu'efficace sur des valeurs presque triées, tri fusion. Principe, complexité, programmation, expérimentation

Structure de données — SD = valeurs composées. Listes, tuples et dictionnaires. Primitives. Complexité. [à passer en “conception de programmes”, lien avec Python ?]

Pile, file — définition, réalisation et manipulation des opérations de base (empiler/dépiler, enfiler/défiler, vide).

Algorithmes sur les arbres (parcours)

Algorithmes sur les graphes — modélisation par les graphes, parcours en largeur, parcours en profondeur. Principe, complexité, programmation, expérimentation. Plus court chemins, arbres couvrants minimaux (cf programme Mathématiques en lien avec l'informatique).

Algorithme sur les images : 1) traitement d'images bitmap — modifier la taille, les couleurs (n&b), le contraste, la luminance, fusionner des images, convolutions simples (lisser, flouter, détection de contours). En lien avec la physique. 2) images vectorielles en lien avec les maths.

Conception de programmes

Langage de programmation — Programmation impérative type Python¹. Paradigme de programmation (impératif, fonctionnel, orienté objet, événementiel). Exécution de programmes, interpréteur, compilateur

Éléments de base de la programmation — valeur, type de valeur, expression, évaluation, variable, affectation, instruction, séquence, conditionnelle, boucle

Type composite — Type de base, typage. Chaînes de caractères, n-uplet, tableau, liste, etc. Opérations de base (dont parcours des conteneurs). Valeurs immuables (n-uplet et chaînes de caractères) vs structures mutables (tableaux, listes, dictionnaires...). Coût des opérations de base. Les structures sont “emboîtables”/“imbriquables” ? (et les tableaux à plusieurs dimensions).

Fichiers — mode d'accès (lecture, écriture, ajout), opérations (lecture, écriture, ouverture, fermeture)

Conception — décomposition, choix de structures de données, découpage en fonction, spécification, définition des interfaces des fonctions, approche agile

Fonction — Interface (déclaration, prototype) vs implémentation (définition). Paramètres, valeur de retour. Appel de fonction. Possible effet de bords (à limiter, entrées/sorties). Variables locales, variables globales, visibilité (scope). Passage de paramètre par copie, par référence. Fonction comme valeur de 1re classe (passage en argument). Fonction récursive² (conception, terminaison).

Bibliothèques — utilisation de bibliothèques de fonctions. Interface objet de certaines bibliothèques, notion de méthode (vues comme des fonctions).

Jeu de tests — définition de jeux de tests, tests unitaires, module Python doctest

Correction d'un programme — notion de bug, instrumentation (mise au point et évaluation performance), mise au point (debug), comprendre que tester n'est pas prouver

¹ Python est un langage de programmation objet multi-paradigme, Python permet une programmation impérative structurée. C'est ce noyau impératif de Python dont il est question ici. Python est le langage de programmation utilisé en informatique en CPGE scientifique (programme de 2013), en mathématiques en classe de seconde depuis la rentrée 2017, dans de nombreux cours de programmation en première année de licence comme de DUT.

² Algorithme d'Euclide pour le calcul du PGCD. Nombre de chiffres d'un entier (base 10 par exemple). Suite définie par récurrence. Exemple de Fibonacci. Factorielle. Fractales (flocon de Von Koch). Dichotomie. Parcours de graphes.

Aspects matériels de l'informatique

Architecture des ordinateurs — grandes fonctions, ordinateur = machine informatique programmable, modèle von Neumann, jeu d'instructions simple (chargement et stockage, op. arithmétiques et logiques, saut conditionnel), autres machines informatiques

Circuit combinatoire —

Notion de système d'exploitation — rôles : 1-abstraire les matériels, 2- virtualiser le matériel (ex. multitâche), 3- fournir des services aux applications (ex. processus, système de fichiers), 4- protéger les ressources et contrôler les accès aux ressources. Panorama : Android, Windows, GNU/Linux, MacOS, etc.

Réseau — notion de protocole, adressage sur un réseau, routage (paquet, chemin), structuration en couches (communication sûre au dessus d'une couche pas sûre), Internet

Robotique — notion d'actionneur et de capteur, boucle de régulation

Propositions pour la formation en physique au lycée pour les futurs scientifiques

1. Démarche générale

Les propositions listées ci-dessous se situent dans l'hypothèse où les programmes des trois classes de 2de, 1ère et terminale seraient revus dans les années à venir. Aucune hypothèse précise n'a été faite sur les horaires alloués, donc ces propositions n'ont pas vocation à constituer un programme "réaliste". L'intention est plutôt d'illustrer la direction dans laquelle il paraît souhaitable d'aller, à partir des programmes actuels du collège, afin d'atteindre un certain nombre d'objectifs :

- illustrer et pratiquer les méthodes et démarches de la physique sur des systèmes simples (importance de l'expérimentation et de la modélisation) afin de donner une vision juste de la discipline en vue d'une bonne orientation des élèves,
- aborder un nombre limité de sujets (à choisir parmi ceux considérés dans ce qui suit), avec un degré d'approfondissement suffisant et croissant d'année en année et un bon équilibre entre modélisation et contextualisation. Prévoir une pratique suffisante des notions pour construire des bases solides et une réelle autonomie sur des sujets simples et ainsi, donner aux élèves qui poursuivront dans le supérieur de meilleurs atouts pour réussir,
- cultiver autant que possible les liens avec les mathématiques et l'informatique, dans la démarche de modélisation, qu'elle soit analytique ou numérique.

Les divers thèmes ont été répartis entre les classes de 2de, 1ère et terminale, pour souligner l'importance accordée au fait de revenir l'année N+1 sur des domaines abordés durant les années N ou N-1 afin d'introduire précocement puis d'approfondir progressivement des notions plus délicates.

La liste des thèmes présentés ci-dessous est certainement trop longue (tout dépendra du cadre horaire et de la structure future adoptée pour le lycée). Si l'horaire est limité, ne surtout pas chercher à tout couvrir, mais restreindre le choix aux domaines représentatifs de ce qu'est la physique et ce que sont ses démarches.

En traitant les thèmes présentés, il sera important de souligner les liens entre eux et de bien faire apparaître la cohérence de l'ensemble en s'appuyant sur certaines notions transversales, comme celle d'énergie. De même, on rencontrera divers "capteurs" transformant un flux lumineux, une température ... en une grandeur électrique aisément mesurable et manipulable (numérisable). Les notions mathématiques utilisées pour décrire et modéliser peuvent aussi servir de fil conducteur (équations et systèmes d'équations du 1er degré, relations quadratiques, ...).

Ce type de présentation peut apparaître très "classique" : les "éléments de modernité" sont les expériences et exemples choisis, la manière de traiter les thèmes avec des objectifs bien définis, de difficulté modeste mais dont on cherchera à faire une évaluation rigoureuse, afin de construire une réelle autonomie des élèves.

Cette présentation devra évidemment être complétée par une liste détaillée de capacités exigibles des élèves à chaque étape de la formation.

Le tableau ci-dessous précise quelques uns des attendus en terme de capacités visées pour l'ensemble du cycle au sujet des méthodes et démarches de la physique, celles-ci, articulées sur la notion de modélisation, et d'adéquation de celle-ci avec l'expérience, devant servir de fil directeur principal tout au long des trois années de formation.

Sur les propriétés des modèles

- Savoir qu'en physique on utilise des modèles pour décrire, expliquer et prévoir des événements. Un modèle a un caractère unificateur.
- Savoir qu'un modèle utilise des grandeurs physiques et est souvent formulé, au moins partiellement, en langage mathématique
- Savoir que les modèles actuels ont été construits progressivement au cours de l'histoire et qu'un modèle est donc évolutif (il s'affine ou est abandonné) au fur et à mesure de l'avancée de la science.
- Savoir qu'un modèle a un champ de validité limité, en dehors duquel on doit avoir recours à l'utilisation d'un modèle plus général ou mieux adapté.
- Savoir qu'un modèle est considéré comme valide tant qu'il n'est pas mis en défaut (réfuté) par des observations ou mesures.

Sur l'utilisation de modèles

- Savoir qu'une réponse est considérée comme fautive du point de vue de la physique si elle est en désaccord avec le modèle référent, dont le champ de validité contient la situation étudiée.
- Savoir distinguer ce qui relève d'un modèle et ce qui relève d'une situation matérielle (objets et événements).
- Savoir qu'un même formalisme peut décrire des phénomènes différents. Savoir utiliser ce formalisme commun pour exploiter des analogies.
- Savoir que selon la question qu'on se pose, un modèle peut être plus adapté qu'un autre pour répondre.
- Être capable de
 - - faire une prévision concernant une situation expérimentale à l'aide d'un modèle.
 - - vérifier cette prévision expérimentalement ou penser les moyens de cette vérification.
- Une maquette ou une simulation représentent certains aspects d'une situation en tenant compte d'un modèle.

Sur la mesure et les incertitudes

En ce qui concerne une expérience, la question qui se pose n'est pas comme on l'entend bien trop souvent "est-ce que les mesures vérifient le modèle?" mais au contraire, "est-ce que le modèle adopté rend compte des mesures, **aux incertitudes près?**". Si oui, il n'y a pas lieu de le raffiner davantage, on ferait dire aux mesures plus qu'elles ne peuvent³. Si non, une fois les éventuelles erreurs de manipulation écartées, il faut modifier le modèle.

L'estimation des incertitudes permet ainsi un **dialogue constructif** entre expérience et "théorie": l'accroissement de la précision entraîne une amélioration du modèle qui en retour exige de nouvelles méthodes expérimentales pour être poussé dans ses retranchements etc. On obtient ainsi une succession de modèles emboîtés.

³ invoquer la relativité restreinte pour discuter la trajectoire d'un caillou lâché d'un pont est hors de propos alors que, stricto sensu, c'est notre meilleure théorie pour ce genre de problème. Mais ici, les corrections qu'elle apporte sont infimes par rapport à d'autres éléments écartés: caillou non ponctuel, résistance de l'air...

Sur le vocabulaire scientifique

- Savoir que le sens d'un mot ou d'une expression peut être plus ou moins précis ou différent, selon qu'il est utilisé dans le langage courant ou dans le cadre d'énoncés de physique.
- Savoir distinguer :
 - -si le sens d'un mot est le même en physique et dans la vie quotidienne, ou s'il est plus précis en physique que dans la vie quotidienne
 - - si les deux sens sont partiellement en contradiction

2. Liste de thèmes possibles :

Mécanique

2de : Intervalle d'espace, intervalle de temps ; notion de vitesse moyenne $v = \Delta L / \Delta t$.
Référentiel terrestre.

Interactions et modélisation par force : exemples ; masse et inertie, principe de l'inertie, quantité de mouvement, lien entre force et variations finies de la vitesse, bilans, taux de variation. Exemple en 3D, mais exercices en 1D. Pour les bilans, on travaille seulement avec des scalaires, mais algébriques, ou avec des vecteurs mais le recours aux coordonnées ne se fait que si tous les vecteurs sont colinéaires.

Variation absolue et variation relative (algébriques), taux de variation (ou taux d'accroissement).
Vecteurs (somme, produit par un scalaire, coordonnées, composantes).

1ère : Travail. Formes d'énergie : Énergie cinétique, potentielle ; énergie mécanique, transferts d'énergie.

Produit scalaire de deux vecteurs. Projection vectorielle, composantes.

Vitesse instantanée et vecteur vitesse, bilans de quantité de mouvement et d'énergie (chocs limités aux chocs mous, ou à l'explosion ?). Les chocs sont limités aux chocs mous, et éventuellement à l'explosion d'un système (applications : recul du canon et neutrino).

PFD comme équation du premier ordre sur la vitesse (pas de passage à la position).

Dérivée d'une fonction scalaire.

Term : Lois de Newton appliquées à un solide non déformable, percussion : $F = \Delta p / \Delta t$ (rebond d'une balle), vecteur accélération, chute libre d'un corps dans un champ de pesanteur, mouvement parabolique (champ uniforme), mouvement circulaire d'un satellite, mouvement plan dans un champ de forces centrales et lois de Kepler, forces de frottement, chute d'un corps dans un fluide, équation différentielle du 1er ordre pour $v(t)$, vitesse limite.

Dérivée d'un vecteur ?

Equation différentielle $y' + a y = b$

Fonctions trigonométriques, fonction exponentielle.

Intégration (pour obtenir v à partir de $dv/dt=F/m$, puis z à partir de v).

Électricité (indispensable à conserver pour l'ouverture vers les voies technologiques à l'issue de la seconde)

2de : courant continu (intensité, tension), commande/réponse, résistances comme capteurs

Caractéristiques: détermination graphique de quelques points de fonctionnement simples (limités à l'intersection de deux droites affines, lien avec le système d'équations associé, comme en maths).

Systèmes d'équations linéaires, résolution graphique

1ère : piles et électrolyse : modèles électriques, photodiodes et DEL, modules photovoltaïques, bilans de puissance, effet Joule

Term : charge et décharge d'un condensateur par un échelon de tension (dipôle RC), équation différentielle linéaire du 1er ordre, bilan énergétique ; le condensateur : stockage d'énergie potentielle électrostatique.

Équation différentielle $y' + a y = b$. Fonction exponentielle.

Physique atomique et subatomique (à relier explicitement à d'autres thèmes)

1ère : émission de lumière par une source primaire (étoile, lampes à décharges, diodes lasers) : niveaux d'énergie et spectroscopie : spectres continus, loi de Wien pour un « radiateur intégral (étoile ou lampe à filament), spectres de raies. Notion de photon. Lien avec la mécanique: voile solaire, pression de rayonnement.

Term : radioactivité et loi de décroissance radioactive et évolution associée, lien avec probabilités. Pour la radioactivité bêta, lien avec la mécanique, à travers la mise en évidence de la nécessité du neutrino, par bilans d'énergie et de quantité de mouvement (explosion d'un système vue en 1ère).

Équation différentielle $y' + a y = 0$, fonction exponentielle et logarithme, probabilités.

Optique (partie à traiter quasi-exclusivement en TP ou en approche numérique)

1ère : optique géométrique, lois de Descartes, formation des images (miroir plan, lentille convergente). Réflexion totale.

Fibre optique (approche numérique)

Lignes trigonométriques

Physique des ondes (complément naturel de la partie optique géométrique, en termes de propagation, réfraction, tout en limitant cette partie aux ondes mécaniques)(tout en Terminale?)

1ère : divers types d'ondes mécaniques, périodiques ou non (retard de propagation, célérité, période, longueur d'onde) ; la houle. Ondes progressives spatialement limitées de forme simple pour introduire les idées de propagation et de célérité, sans manipulation de fonctions sinusoïdales à deux variables. Réfraction de ces ondes (en lien avec la SVT, sismologie)

Term : Effet Doppler (établi, pas seulement utilisé)

Utilisations pratiques de l'effet Doppler : en astrophysique, en médecine.

Thermodynamique (liens avec mécanique et chimie)

En lien avec les TP : mesures de températures avec différents capteurs (lien avec l'électricité), calorimétrie (lien avec les bilans)

2de : Gaz parfait, pression, équation d'état,

1ère : Introduction au modèle cinétique. Description des échanges thermiques.

Term : Premier principe de la thermodynamique (aboutissement des bilans vus en Première). Modèle cinétique du gaz parfait : énergie interne.

Aussi :

Fonctions avec paramètre(s), réseau de représentations graphiques (pour diverses valeurs du paramètre)

Solutions d'équations algébriques (1er, second degré, ...)

Pour le lien avec l'info : solution approchée lorsqu'une solution exacte ne peut être obtenue, test de méthodes de résolution sur des systèmes simples aux solutions analytiques connues.

3. Thèmes de physique transversaux (à faire figurer dans les chapeaux de chaque partie ou de l'ensemble du programme, pas comme des parties supplémentaires)(une partie sur des savoirs faire transversaux serait également à ajouter, à l'image de celui introduit en fin de programme CPGE en PC, en l'adaptant (contrôle d'homogénéité, lecture de diagrammes, non homogénéité entre vecteurs et scalaires, ...)

Notion de système - linéarité

2de :

- exemples en mécanique, thermodynamique, électricité
- variables d'état, notion de réponse, proportionnalité (coefficient de réponse)
- analyse qualitative : dimensions et unités

1ere :

- réponses à une contrainte statique : flux (courant) ou déformation (ressort)
- réponses à une contrainte dynamique : ondes sinusoïdales
- principe de superposition : électricité

Tale :

- équations différentielles linéaires à coefficients constants 1^{er} ordre
- régime libre (notion de réponse indicielle)
- approche non linéaire: frottement quadratique

Énergie et bilans

2de :

- exemples d'énergie: énergie cinétique (macroscopique ou microscopique).
- exemple de transferts d'énergie (effet Joule).
- notion de bilan, rendement de conversion.

1ere :

- formes fondamentales et variations d'énergie (cinétique, potentielle d'interaction, mécanique).
- conservation de l'énergie mécanique en l'absence de dissipation.
- transferts d'énergie : travail, chaleur, rayonnement.
- bilans d'énergie en électricité, puissance moyenne (t), éclairage énergétique (en W/m^2).

Tale :

- 1er principe de la thermodynamique, rendement
- modèle cinétique des gaz : température, pression, énergie interne
- bilan énergétique d'un oscillateur (mécanique, électrique...)
- Articulation micro/macro (température et pression cinétique, modèle de Drude)

Signaux et données (Cette partie devrait être remplacée par une partie informatique et physique en cours de rédaction par Laurent Sartre, centrée sur le tryptique: acquisition, traitement des données, modélisation)

2de :

- signaux : analogique, numérique, fréquence d'échantillonnage, quantification, codage.
- capteurs (électricité, thermodynamique, optique)

1ere :

- représentations graphiques

Tale :

- statistiques et analyse de données (moyenne, écart-type, corrélation, ajustements).(en TP)

4. Exemples non exhaustifs de thèmes se prêtant à une interaction entre physique, mathématiques et informatique:

- équations algébriques linéaires : proportionnalité, unités, conversions
- vecteurs (position, force), produit scalaire (travail), repères (composantes par projection)
- systèmes d'équations algébriques linéaires : intersection de trajectoires ou de caractéristiques, loi de conservation (mécanique des chocs, électricité, chimie des solutions)...
- variations finies, taux de variation, relations de récurrence et dérivées : puissance, vitesse, accélération...
- intégration : énergie vs puissance, position vs vitesse...
- équations différentielles linéaires à coefficients constants : exponentielle comme fonction propre, méthode d'Euler (trajectoire, rayon lumineux, décroissance radioactive...)
- linéarité : principe de superposition (électricité, ondes...)
- équations algébriques du second degré (polynôme caractéristique)
- coniques : cercle, ellipse, parabole
- fonctions exponentielle et logarithmique : probabilité de la décroissance radioactive, linéarisation de la représentation graphique des lois exponentielles et de puissance
- signaux : quantification, codage, compression, représentations graphiques
- analyse de données : statistiques, approximation locale (ajustements linéaire ou quadratique)

5. Thèmes regroupés par fonction

La manipulation des équations et des fonctions :

- polynômes linéaires et quadratiques
- systèmes d'équations linéaires
- exponentielle et trigonométriques, logarithme

La gestion des variations :

- notion de bilan, de taux d'accroissement
- construction progressive de la dérivée et de l'intégrale
- analyse qualitative d'équations différentielles, prévision de comportement
- influence des conditions initiales, des paramètres,...

Les outils vectoriels :

- le vecteur comme marque d'un mouvement ou d'une variation (géosciences)

- construction de variations vectorielles
- produit scalaire et repères : travail, projection et composantes

Gestion de représentations graphiques et des différents registres de représentation :

- analyse qualitative de représentations graphiques, extraction de données à partir d'une représentation graphique
- prévision qualitative de représentation de fonctions
- apprentissages méthodologiques concernant le passage d'un registre à un autre (équation, représentation graphique, tableau, vecteurs, schéma...)

6. Croisement entre thèmes et finalités transversales

Croisement entre chapitres/ contenus et finalités transversales d'ordre méthodologique

Document de travail - J. Vince pour le groupe interassociations - janvier 2018

	Décrire et modéliser un gaz en changeant d'échelle			Décrire et modéliser la déviation de la lumière			Décrire et modéliser des mouvements et des actions					Electrocinétique		
	Chap. 1'échelle de description	Chap. 1:1" échelle micro - Atome/ion	Chap. 2 modèle du gaz parfait	Chap. 3 Modéliser la déviation de la lumière	Chap. 4 Utiliser un modèle : réflexion totale	Chap. 5 Remettre en cause un modèle	Chap. 6 vitesse instantanée	Chap. 7 Relativité du mv1 - Principe d'inertie	Chap. 8 Description des forces usuelles	Chap. 9 Bilan de quantité de mv1	Chap. 10 Bilan de quantité pour syst.	Chap. 11 Modèle électrocinétique	Chap. 12 Réponse d'un système à une	Chap. 13 Bilan dans un système, distinguer
Les démarches scientifiques														
Savoir choisir ou prendre conscience du niveau de description (micro/macro)	X		X						X			X		
Avoir conscience des choix de modélisation opérés en fonction des buts (ce qu'on garde, ce qu'on perd...)		X	X	X	X		X	X	X			X		
Savoir reconnaître une grandeur quantifiable et connaître certaines de ses propriétés Connaître quelques propriétés de l'action de mesurer	X			X		X	X	X	X			X		
Savoir repérer ce qui relève des concepts et modèles d'une part, des objets et des événements observables d'autre part	X		X	X	X	X	X	X	X			X		
Savoir utiliser un modèle pour prévoir et/ou illustrer le besoin d'un autre modèle			X	X	X	X		X		X	X	X		
Savoir repérer quelques limites du champ de validité d'un modèle			X	X		X								
Quantifier des variations, faire des bilans														
Savoir faire un bilan							X	X	X	X	X		X	X
Savoir distinguer variation dans l'espace et variation dans le temps							X	X				X	X	X
Savoir distinguer valeur et variation temporelle d'une valeur							X						X	X
Équation différentielle comme relation entre grandeur et variation de la grandeur														
Les outils de description														
Outils vectoriels							X	X	X	X	X			
Représentations graphiques			X				X						X	
Accroissement, dérivée							X			X	X	X	X	X
Variations relatives														
Les syntaxes spécifiques de représentations (schéma élec, schéma optique, équation de réaction...)												X	X	X

Table des matières

Mathématiques

0. Logique.

1. De la proportionnalité à l'algèbre linéaire (en lien avec la physique et l'économie).
2. Ensembles de nombres (N, Z, Q, R et C).
3. Variations et fonctions : dérivée.
4. Calculs d'aire et de moyenne : intégrale.

Les thèmes suivants sont en interaction avec les 4 thèmes précédents

5. Fonctions classiques.
6. Probabilités et statistiques.
7. Géométrie
8. Nombres complexes.
9. Arithmétique et algèbre.
10. Polynômes et équations algébriques.
11. Notions de mathématiques discrètes. Graphes
12. "Informatique".

Vers un programme de mathématiques pour les futurs scientifiques

Des bases pour calculer, chercher, raisonner et démontrer

Étude de dépendances

Découverte des univers

Univers numériques

Informatique

Représentation de l'information

Base de données

Algorithmique et structure de données

Conception de programmes

Aspects matériels de l'informatique

Propositions pour la formation en physique au lycée pour les futurs scientifiques

1. Démarche générale

Sur les propriétés des modèles

Sur l'utilisation de modèles

Sur la mesure et les incertitudes

Sur le vocabulaire scientifique

2. Liste de thèmes possibles :

Mécanique

Électricité

Physique atomique et subatomique

Optique

Physique des ondes

Thermodynamique

3. Thèmes de physique transversaux

Notion de système - linéarité

Énergie et bilans

Signaux et données

4. Exemples non exhaustifs de thèmes se prêtant à une interaction entre physique, mathématiques et informatique:

5. Thèmes regroupés par fonction

La manipulation des équations et des fonctions :

La gestion des variations :

Les outils vectoriels :

Gestion de représentations graphiques et des différents registres de représentation :

6. Croisement entre thèmes et finalités transversales

Table des matières