

Annexe  
Programme du concours  
PASS' Ingénieur

**Mathématiques**

**Physique**

**Chimie**

# Programme de mathématiques

CONTENUS	CAPACITÉS ET COMMENTAIRES
<p><b>Probabilités</b></p> <p><b>Ensembles et dénombrement</b>            Algèbre des parties d'un ensemble. Notion de partition d'un ensemble. Dénombrement des arrangements, des permutations et des combinaisons dans un ensemble fini. Notations <math>n!</math>, <math>A_n^p</math> et <math>\binom{n}{p}</math>. Triangle de Pascal. Propriétés usuelles des coefficients binomiaux. Formule du binôme.</p> <p><b>Généralités sur les probabilités</b>            Vocabulaire des probabilités. Expérience aléatoire et univers. Espaces probabilisés finis. Probabilités conditionnelles. Théorème des probabilités totales. Théorème des probabilités composées. Événements deux à deux indépendants, mutuellement indépendants.</p> <p><b>Variables aléatoires sur un univers fini ou dénombrable</b>            Variables aléatoires. Lois usuelles : uniforme, de Bernoulli, binomiale, géométrique, de Poisson. Couples de variables aléatoires. Loi conjointe, lois marginales. Variables aléatoires indépendantes. Espérance, variance et écart-type d'une variable aléatoire : définitions générales, cas d'une variable suivant une des lois usuelles précédentes.</p>	<p>Les candidats doivent connaître le vocabulaire usuel des ensembles, en correspondance avec celui des événements d'un univers.</p> <p>On se limite au cas où l'univers <math>\Omega</math> est fini ou dénombrable. Un espace probabilisé est un couple <math>(\Omega, \mathbf{P})</math>, où <math>\Omega</math> est un univers fini ou dénombrable et <math>\mathbf{P}</math> une probabilité sur <math>\Omega</math>.</p> <p>L'utilisation des variables aléatoires pour modéliser des situations simples dépendant du hasard fait partie des capacités attendues.</p>

CONTENUS	CAPACITÉS ET COMMENTAIRES
<p><b>Algèbre</b></p> <p><b>1 – Nombres complexes</b>            Corps <math>\mathbf{C}</math> des nombres complexes : l'ensemble des nombres complexes <math>x + iy</math> s'identifie à l'ensemble des points de coordonnées <math>(x, y)</math> du plan euclidien <math>\mathbf{R} \times \mathbf{R}</math>, et cet ensemble <math>\mathbf{C}</math> est muni d'une addition et d'une multiplication. Module et arguments d'un nombre complexe non nul. Relation <math>e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta</math>. Écritures trigonométriques et exponentielles. Formules d'Euler et de Moivre. Équations du second degré à coefficients dans <math>\mathbf{C}</math>. Résolution dans <math>\mathbf{C}</math> de l'équation <math>z^n = a</math>, avec <math>a \in \mathbf{C}</math>, racines <math>n</math>-ièmes de l'unité ; interprétation géométrique. Définition de l'exponentielle d'un nombre complexe : <math>e^{x+iy} = e^x e^{iy}</math> et des fonctions définies de <math>\mathbf{C}</math> dans <math>\mathbf{C}</math> associées : <math>\sin</math> et <math>\cos</math>.</p> <p>Dans ce qui suit, <math>\mathbf{K}</math> désigne <math>\mathbf{R}</math> ou <math>\mathbf{C}</math>.</p> <p><b>2 – Polynômes et fractions rationnelles</b></p> <p><b>Polynômes à une indéterminée sur <math>\mathbf{K}</math></b>            Définition de l'ensemble <math>\mathbf{K}[X]</math> des polynômes à une indéterminée sur <math>\mathbf{K}</math>, degré d'un polynôme non nul. Espace vectoriel <math>\mathbf{K}_n[X]</math> des polynômes de degré inférieur ou égal à <math>n</math>. Multiples et diviseurs d'un polynôme, division euclidienne. Polynôme dérivé. Formule de Taylor et ordre de multiplicité d'une racine. Théorème de d'Alembert-Gauss dans <math>\mathbf{C}[X]</math>, polynômes irréductibles dans <math>\mathbf{C}[X]</math> et <math>\mathbf{R}[X]</math>. Décomposition d'un polynôme en produit de polynômes irréductibles.</p> <p><b>Fractions rationnelles sur <math>\mathbf{K}</math></b>            Définition de l'ensemble <math>\mathbf{K}(X)</math> des fractions rationnelles sur <math>\mathbf{K}</math>, pôle simple et multiple. Existence et unicité de la décomposition en éléments simples sur <math>\mathbf{C}</math> des fractions rationnelles dans <math>\mathbf{C}(X)</math>. Exemples de décomposition sur <math>\mathbf{R}</math> des fractions rationnelles dans <math>\mathbf{R}(X)</math>.</p>	<p>Toute autre construction de <math>\mathbf{C}</math> est en dehors du programme du concours. Les candidats doivent savoir interpréter géométriquement le conjugué d'un nombre complexe, la somme, le produit de deux nombres complexes. Les candidats doivent savoir résoudre des problèmes d'alignement, de parallélisme et d'orthogonalité à l'aide des nombres complexes. La résolution générale dans <math>\mathbf{C}</math> des équations du second degré à coefficients réels est en particulier exigible des candidats.</p> <p>Aucune connaissance sur la construction de <math>\mathbf{K}[X]</math> ou de <math>\mathbf{K}(X)</math> n'est exigible des candidats.</p> <p>La notion de polynômes premiers entre eux et le théorème de Bézout ne sont pas exigibles des candidats, de même que la division des polynômes selon les puissances croissantes. Le théorème de d'Alembert-Gauss est admis.</p> <p>On insistera sur la pratique de la décomposition en éléments simples sur <math>\mathbf{R}</math> des fractions rationnelles dans <math>\mathbf{R}(X)</math>.</p>

<p><b>3 – Espaces vectoriels, applications linéaires et matrices</b></p> <p><b>Définitions générales</b>  Définition d'un espace vectoriel, d'un sous-espace, caractérisations d'un sous-espace. Définition d'une combinaison linéaire, d'un sous-espace engendré par une partie, de la somme de sous-espaces, de sous-espaces supplémentaires, de sous-espaces en somme directe.  Définition d'une application linéaire, d'un endomorphisme, d'un isomorphisme, d'un automorphisme, d'une forme linéaire.  Définition et structure du noyau et de l'image d'une application linéaire.  Espace <math>L(E, F)</math> des applications linéaires de <math>E</math> dans <math>F</math>.  Définition d'une homothétie, d'un projecteur, d'une symétrie ; caractérisation des projecteurs par la relation <math>p^2 = p</math> et des symétries par la relation <math>s^2 = Id</math>.</p> <p><b>Généralités sur les espaces de dimension finie</b>  Définition d'une famille libre, d'une famille liée, d'une famille génératrice, d'une base, d'un espace de dimension finie. Invariance du nombre d'éléments d'une base et théorème de la base incomplète.  Tout espace de dimension finie <math>n \geq 1</math> est isomorphe à <math>\mathbf{K}^n</math>.  Caractérisations des applications linéaires entre espaces de dimension finie. Formes linéaires et équations d'un hyperplan. Rang d'une famille de vecteurs, rang d'une application linéaire, théorème du rang et caractérisation des isomorphismes.</p> <p><b>Matrices et applications linéaires</b>  Espace vectoriel <math>M_{n,p}(\mathbf{K})</math> des matrices à <math>n</math> lignes et <math>p</math> colonnes, à coefficients dans <math>\mathbf{K}</math> et produit matriciel. Algèbre <math>M_n(\mathbf{K})</math>, groupe <math>GL_n(\mathbf{K})</math>.  Matrice d'une application linéaire entre deux espaces de dimension finie, isomorphisme entre <math>M_{n,p}(\mathbf{K})</math> et <math>L(E, F)</math>, rang d'une matrice. Matrice d'un endomorphisme dans une base, changement de bases, matrices semblables. Trace d'une matrice carrée et relation <math>Tr(AB) = Tr(BA)</math>.  Définition de la transposée d'une matrice, d'une matrice carrée symétrique ou antisymétrique.</p> <p><b>Systèmes linéaires</b>  Résolution des systèmes linéaires ; description de l'espace des solutions.  Inversion d'une matrice carrée inversible par la méthode du pivot.  Application à la résolution des systèmes de Cramer.</p> <p><b>Déterminants</b>  Notion de déterminant d'une matrice carrée, de déterminant d'un endomorphisme. Caractérisation d'une base, d'un isomorphisme, d'une matrice carrée inversible.  Déterminant de la composée de deux endomorphismes, du produit de deux matrices carrées.  Propriétés des déterminants ; application au calcul de déterminants.</p>	<p>On ne considère ici que des espaces vectoriels sur <math>\mathbf{K}</math>. Sauf pour ce qui concerne les définitions générales, seuls les espaces vectoriels de dimension finie sont au programme du concours.</p> <p>On pourra avoir recours à des illustrations en géométrie dans le plan et l'espace.</p> <p>Les candidats doivent connaître l'expression du coefficient général d'un produit de deux matrices en fonction des coefficients des deux matrices. Il est intéressant d'avoir compris le sens de l'action sur les colonnes du produit à droite d'une matrice <math>(n \times n)</math> par une matrice-colonne <math>(n, 1)</math>.  La transposée d'une matrice <math>A</math> s'écrit indifféremment <math>A^T</math> ou <math>{}^tA</math>.</p> <p>Les candidats doivent, savoir résoudre sur des exemples simples des systèmes à paramètres.</p> <p>Pour calculer un déterminant <math>3 \times 3</math>, on ne se limitera pas à la règle de Sarrus.</p>
<p><b>4 – Réduction et polynômes annulateurs en dimension finie</b></p> <p><b>Réduction des endomorphismes et des matrices carrées</b>  Définition d'une valeur propre d'endomorphisme, d'un vecteur propre associé, d'un sous-espace propre. Polynôme caractéristique d'un endomorphisme. Ordre de multiplicité d'une valeur propre en tant que racine du polynôme caractéristique. Cas particulier des homothéties, des projecteurs et des symétries.  Définition d'un endomorphisme diagonalisable : l'espace est somme directe des sous-espaces propres.  Caractérisation des endomorphismes diagonalisables : le polynôme caractéristique est scindé et l'ordre de multiplicité d'une valeur propre est égal à la dimension du sous-espace propre associé.  Définition d'une valeur propre de matrice dans <math>M_n(\mathbf{K})</math>, d'un vecteur propre associé, d'un sous-espace propre.  Polynôme caractéristique d'une matrice carrée. Invariance du polynôme caractéristique par changement de base. Matrices diagonalisables sur <math>\mathbf{K}</math>.</p>	<p>Les candidats doivent savoir reconnaître et étudier une suite vérifiant une relation de récurrence linéaire d'ordre 2 à coefficients constants et connaître la forme générale des solutions de <math>au_{n+2} + bu_{n+1} + cu_n = 0</math>.</p> <p>La décomposition de Jordan n'est pas au programme.</p> <p>Les candidats peuvent utiliser la caractérisation de diagonalisabilité suivante : <math>A = PDP^{-1}</math>, où <math>D</math> est une matrice diagonale à coefficients dans <math>\mathbf{K}</math> et <math>P</math> une matrice inversible.</p>

<p>Polynômes annulateurs d'un endomorphisme, d'une matrice carrée.  Définition d'un polynôme annulateur d'un endomorphisme, d'une matrice carrée.  Si <math>P</math> est un polynôme annulateur d'un endomorphisme <math>f</math>, alors les valeurs propres de <math>f</math> sont des racines de <math>P</math>.  Lemme des noyaux.  Si <math>f</math> admet un polynôme annulateur scindé sur <math>\mathbf{K}</math> et à racines simples, alors <math>f</math> est diagonalisable sur <math>\mathbf{K}</math>.  Théorème de Cayley-Hamilton.</p>	<p>La démonstration des théorèmes concernant la notion de polynôme annulateur n'est pas exigible des étudiants.</p>
<p><b>5 – Espaces euclidiens</b></p> <p>Produit scalaire et norme euclidienne, sous-espaces orthogonaux, bases orthonormales. Projections et symétries orthogonales. Endomorphismes orthogonaux et matrices orthogonales.  Distance d'un vecteur à un sous-espace vectoriel.  Toute matrice symétrique réelle <math>A</math> est diagonalisable sur <math>\mathbf{R}</math> et <math>A = QDQ^T</math>, avec <math>Q</math> orthogonale. Angle de deux vecteurs dans le plan orienté, angle de deux vecteurs dans l'espace orienté.</p>	<p>La démonstration de ce théorème n'est pas exigible des candidats.</p>
<p><b>6 – Géométrie affine euclidienne en dimensions 2 et 3</b></p> <p>Distances, angles. Aire du parallélogramme. Cercles et sphères.  Définition d'une isométrie. Caractérisation des isométries directes du plan et de l'espace. Écriture complexe des similitudes du plan.</p>	<p>Dans <math>\mathbf{R}^3</math>, la notion d'orientation et le produit vectoriel de deux vecteurs sont exigibles.  Les différents types d'équations pour un cercle ou pour une sphère sont exigibles.</p>
<p><b>7 – Compléments sur les espaces euclidiens et la géométrie euclidienne</b></p> <p><b>Espaces préhilbertiens réels</b>  Produit scalaire sur un <math>\mathbf{R}</math>-espace vectoriel, espace préhilbertien réel, norme, inégalité de Cauchy-Schwarz.  Orthogonalité de deux vecteurs, orthogonal d'un sous-espace vectoriel, familles orthogonales, familles orthonormales, théorème de Pythagore pour une famille orthogonale finie, sous-espaces vectoriels supplémentaires orthogonaux.</p> <p><b>Espaces euclidiens</b>  Bases orthonormales ; expression dans ces bases des coordonnées d'un vecteur, du produit scalaire de 2 vecteurs.  Projections orthogonales, supplémentaire orthogonal d'un sous-espace vectoriel, projection sur un sous-espace vectoriel muni d'une base orthonormale, inégalité de Bessel.</p> <p><b>Endomorphismes orthogonaux</b>  Groupe orthogonal, symétries orthogonales, réflexions, matrices orthogonales.</p>	<p>La notion générale de groupe n'est pas exigible des candidats.</p>

CONTENUS	CAPACITES ET COMMENTAIRES
<p><b>Analyse</b></p> <p>Dans ce qui suit, <math>\mathbf{R}</math> désigne le corps des réels, <math>\mathbf{Q}</math> celui des rationnels et <math>\mathbf{C}</math> celui des complexes.</p> <p><b>1 – Nombres réels</b></p> <p><b>Propriétés des nombres réels</b> Relation d'ordre, partie entière, valeur absolue, intervalles (ouverts, fermés, semi-ouverts, bornés ou non), majorants et minorants, borne supérieure et borne inférieure. Une partie non vide et majorée (respectivement minorée) de <math>\mathbf{R}</math> admet une borne supérieure (respectivement inférieure).</p> <p><b>Suites de nombres réels</b> Définition d'une suite de réels, d'une suite extraite. Définition d'une suite convergente et de sa limite. Définition d'une suite divergente.</p> <p><b>R</b>-algèbre des suites convergentes et opérations algébriques sur les limites. Relations de comparaisons (notations <math>\mathbf{O}</math> et <math>\mathbf{o}</math>), suites équivalentes.</p> <p>Définition d'une suite de Cauchy. Une suite de nombres réels est convergente si et seulement si elle est de Cauchy. Densité de <math>\mathbf{Q}</math> dans <math>\mathbf{R}</math> et approximations décimales de réels.</p>	<p>Les notions d'espace topologique, d'espace métrique et le vocabulaire topologique associé sont en dehors du programme du concours.</p> <p>La notion d'espace vectoriel normé ne figure pas au programme de cette partie.</p> <p>Aucun procédé de construction des différents ensembles de nombres n'est exigible des candidats.</p> <p>L'existence de <math>\mathbf{R}</math> et le théorème de la borne supérieure sont considérés comme des résultats admis.</p> <p>Les candidats doivent savoir utiliser le théorème de la borne supérieure à bon escient (suites monotones et adjacentes, en particulier).</p> <p>Les notions de limite supérieure et de limite inférieure ne sont pas au programme.</p> <p>La densité de <math>\mathbf{Q}</math> dans <math>\mathbf{R}</math> est un résultat admis.</p>
<p><b>2 – Fonctions réelles de variable réelle</b></p> <p><b>Propriétés locales</b> Limite en un point <math>a \in \mathbf{R}</math> et en <math>\pm\infty</math>, limites à droite et à gauche ; interprétation en termes d'asymptote. Continuité en un point <math>a \in \mathbf{R}</math>. Opérations algébriques sur les limites, limite d'une fonction composée. Relations de comparaison, équivalents et développements limités.</p> <p><b>Fonctions continues sur un intervalle</b> <b>R</b>-algèbre <math>\mathcal{C}(I)</math> des fonctions continues sur un intervalle <math>I</math>. Continuité d'une fonction composée. Théorème des valeurs intermédiaires. Une application <math>f \in \mathcal{C}(I)</math> est bijective de <math>I</math> sur <math>f(I)</math> si et seulement si elle est strictement monotone ; son application réciproque est alors continue sur <math>f(I)</math>.</p> <p><b>Calcul différentiel</b> Nombre dérivé en un point, fonctions dérivables en un point, dérivables à droite et à gauche. Fonction dérivée d'une fonction dérivable sur un intervalle. Dérivée d'une bijection réciproque. Opérations algébriques sur les dérivées. Dérivée d'une fonction composée. Théorème de Rolle. Théorème des accroissements finis et applications usuelles.</p> <p><b>R</b>-algèbre <math>\mathcal{C}^p(I)</math> des fonctions de classe <math>\mathcal{C}^p</math> sur un intervalle <math>I</math>. Pour une fonction dans <math>\mathcal{C}^{p+1}(I)</math>, formule de Taylor-Lagrange à l'ordre <math>p</math>. Pour une fonction dans <math>\mathcal{C}^p(I)</math>, formule de Taylor-Young à l'ordre <math>p</math> et calcul du développement limité à l'ordre <math>p</math> en un point.</p> <p><b>Fonctions usuelles</b> Définition, propriétés et développements limités des fonctions <math>\exp</math>, <math>\ln</math>, <math>\sin</math>, <math>\cos</math>, <math>\tan</math> et de leurs réciproques respectives, des fonctions <math>\text{sh}</math>, <math>\text{ch}</math>, <math>\text{th}</math>, des fonctions polynômes, des fractions rationnelles et des fonctions puissance (<math>x \mapsto x^\alpha</math>, avec <math>\alpha</math> réel). Croissances comparées des fonctions <math>x \mapsto x^\alpha</math>, <math>x \mapsto (\ln x)^\alpha</math>, <math>x \mapsto e^{\alpha x}</math>.</p> <p><b>Intégration sur un segment</b> Définition de l'intégrale d'une fonction en escalier. Définition de l'intégrale d'une fonction continue par morceaux. Interprétation géométrique de l'intégrale d'une fonction continue et positive. Linéarité, positivité, monotonie et relation de Chasles. Inégalité triangulaire pour les fonctions continues : <math>\left  \int_a^b f(t) dt \right  \leq \int_a^b  f(t)  dt</math>. Primitives d'une fonction continue sur un intervalle. Intégration par parties pour les fonctions de classe <math>\mathcal{C}^1</math>. Changements de variable. Calcul des primitives des fractions rationnelles.</p> <p><b>Intégrales généralisées absolument convergentes</b> Définition de l'intégrale, sur un intervalle quelconque, d'une fonction continue par morceaux. Théorème de comparaison, équivalents. Définition d'une fonction continue intégrable et définition de son intégrale généralisée. Changements de variables dans les intégrales de fonctions intégrables.</p>	<p>Toutes les fonctions dont il est question ici sont définies sur un intervalle <math>I</math> de <math>\mathbf{R}</math>.</p> <p>La définition de continuité par morceaux est exigible des candidats.</p> <p>La notion de continuité uniforme n'est pas au programme du concours.</p> <p>La définition générale d'une fonction intégrable au sens de Riemann n'est pas au programme du concours.</p> <p>Le résultat suivant : « une fonction continue et positive sur un segment <math>[a, b]</math> est nulle si et seulement si son intégrale est nulle » doit être connu.</p> <p>Les pôles considérés sont au plus d'ordre 2.</p> <p>L'étude de la semi-convergence n'est pas un objectif du programme.</p>

<p><b>Applications</b>  Résolution approchée d'une équation du type <math>f(x) = 0</math> (méthode de Newton, dichotomie, ...).  Étude de suites récurrentes (définies par <math>u_0</math> et <math>u_{n+1} = f(u_n)</math>).  Approximation de l'intégrale d'une fonction continue par ses sommes de Riemann. Calcul approché d'une intégrale par la méthode des trapèzes.</p>	
<p><b>3 – Espaces vectoriels normés sur <math>\mathbf{K}</math>, avec <math>\mathbf{K}=\mathbf{R}</math> ou <math>\mathbf{K}=\mathbf{C}</math>. Généralités.</b></p> <p><b>Définitions</b>  Définition d'une norme sur un espace vectoriel réel ou complexe de dimension finie ou non. Définition d'une partie bornée.  Exemple des normes usuelles <math>N_1, N_2</math> et <math>N_\infty</math> sur <math>\mathbf{K}^n</math> et sur <math>\mathcal{C}([a, b], \mathbf{K})</math>.  Définition de la distance associée à une norme et des boules. Définition de l'équivalence de deux normes.  Toutes les normes sur un <math>\mathbf{K}</math>-espace vectoriel de dimension finie sont équivalentes.</p> <p>Définition d'une partie ouverte : réunion de boules ouvertes. Définition d'un point intérieur à une partie et de l'intérieur d'une partie. Définition d'une partie fermée : son complémentaire est une partie ouverte.</p> <p>Définition d'une suite convergente, d'une suite divergente. Espace vectoriel des suites convergentes et opérations algébriques sur les limites.</p> <p>Continuité d'une application <math>f</math> définie de <math>A \subset E</math> dans <math>F</math>, en un point <math>a \in A</math>. Espace vectoriel <math>\mathcal{C}(A, F)</math> des applications continues sur <math>A</math>.  Caractérisation de la continuité par image réciproque des ouverts ou des fermés.  Si <math>E</math> est un espace vectoriel réel ou complexe de dimension finie, toute application linéaire dans <math>L(E, F)</math> est continue.</p>	<p>La définition générale d'un espace topologique ou d'un espace métrique est hors programme.  Les candidats doivent connaître les définitions usuelles relatives aux espaces normés, aucune autre définition topologique n'est exigible.</p> <p>La démonstration de l'équivalence des normes en dimension finie n'est pas exigible des candidats.  La notion de partie compacte n'est pas au programme. La notion d'espace de Banach n'est pas au programme.</p> <p>Les suites considérées sont à valeurs dans un espace vectoriel normé <math>E</math>.</p> <p>La notion de norme subordonnée sur un espace d'applications linéaires n'est pas au programme.</p>
<p><b>4 – Dérivation des fonctions définies sur un intervalle <math>I</math> de <math>\mathbf{R}</math> et à valeurs dans <math>\mathbf{K}^n</math></b></p> <p>Définition de la dérivée en un point, de la dérivée à droite et à gauche.  Caractérisation de la dérivabilité par la dérivabilité des fonctions coordonnées.  Espace vectoriel <math>\mathcal{C}^p(I, \mathbf{K}^n)</math> et algèbre <math>\mathcal{C}^p(I, \mathbf{K}^n)</math>.</p> <p>Inégalité des accroissements finis pour <math>f \in \mathcal{C}^1(I, \mathbf{K}^n)</math>.  Pour <math>f \in \mathcal{C}^p(I, \mathbf{K}^n)</math>, formule de Taylor-Young et existence du développement limité à l'ordre <math>p</math>.</p>	<p>Toutes les applications dont il est question ici sont définies sur un intervalle <math>I</math> de <math>\mathbf{R}</math> et à valeurs dans l'espace vectoriel <math>\mathbf{K}^n</math> avec <math>\mathbf{K}=\mathbf{R}</math> ou <math>\mathbf{K}=\mathbf{C}</math>.</p>
<p><b>5 – Séries de nombres réels ou complexes</b></p> <p>Définition d'une série numérique.  Définition d'une série convergente et de sa somme.  Condition nécessaire de convergence.  Séries absolument convergentes. Espace vectoriel des séries convergentes.  Séries à termes réels positifs : séries de Riemann et série géométrique.  Théorème de comparaison, règle de d'Alembert.  Convergence d'une série alternée dont la valeur absolue du terme général tend vers 0 en décroissant ; majoration du reste.</p>	<p>La notion de produit de Cauchy n'est pas au programme.</p> <p>Aucune autre règle générale pour les séries à termes positifs n'est exigible des candidats.  Aucun résultat sur les séries semi-convergentes n'est exigible des candidats.</p>
<p><b>6 – Suites et séries de fonctions définies sur un intervalle de <math>\mathbf{R}</math>, à valeurs dans <math>\mathbf{K}</math></b></p> <p><b>Suites de fonctions</b>  Définition de la convergence simple et de la convergence uniforme d'une suite de fonctions.</p> <p>Critère de Cauchy de convergence uniforme. La convergence uniforme</p>	

<p>implique la convergence simple.</p> <p>Théorème de continuité : si <math>(f_n)</math> est une suite de fonctions appartenant à <math>C^0(I, \mathbf{K})</math>, qui converge uniformément sur <math>I</math>, alors sa limite <math>f</math> est continue sur <math>I</math>.</p> <p>Théorème d'intégration : si <math>(f_n)</math> est une suite de fonctions appartenant à <math>C^0([a, b], \mathbf{K})</math> converge uniformément sur <math>[a, b]</math> vers une fonction <math>f</math>, alors <math>\lim_{n \rightarrow +\infty} \int_a^b f_n(t) dt = \int_a^b f(t) dt</math>.</p> <p>Théorème de dérivation : si <math>(f_n)</math> est une suite de fonctions appartenant à <math>C^1([a, b], \mathbf{K})</math>, qui converge simplement en un point <math>x \in [a, b]</math> et qui est telle que la suite <math>(f_n')</math> converge uniformément sur <math>[a, b]</math> vers une fonction <math>g</math>, alors <math>(f_n)</math> admet une limite uniforme <math>f</math> sur <math>[a, b]</math>, <math>f</math> appartient à <math>C^1([a, b], \mathbf{K})</math> et <math>f' = g</math>. Extension aux suites de fonctions de classe <math>C^p</math> (<math>p \geq 1</math>).</p> <p><b>Séries de fonctions</b>  Définition de la convergence simple et uniforme d'une série de fonctions. Critère de Cauchy de convergence uniforme.  Définition de la convergence normale d'une série de fonctions définies et bornées sur <math>I</math>. Toute série normalement convergente sur <math>I</math> est uniformément convergente sur <math>I</math>.  Théorèmes de dérivation et d'intégration terme à terme pour les séries de fonctions dans <math>C^1([a, b], \mathbf{K})</math> et <math>C^0([a, b], \mathbf{K})</math> respectivement.</p>	<p>On peut utiliser une série majorante pour établir la convergence normale.  Les démonstrations des théorèmes ne sont pas exigibles des candidats.</p>
<p><b>7 – Séries entières d'une variable réelle</b></p> <p>Définition d'une série entière <math>\sum a_n x^n</math>, de variable réelle <math>x</math>, associée à la suite de nombres réels <math>(a_n)</math>. Définition du rayon de convergence <math>R</math>. Règle de d'Alembert pour le calcul de <math>R</math>. La somme de <math>\sum a_n x^n</math> est de classe <math>C^\infty</math> sur <math>] -R, R[</math> si <math>R &gt; 0</math>; intégration et dérivation terme à terme.  Définition d'une fonction développable en série entière au voisinage d'un point <math>x_0 \in \mathbf{R}</math>. Développements en série entière des fonctions usuelles au voisinage d'un point <math>x_0</math>. Applications.</p>	<p>L'étude générale des suites et des séries de fonctions n'est pas au programme de cette partie.  Les candidats doivent savoir chercher des solutions développables en série entière d'équations différentielles d'ordre 2 à coefficients non constants.</p>
<p><b>8 – Intégrales dépendant d'un paramètre</b></p> <p>Théorème de continuité :  Soit <math>f \in C^0(I \times [a, b], \mathbf{K})</math>.  La fonction <math>x \in I \mapsto \int_a^b f(x, t) dt</math> est continue sur <math>I</math>.</p> <p>Théorème de dérivation :  Soit <math>f \in C^0(I \times [a, b], \mathbf{K})</math> telle que : <math>\frac{\partial f}{\partial x} \in C^0(I \times [a, b], \mathbf{K})</math>.  La fonction <math>g : x \in I \mapsto \int_a^b f(x, t) dt</math> appartient à <math>C^1(I, \mathbf{K})</math> et, pour tout <math>x \in I</math>,  <math display="block">g'(x) = \int_a^b \frac{\partial f}{\partial x}(x, t) dt.</math></p>	<p><math>I</math> est un intervalle de <math>\mathbf{R}</math> et <math>\mathbf{K}=\mathbf{R}</math> ou <math>\mathbf{K}=\mathbf{C}</math>.  Seuls les deux théorèmes ci-contre sont au programme ; leur démonstration n'est pas exigible des candidats.</p>
<p><b>9 – Intégrales généralisées dépendant d'un paramètre</b></p> <p>Extension de la notion de fonction continue absolument intégrable au cas des fonctions à valeurs complexes.</p> <p>Théorème de continuité :  Soit <math>f \in C^0(I \times J, \mathbf{K})</math>. S'il existe <math>\varphi \in C^0(J, \mathbf{R})</math> absolument intégrable sur <math>J</math> telle que : <math>\forall (x, t) \in I \times J \quad  f(x, t)  \leq  \varphi(t) </math>, alors la fonction <math>x \in I \mapsto \int_J f(x, t) dt</math> appartient à <math>C^0(I, \mathbf{K})</math>.</p> <p>Théorème de dérivation :  Soit <math>f \in C^0(I \times J, \mathbf{K})</math> telle que <math>\frac{\partial f}{\partial x} \in C^0(I \times J, \mathbf{K})</math>.</p> <p>Si <math>f</math> et <math>\frac{\partial f}{\partial x}</math> vérifient toutes deux l'hypothèse du théorème précédent, alors</p>	<p><math>I</math> et <math>J</math> sont deux intervalles de <math>\mathbf{R}</math> et <math>\mathbf{K}=\mathbf{R}</math> ou <math>\mathbf{K}=\mathbf{C}</math>.  Seuls les deux théorèmes ci-contre sont au programme ; leur démonstration n'est pas exigible des candidats.</p>

<p>la fonction <math>g : x \in I \mapsto \int_J f(x, t) dt</math> appartient à <math>C^1(I, \mathbf{K})</math> et pour tout <math>x \in I</math>,</p> $g'(x) = \int_J \frac{\partial f}{\partial x}(x, t) dt.$	
<p><b>10 – Équations différentielles</b></p> <p>Équations différentielles d'ordre 1  Définition d'une solution de l'équation différentielle <math>y' = f(y, t)</math> sur un intervalle <math>I</math> de <math>\mathbf{R}</math> et interprétation graphique.  Résolution de <math>a(t)y' + b(t)y = c(t)</math>, où <math>a, b</math> et <math>c</math> sont continues et à valeurs dans <math>\mathbf{R}</math>. Existence et unicité de la solution sur un intervalle <math>I</math>, pour une condition initiale donnée, si <math>a</math> ne s'annule pas sur <math>I</math>. Structure algébrique des solutions. Cas des équations à coefficients constants.  Résolution de l'équation <math>X'(t) = AX(t) + B(t)</math> où <math>A</math> est une matrice carrée réelle diagonalisable, à coefficients constants, et <math>B</math> est continue.</p> <p>Équations différentielles d'ordre 2  Résolution de <math>ay''(t) + by'(t) + cy(t) = f(t)</math>, avec <math>a, b</math> et <math>c</math> constantes réelles, dans le cas où <math>f(t) = P(t)\exp(at)</math>, avec <math>P</math> fonction polynôme.</p>	<p>Les candidats doivent savoir étudier des problèmes de raccord de solutions.</p> <p>L'utilisation de la méthode de variation de la constante pour trouver une solution particulière dans une équation linéaire du premier ordre avec second membre est exigible.</p> <p>L'utilisation de la méthode de variation des constantes n'est pas au programme.</p> <p>On pourra proposer aux candidats de traiter, en les guidant, un exemple simple de résolution dans le cas où <math>a, b</math> et <math>c</math> sont des fonctions continues sur <math>I</math>.</p>
<p><b>11 – Notions sur les fonctions de deux variables réelles à valeurs dans <math>\mathbf{R}</math> ou <math>\mathbf{R}^2</math>. Coordonnées polaires et cylindriques</b></p> <p>Définition d'une application continue en un point <math>a \in \Omega</math>, où <math>\Omega</math> est un ouvert de <math>\mathbf{R}^2</math>.  Espaces <math>C^0(\Omega, \mathbf{R})</math> et <math>C^0(\Omega, \mathbf{R}^2)</math>. Définition d'une dérivée partielle d'ordre 1. Définition d'une application de classe <math>C^1</math> sur <math>\Omega</math> : application définie sur <math>\Omega</math> dont toutes les dérivées partielles d'ordre 1 existent et sont continues sur <math>\Omega</math>. Pratique du calcul des dérivées partielles d'ordre 1 des fonctions composées. Définition du gradient dans le cas où l'espace image est <math>\mathbf{R}</math> ; interprétation géométrique.  Définition des coordonnées polaires ; extension aux coordonnées cylindriques.</p>	<p>Il s'agit essentiellement d'évaluer le niveau de pratique des candidats.</p> <p>Toutes les applications dont il est question ici sont définies sur un ouvert <math>\Omega</math> de <math>\mathbf{R}^2</math> à valeurs dans <math>\mathbf{R}</math> ou <math>\mathbf{R}^2</math>.</p> <p>L'étude des normes de <math>\mathbf{R}^2</math> n'est pas au programme de cette partie.</p>
<p><b>12 – Compléments sur les fonctions de plusieurs variables réelles</b></p> <p>Définition d'une dérivée partielle en un point. Définition d'une application de classe <math>C^1</math> sur un ouvert de <math>\mathbf{R}^n</math>.  Définition d'une application de classe <math>C^k</math> : application définie sur <math>\Omega</math> dont toutes les dérivées partielles jusqu'à l'ordre <math>k</math> inclus sont continues.  Théorème de Schwarz (admis) pour les applications de classe <math>C^k</math> sur <math>\Omega</math>.  Dans le cas où <math>n = p</math> : définition du jacobien, de la divergence et du rotationnel (dans le cas où <math>n = p = 3</math>).  Dans le cas où <math>p = 1</math>, définition des points critiques d'une application de <math>C^1(\Omega, \mathbf{R})</math>, condition nécessaire d'existence d'un extremum local.  Théorème fondamental (admis) : une injection <math>\Phi : \Omega \subset \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n</math> de classe <math>C^1</math> est un <math>C^1</math>-difféomorphisme de <math>\Omega</math> si et seulement si son jacobien est non nul sur <math>\Omega</math>. Définition d'un changement de variable : <math>C^1</math>-difféomorphisme entre deux ouverts de <math>\mathbf{R}^n</math>.</p>	<p>On considère des fonctions définies sur un ouvert <math>\Omega</math> de <math>\mathbf{R}^n</math> et à valeurs dans <math>\mathbf{R}^p</math> (<math>p \geq 1</math>).</p> <p>Exemples et pratique de changements de variable (affine, polaire, cylindrique, sphérique).</p>

# Programme de physique

Les candidats pourront être interrogés sur les points de la physique listés ci-après. Il est important de comprendre que les examinateurs se baseront sur certaines de ces notions physiques pour échanger de manière constructive avec le candidat. Mais, la note sera essentiellement construite sur les compétences du tableau ci-dessous.

Compétence	Exemples de capacités associées
<b>S'approprier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec la situation étudiée.</li> <li>- Identifier la complémentarité d'informations présentées sous des formes différentes (texte, graphe, tableau, etc.).</li> <li>- Représenter la situation par un schéma modèle.</li> <li>- Identifier les grandeurs pertinentes, leur attribuer un symbole.</li> <li>- Relier le problème à une situation modèle connue.</li> </ul>
<b>Analyser/ Raisonner</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formuler des hypothèses.</li> <li>- Décomposer un problème en plusieurs problèmes plus simples.</li> <li>- Évaluer des ordres de grandeur.</li> </ul>
<b>Réaliser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche, un protocole, un modèle.</li> <li>- Extraire une information d'un texte, d'un graphe, d'un tableau, d'un schéma, d'une photo.</li> <li>- Schématiser un dispositif, une expérience, une méthode de mesure.</li> <li>- Effectuer des représentations graphiques à partir de données.</li> <li>- Effectuer des applications numériques.</li> <li>- Conduire une analyse dimensionnelle.</li> </ul>
<b>Valider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploiter des observations, des mesures en estimant les incertitudes.</li> <li>- Confronter les résultats d'un modèle à des résultats expérimentaux, à des données figurant dans un document, à ses connaissances.</li> <li>Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information.</li> <li>- Analyser les résultats de manière critique.</li> <li>- Repérer les points faibles d'une argumentation (contradiction, partialité, incomplétude, etc.).</li> <li>- Proposer des améliorations de la démarche ou du modèle.</li> </ul>
<b>Communiquer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- À l'écrit comme à l'oral :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Présenter les étapes de sa démarche de manière synthétique, organisée et cohérente.</li> <li>○ Rédiger une synthèse, une analyse, une argumentation.</li> <li>○ Utiliser un vocabulaire scientifique précis et choisir des modes de représentation adaptés (schémas, graphes, etc.).</li> <li>○ Savoir exploiter les éléments fournis par l'interrogateur.</li> <li>○ Contribuer à l'échange évaluatif.</li> </ul> </li> <li>- Écouter, confronter son point de vue.</li> </ul>

## CIRCUITS ÉLECTRIQUES

<p><b>Lois générales dans l'approximation des régimes quasi stationnaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dipôles linéaires, modélisation.</li> <li>- Caractéristiques d'un dipôle électrique linéaire. Point de fonctionnement.</li> <li>- Associations série et parallèle.</li> <li>- Diviseur de tension et de courant.</li> <li>- Générateurs de tension et de courant</li> <li>- Lois de Kirchhoff.</li> </ul>	<p>Concernant les caractéristiques, on se bornera à constater la linéarité des dipôles.</p> <p>Les théorèmes de Thévenin, Norton, Kenelly et Millman sont hors programme.</p> <p><u>Capacités expérimentales :</u> mesurer une tension avec un voltmètre ou un oscilloscope numériques ; savoir mesurer une intensité avec un ampèremètre numérique.</p>
<p><b>Régime transitoire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dipôles <b>R, L, C</b>.</li> <li>- Établissement et rupture d'un régime continu dans un condensateur, une bobine.</li> <li>- Associations série et parallèle.</li> <li>- Circuits oscillants.</li> </ul>	<p>Utiliser les relations entre l'intensité et la tension.</p> <p>Interpréter et utiliser la continuité de la tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité traversant une bobine.</p> <p>L'étude est limitée aux circuits du 1<sup>er</sup> et du second ordre.</p> <p>Établir l'équation différentielle et la réponse temporelle, dans le cas où les circuits sont en régime libre ou soumis à des échelons de tension ou de courant.</p> <p>L'établissement d'un régime sinusoïdal dans un circuit quelconque est hors programme.</p>
<p><b>Régime sinusoïdal forcé :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandeurs efficaces. Amplitude, phase, période, fréquence, pulsation d'un signal.</li> <li>- Impédance et admittance complexes. Modèles équivalents à haute et basse fréquence.</li> <li>- Notions d'impédances d'entrée et de sortie.</li> </ul>	<p>Établir et connaître l'impédance d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine. Impédance ou admittance équivalente.</p> <p>Les puissances complexe, active, moyenne, réactive et apparente et le facteur de puissance sont hors programme.</p> <p><u>Capacités mathématiques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- calculer et interpréter la partie réelle, la partie imaginaire, le module et l'argument d'un nombre complexe.</li> <li>- interprétation graphique d'un développement en série de Fourier fournie, d'une fonction périodique.</li> </ul>

**Filtres passifs (passe-bas, passe-haut, passe-bande) :**

- Fonctions de transfert, diagramme de Bode (réel et asymptotique), pulsation ou fréquence de coupure, bande passante.

- Étude du circuit RLC série ou parallèle, résonance, facteur de qualité.

On se limite à des filtres passifs et à des circuits à petit nombre de mailles, modélisant des filtres du 1<sup>er</sup> ou du 2<sup>ème</sup> ordre (comportement asymptotique HF ou BF).

Capacités mathématiques : représentations graphiques en échelle logarithmique

## ÉLECTROMAGNÉTISME

<p><b>Phénomènes stationnaires électrostatiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- charge électrique, intensité du courant électrique.</li> <li>- Loi de Coulomb.</li> <li>- Champ électrostatique <math>\vec{E}</math>, lignes de champ.</li> <li>- Potentiel scalaire <math>V</math>, tension, circulation de <math>\vec{E}</math>.</li> <li>- Energie électrostatique d'une charge dans un champ <math>\vec{E}</math>.</li> <li>- Distributions discrètes et continues de charges. Symétries et invariances.</li> <li>- Théorème de Gauss, forme intégrale et locale.</li> <li>- Dipôles dans un champ électrostatique.</li> <li>- Condensateur plan : capacité <math>C</math>.</li> </ul>	<p>Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.</p> <p>Pour les distributions continues de charges, seule la méthode par le théorème de Gauss est au programme.</p> <p><u>Capacités mathématiques :</u> Principe de Curie : exploitation des symétries et des invariances du système.</p>
<p><b>Phénomènes stationnaires magnétostatiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vecteur densité de courant volumique, loi d'Ohm locale, conductivité.</li> <li>- Conservation de la charge électrique sous sa forme stationnaire, loi des nœuds.</li> <li>- Le champ magnétostatique <math>\vec{B}</math>.</li> <li>- Distribution de courants, symétries et invariances.</li> <li>- Flux du champ magnétostatique. Ligne de champ.</li> <li>- Théorème d'Ampère, circulation du champ magnétostatique.</li> <li>- Force de Laplace sur un circuit filiforme.</li> </ul>	<p>Le potentiel vecteur est hors programme.</p> <p>Pour les distributions de courants stationnaires, seule la méthode par le théorème d'Ampère est au programme.</p> <p>Le dipôle magnétique et le moment magnétique sont hors programme.</p>
<p><b>Phénomènes dépendant du temps - Induction magnétique :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Force électromotrice induite.</li> <li>- Loi de Faraday, loi de Lenz.</li> <li>- Circuit mobile dans un champ uniforme et stationnaire et circuit filiforme rigide et immobile dans un champ magnétique variable.</li> <li>- Flux propre et inductance propre.</li> </ul>	<p>Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter la polarité des phénomènes physiques observés.</p>

**Equations de Maxwell – Ondes électromagnétiques :**

- Équations de Maxwell dans le vide. Courant de déplacement.
- Équations de propagation des champs dans une région vide de charges et de courants.
- Énergie du champ électromagnétique.
- Densité volumique de puissance Joule.
- Equation bilan, vecteur de Poynting, puissance rayonnée.

Citer, utiliser et interpréter les équations de Maxwell forme intégrale, et les associer aux équations locales.

## MÉCANIQUE

### **Cinématique du point matériel**

- Référentiel, systèmes de coordonnées.  
Cas particulier des mouvements rectilignes et uniformes, rectilignes et uniformément accélérés, circulaires et uniformes et non uniformes.
  
- Quantité de mouvement et moment cinétique.
  
- Changement de référentiels, lois de composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'une translation, et dans le cas d'une rotation uniforme autour d'un axe fixe. Vecteur rotation d'un référentiel par rapport à un autre.

Établir les expressions des composantes du vecteur-position, du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération dans le seul cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques.  
Établir l'équation de la trajectoire en coordonnées cartésiennes ou cylindriques.

Capacités mathématiques : analyse vectorielle, produit vectoriel produit scalaire ; conventions d'orientation des axes, convention d'orientation des angles.

### **Dynamique du point matériel :**

- Référentiels galiléens. Lois de Newton : principe de l'inertie, loi fondamentale, loi des actions réciproques.
  
- Moment d'une force par rapport à un point ou un axe orienté.
- Théorèmes de la quantité de mouvement, du moment cinétique. Conservation du moment cinétique.
  
- Lois de Coulomb du frottement de glissement.
- Frottement visqueux.

Décrire le mouvement relatif de deux référentiels galiléens.  
Établir un bilan des forces sur un système, en rendre compte sur un schéma, les exprimer dans une base de coordonnées.  
Savoir caractériser le poids, la tension d'un fil, les actions d'un support, la force de rappel d'un ressort idéal (loi de Hooke).

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oscillateur harmonique à une dimension, amorti, forcé, résonance.</li> <li>- Gravitation, applications à la dynamique terrestre.</li> <li>- Mouvement d'un point matériel soumis à une force centrale en <math>1/r^2</math>. Lois de Kepler.</li> <li>- Force de Lorentz. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme. Mouvement circulaire d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme dans le cas où le vecteur-vitesse initial est perpendiculaire au champ magnétique. Puissance de la force de Lorentz.</li> <li>- Approche énergétique d'un mouvement : champ de force conservative et énergie potentielle ; énergie mécanique ; transfert d'énergie mécanique : travail et puissance ; mouvement conservatif à une dimension ; cas particuliers des champs de force gravitationnelle, de pesanteur, électrique.</li> <li>- Théorèmes de l'énergie cinétique et de l'énergie mécanique. Positions d'équilibre, stabilité.</li> <li>- Dynamique en référentiels non galiléens, dans le cas où le référentiel entraîné est en translation ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen. Forces d'inertie.</li> </ul>	<p>Savoir établir l'équation du mouvement, et exploiter les expressions des solutions.</p> <p>La détermination de l'équation des trajectoires n'est pas exigible, et les lois de Binet sont hors programme. Justifier qu'un champ électrique peut modifier l'énergie cinétique d'une particule, alors qu'un champ magnétique peut courber la trajectoire sans fournir l'énergie à la particule. Déterminer le rayon de la trajectoire sans calcul en admettant que celle-ci est circulaire.</p> <p>Distinguer forces conservatives et forces non conservatives. Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force. Déterminer l'expression d'une force à partir de l'énergie potentielle.</p> <p>Déduire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de position d'équilibre.</p> <p><u>Capacités mathématiques</u> : équations du premier et second degré à une inconnue ; équation différentielle de l'oscillateur harmonique ; fonctions usuelles : exponentielle, logarithme, cosinus, sinus, tangente, puissance ; équations différentielles ; représentation et lecture graphiques.</p>
<p><b>Dynamique du solide :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition du solide.</li> <li>- Masse, centre de masse et moment d'inertie dans le cas de solides simples (sphère, cylindre, tige, ...)</li> <li>- Quantité de mouvement, moment cinétique.</li> <li>- Énergie cinétique d'un solide en rotation autour</li> </ul>	<p>Décrire la trajectoire d'un point quelconque du solide et exprimer sa vitesse en fonction de sa distance à l'axe et de la vitesse angulaire. L'opérateur d'inertie n'est pas au</p>

<p>d'un axe fixe.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modélisation des actions mécaniques ; moment d'une force, couple. Lois de Coulomb du frottement de glissement, dans le seul cas d'un solide en translation.</li> <li>- Théorèmes généraux : de la quantité de mouvement, du moment cinétique, de l'énergie cinétique, de l'énergie mécanique, appliqués au solide en rotation autour d'un axe fixe.</li> </ul>	<p>programme.</p>
<p><b>Statique des fluides</b> Equation fondamentale. Cas d'un fluide isovolume et homogène. Poussée d'Archimède.</p>	

<b>OPTIQUE ET PHYSIQUE DES ONDES</b>	
<p><b>Optique géométrique :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Notion de rayon lumineux. Indice d'un milieu transparent.</li> <li>- Réflexion, réfraction. Lois de Snell-Descartes.</li> <li>- Généralités sur la formation des images.</li> <li>- Stigmatisme et aplanétisme.</li> <li>- Lentilles minces et miroirs plans dans l'approximation de Gauss. Relations de conjugaison. Grandissement transversal, grandissement angulaire.</li>   <li>- Fonctionnement de l'œil.</li>   <li>- Association de lentilles minces et / ou de miroirs.</li> <li>- Instruments d'optique : loupe, projecteur, objectif photographique, microscope, lunette astronomique, télescope. Grossissement.</li> <li>- Constructions géométriques et méthode analytique.</li> </ul>	<p>Définir le modèle de l'optique géométrique, et indiquer ses limites. Établir la condition de réflexion totale.</p> <p>Définir les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence. Construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie, à l'aide de rayons lumineux, et identifier les natures réelle ou virtuelle. Savoir exploiter la formule fournie, de conjugaison (Descartes ou Newton) des lentilles minces.</p> <p>On se limitera au principe de la vision, l'accommodation et la vision au repos.</p> <p>On se limitera au principe de fonctionnement de ces instruments.</p>

<p><b>Physique des ondes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques des phénomènes ondulatoires.</li> <li>- Principe de superposition.</li> <li>- Équation de d'Alembert à une dimension : forme générale, ondes progressives, ondes progressives sinusoïdales, ondes stationnaires, onde plane.</li> <li>- Vitesse de phase, déphasage, double périodicité spatiale et temporelle</li> </ul>	<p>On se limitera à l'étude de la corde vibrante.</p>
<p><b>Optique ondulatoire :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nature ondulatoire de la lumière. Description qualitative de la diffraction.</li> <li>- Rôle de la diffraction dans les instruments d'optique.</li>   <li>- Superposition de deux ondes incohérentes entre elles.</li>   <li>- Superposition de deux ondes monochromatiques mutuellement cohérentes. Interférence constructive ou destructive. Théorème de Malus (admis).</li> <li>- Formule de Fresnel. Facteur de contraste. Interfrange. Ordre d'interférence.</li>   <li>Exemple de dispositif interférentiel par division du front d'onde : trous (ou fentes) d'Young dans un milieu non dispersif : source ponctuelle à distance finie et observation à grande distance.</li> </ul>	<p>On donnera l'allure de la figure de diffraction par une ouverture circulaire.</p> <p>Savoir que l'élargissement angulaire due à la diffraction est de l'ordre de grandeur de <math>\frac{\lambda}{d}</math> où <math>d</math> est la taille caractéristique de l'ouverture.</p> <p>Citer les principales conditions pour que le phénomène d'interférence apparaisse (ondes quasi synchrones, déphasage constant dans le temps ou très lentement variable).</p> <p>Relier le déphasage entre les deux ondes à la différence de chemin optique.</p> <p>Le calcul de l'intensité lumineuse résultant de la superposition de deux ondes cohérentes n'est pas exigible.</p> <p>Tout autre dispositif est hors programme.</p>

## THERMODYNAMIQUE

<p><b>Introduction à la thermodynamique :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Objet de la thermodynamique.</li> <li>- Systèmes thermodynamiques. Systèmes fermés, ouverts, isolés.</li> <li>- Variables thermodynamiques.</li> <li>- Évolutions d'un système thermodynamique.</li> <li>Équilibre thermodynamique.</li> <li>- Transformations réversibles. Transformations irréversibles.</li> <li>- Fonctions d'état.</li> <li>- Cas particulier des gaz parfaits ; équation d'état.</li> </ul>	<p>On insistera sur ces concepts fondamentaux.</p>
<p><b>Premier principe :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Énergie interne d'un système.</li> <li>- Premier principe de la thermodynamique.</li> <li>- Étude qualitative des différents modes de transfert de l'énergie.</li> <li>- Transfert mécanique <math>W</math> (travail), transfert thermique <math>Q</math> (chaleur), transfert radiatif (rayonnement).</li> <li>- Enthalpie. Capacités thermiques.</li> <li>- Transformations isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme, adiabatique.</li> </ul>	<p>On se limitera aux systèmes fermés.</p>
<p><b>Deuxième principe :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Énoncés du deuxième principe de la thermodynamique.</li> <li>- Fonctions entropie. Entropie échangée, entropie produite</li> <li>- Bilan entropique d'un système fermé.</li> <li>- Loi de Laplace (Gaz parfaits).</li> </ul>	
<p><b>Changements de phase des corps purs :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Propriétés. Diagramme de phases <math>(p, T)</math>. Diagramme de Clapeyron <math>(p, V)</math>.</li> <li>- Chaleurs latentes (massique et molaire) de changement de phase.</li> </ul>	<p>Positionner les phases dans les diagrammes <math>(p, V)</math> et <math>(p, T)</math>. Déterminer la composition d'un mélange diphasé en un point du diagramme <math>(p, V)</math>.</p>
<p><b>Fonctionnement des machines thermiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cycles monothermes.</li> <li>- Cycles dithermes : moteur (<math>W &lt; 0</math>), récepteur (<math>W &gt; 0</math>).</li> <li>- Cycle de Carnot.</li> </ul>	

<p><b>Phénomènes de diffusion :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Loi de Fourier</li><li>- Equation de la diffusion thermique. Régime stationnaire. Résistance thermique.</li><li>- Coefficient de transfert thermique de surface <b><i>h</i></b>, loi de Newton.</li></ul>	<p>On se limitera aux phénomènes à 1 D.</p>
---	---

# Programme de chimie

## COMMENTAIRES GENERAUX:

L'objectif est de donner aux futurs ingénieurs **une culture en sciences chimiques.**

PROPOSITIONS	COMMENTAIRES
<b>I Mélanges et transformations de la matière : aspects thermodynamiques</b>	
<b>Description d'un système et évolution vers un état final</b>	
<p><b>États physiques et transformations de la Matière</b> États de la matière : gaz, liquide, solide cristallin, solide amorphe et solide semi-cristallin, variétés allotropiques.</p>	<p>Reconnaître la nature d'une transformation. Déterminer l'état physique d'une espèce chimique à partir de la lecture d'un diagramme de phase (P,T) d'un corps pur.</p>
<p><b>Système physico-chimique</b> Constituants physico-chimiques. Corps purs et mélanges : concentration molaire, fraction molaire, pression partielle. Composition d'un système physico-chimique.</p>	<p>Recenser les constituants physico-chimiques présents dans un système. Décrire la composition d'un système à l'aide des grandeurs physiques pertinentes (molalité exclue). Seuls les systèmes idéaux seront à considérer à l'état de corps purs et demélanges.</p>
<p><b>Transformation chimique</b> Modélisation d'une transformation par une réaction chimique. Évolution d'un système lors d'une transformation chimique modélisée par une seule réaction chimique. Equation de réaction, avancement (molaire et volumique), activité, produit réactionnel, critère d'évolution, constante d'équilibre thermodynamique.</p> <p>Description de l'état final : état d'équilibre chimique, transformation totale, composition chimique du système.</p> <p><b>Application du premier principe à la transformation chimique</b></p>	<p>Écrire l'équation de la réaction qui modélise une transformation chimique donnée. <b>Détermination de la constante d'équilibre.</b> Décrire qualitativement et quantitativement un système chimique dans l'état initial ou dans un état d'avancement quelconque. Exprimer l'activité d'une espèce chimique pure ou dans un mélange dans le cas de solutions aqueuses très diluées ou de mélanges de gaz parfaits avec référence à l'état standard. Exprimer le produit réactionnel. Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique en réaction. Identifier un état d'équilibre chimique. Déterminer la composition chimique du système dans l'état final, en distinguant les cas d'équilibre chimique et de transformation totale, pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique.</p>

<p>Etat standard. Enthalpie standard de réaction.          Enthalpie standard de changement d'état. Enthalpie standard de formation, état standard de référence d'un élément.          Loi de Hess.          Effets thermiques pour une transformation isobare :          - Transfert thermique causé par la transformation chimique d'un réacteur isobare isotherme (<math>\Delta H = Q_p = \xi \Delta_r H^\circ</math>).          - Transformation chimique exothermique ou endothermique.  <b>Application du second principe à la transformation chimique</b>          Enthalpie libre de réaction. Enthalpie libre standard de réaction.          Relation entre <math>\Delta_r G</math>, <math>\Delta_r G^\circ</math> et <math>\Pi(Q_r)</math> ; évolution d'un système chimique.          Entropie molaire standard absolue. Entropie standard de réaction <math>\Delta_r S^\circ</math>.</p> <p>Les systèmes non idéaux sont hors programme de même que la notion de coefficient d'activité.          Les lois de Henry et de Raoult sont hors programme.</p> <p>Constante d'équilibre ; relation de Van't Hoff.</p>	<p>Déterminer l'enthalpie standard de réaction à l'aide de tables de données thermodynamiques ou de la loi de Hess.          Évaluer la température atteinte par un réacteur monobare adiabatique siège d'une transformation chimique exothermique ou endothermique.          Prévoir le sens de transfert thermique entre le système en transformation chimique et le milieu extérieur.          Dans les exercices on évitera d'alourdir les calculs. On prendra des <math>C_p^\circ</math> qui ne dépendent pas de la température.          Relier création d'entropie et enthalpie libre de réaction lors d'une transformation d'un système physico-chimique à P et T fixées. Prévoir le sens d'évolution à P et T fixées d'un système physico-chimique dans un état donné à l'aide de l'enthalpie libre de réaction.          Déterminer les grandeurs standard de réaction à l'aide de tables de données thermodynamiques ou de la loi de Hess.          Déterminer les grandeurs standard de réaction d'une réaction dont l'équation est la combinaison linéaire d'autres équations de réaction. Interpréter ou prévoir le signe de l'entropie standard de réaction.          Définir la constante thermodynamique d'équilibre à partir de l'enthalpie libre standard de réaction.          Prévoir le sens d'évolution à P et T fixées d'un système physico-chimique dans un état donné à l'aide de <math>\Pi(Q_r)</math> et <math>K^\circ</math>. Énoncer et exploiter la relation de Van't Hoff.</p>
--	--

<p>État final d'un système : équilibre chimique ou transformation totale.</p> <p><b>Évolution temporelle d'un système chimique et mécanismes réactionnels</b>  <b>En réacteur fermé de composition uniforme.</b>          Vitesse de réaction pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique.          Lois de vitesse : réactions sans ordre, réactions avec ordre simple (0, 1, 2), ordre global, ordre apparent.          Temps de demi-réaction.</p> <p><b>Loi empirique d'Arrhenius : énergie d'activation</b></p> <p><b>Mécanismes réactionnels</b>          Actes élémentaires, molécularité, intermédiaire réactionnel, état de transition.</p>	<p>Déterminer la valeur de la constante d'équilibre thermodynamique à une température quelconque.          Déterminer la valeur d'une constante d'équilibre thermodynamique d'une réaction par combinaison de constantes d'équilibres thermodynamiques d'autres réactions.          Déterminer la composition chimique d'un système dans l'état final, en distinguant les cas d'équilibre chimique et de transformation totale, pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique.          Distinguer l'équation chimique symbolisant une réaction chimique de l'équation traduisant un acte élémentaire.          Les cas d'étude se limiteront à l'étude cinétique d'une seule équation de réaction. On n'étudiera pas les réactions complexes : opposées, parallèles et successives.          Exprimer la loi de vitesse si la réaction chimique admet un ordre et déterminer la valeur de la constante cinétique à une température donnée.          Déterminer un ordre de réaction à l'aide de la méthode différentielle ou à l'aide des temps de demi-réaction. Confirmer la valeur d'un ordre par la méthode intégrale, en se limitant strictement à une décomposition d'ordre 0, 1 ou 2 d'un unique réactif, ou se ramenant à un tel cas par dégénérescence de l'ordre ou conditions initiales stœchiométriques.          Déterminer la valeur de l'énergie d'activation d'une réaction chimique à partir des valeurs de la constante cinétique à différentes températures.          Distinguer un intermédiaire réactionnel d'un complexe activé (état de transition).          Exprimer la loi de vitesse d'un acte élémentaire. Le profil</p>
---	--

<p>Étape cinétiquement déterminante, approximation de l'état quasi-stationnaire (AEQS).</p>	<p>énergétique correspondant à plusieurs actes élémentaires successifs ne sera pas exigible.</p>
---	--

## II Architecture de la matière

<b>Classification périodique des éléments et électronégativité</b>	
<p><b>Atomes et éléments</b>            Isotopes, abondance isotopique, stabilité. Ordres de grandeur de la taille d'un atome, des masses et des charges de l'électron et du noyau.            Discrétisation de l'énergie d'un atome.            Nombres quantiques (<math>n</math>, <math>l</math>, <math>m_l</math>), orbitales atomiques (<math>s</math>, <math>p</math>, <math>d</math>), spin de l'électron (<math>s</math>, <math>m_s</math>).            Configuration électronique d'un atome dans son état fondamental (règle de Klechkowski).            Règles de Hund et principe d'exclusion de Pauli.            Électrons de cœur et de valence.</p>	<p>Utiliser un vocabulaire précis : élément, atome, corps simple, espèce chimique.            Déterminer la longueur d'onde d'une radiation émise ou absorbée à partir de la valeur de la transition énergétique mise en jeu, et inversement. Établir un diagramme qualitatif des niveaux d'énergie électroniques d'un atome donné.  <math>E = -13,6.Z^2/n^2</math> sera donné.            Établir la configuration électronique d'un atome dans son état fondamental (la connaissance des exceptions à la règle de Klechkowski n'est pas exigible).</p>
<p><b>Classification périodique des éléments</b>            Architecture et lecture du tableau périodique.             Électronégativité.</p>	<p>Relier la position d'un élément dans le tableau périodique à la configuration électronique et au nombre d'électrons de valence de l'atome correspondant.            Positionner dans le tableau périodique et reconnaître les métaux et non métaux.            Situer dans le tableau les familles suivantes : métaux alcalins, halogènes et gaz nobles.            Relier le caractère oxydant ou réducteur d'un corps simple à l'électronégativité de l'élément. Comparer l'électronégativité de deux éléments selon leur position dans le tableau périodique. Les différentes échelles ne seront pas exigibles.</p>

<b>II 2 Molécules et solvants</b>	
<b>Description des entités chimiques moléculaires</b> Liaison covalente. Schéma de Lewis d'une molécule ou d'un ion moléculaire. Géométrie d'une molécule ou d'un ion polyatomique : méthode VSEPR.  Liaison polarisable. Molécule polaire. Moment dipolaire.	Établir un ou des schémas de Lewis pour une entité donnée et identifier éventuellement le plus représentatif. La géométrie des molécules se fera uniquement par la méthode de la V.S.E.P.R. Représenter les structures de type AX <sub>n</sub> , avec $n \leq 6$ . Prévoir ou interpréter les déformations angulaires pour les structures de type AX <sub>p</sub> E <sub>q</sub> , avec $p+q = 2$ à 6. Relier la structure géométrique d'une molécule à l'existence ou non d'un moment dipolaire permanent. Déterminer direction et sens du vecteur moment dipolaire d'une molécule ou d'une liaison.
<b>III. Architecture de la matière condensée : solides cristallins</b>	
Description du cristal parfait ; population, coordinence, compacité, masse volumique.	Décrire un cristal parfait comme un assemblage de mailles parallélépipédiques. Déterminer la population, la coordinence et la compacité pour une structure fournie. Déterminer la valeur de la masse volumique d'un matériau cristallisé selon une structure cristalline cubique fournie.
<b>Métaux et cristaux métalliques</b> Description des modèles d'empilement compact de sphères identiques.  Maille conventionnelle cubique à faces centrées (CFC) <b>Alliages de substitution et d'insertion.</b>	Relier les caractéristiques de la liaison métallique (ordre de grandeur énergétique, non directionnalité) aux propriétés macroscopiques des métaux. Localiser, dénombrer les sites tétraédriques et octaédriques d'une maille CFC et déterminer leur habitabilité.  Citer des exemples d'alliage et leur intérêt par rapport à des métaux purs. Prévoir la possibilité de réaliser des alliages de substitution ou d'insertion selon les caractéristiques des atomes mis en jeu et la dimension des sites accueillant ces atomes.
<b>Solides covalents et moléculaires</b>	Relier les caractéristiques des liaisons covalentes, des interactions de van der Waals et des liaisons hydrogène (directionnalité ou non, ordre de grandeur des énergies mises en jeu) et les propriétés macroscopiques des solides correspondants. Seul sera étudié le diamant et la glace (type diamant)
<b>IV. Transformations chimiques en solution aqueuse</b>	

<p><b>Réactions acido-basiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Constante d'acidité ou de basicité.</li> <li>- Diagramme de prédominance.</li> <li>- Exemples usuels d'acides et bases : nom, formule et nature – faible ou forte – des acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, phosphorique, acétique, de la soude, la potasse, l'ion hydrogénocarbonate, l'ammoniac.</li> </ul>	<p>On se limitera à des <b>cas simples</b> où (après si nécessaire la résolution des réactions quantitatives) il ne reste qu'une seule réaction chimique pour le calcul du pH. Le calcul de pH pourra se faire dans des cas simples d'acides faibles ou de bases faibles en corrélation avec les domaines de prédominance des espèces.</p> <p>Identifier la nature des réactions en solutions aqueuses. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre pour une équation de réaction, combinaison linéaire d'équations dont les constantes thermodynamiques sont connues.</p> <p>Déterminer la composition chimique du système dans l'état final, en distinguant les cas d'équilibre chimique et de transformation totale, pour une transformation modélisée par une réaction chimique prépondérante.</p>
---	---

<p><b>Réactions d'oxydo-réduction</b>  <b>Oxydants et réducteurs</b>  Nombre d'oxydation.  Exemples usuels : nom, nature et formule des ions thiosulfate, permanganate, dichromate, hypochlorite, du peroxyde d'hydrogène. Potentiel d'électrode, formule de Nernst, électrodes de référence.  Les piles électrochimiques. Notion de système électrochimique (demi-pile). Existence d'un courant, polarités et noms (anode et cathode) des électrodes, demi-équations rédox quand la pile fonctionne, f.e.m, quantité d'électricité débitée....</p> <p>Réactions d'oxydo-réduction  Aspect thermodynamique.  Dismutation et médiamutation.</p> <p><b>Réactions de dissolution ou de précipitation</b>  - Constante de l'équation de dissolution, produit de solubilité <math>K_s</math> ;  - Solubilité et condition de précipitation ;  - Domaine d'existence ;  - Facteurs influençant la solubilité.</p> <p><b>Réactions de complexation</b>  - Constantes de formation ou de dissociation.  - Diagramme de prédominance en fonction de pL.</p>	<p>Prévoir les nombres d'oxydation extrêmes d'un élément à partir de sa position dans le tableau périodique. Identifier l'oxydant et le réducteur d'un couple. Décrire le fonctionnement d'une pile à partir d'une mesure de tension à vide ou à partir des potentiels d'électrodes.  Utiliser les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires.</p> <p>Prévoir qualitativement ou quantitativement le caractère thermodynamiquement favorisé ou défavorisé d'une réaction d'oxydo-réduction.  On pourra établir la relation qui relie l'enthalpie libre d'une réaction rédox et les potentiels rédox mais cette démonstration comme celle donnant la relation de Nernst ne sont pas exigibles.</p> <p>Retrouver les valeurs de constantes d'équilibre par lecture de courbes de distribution et de diagrammes de prédominance (et réciproquement).  Déterminer la composition chimique du système dans l'état final, en distinguant les cas d'équilibre chimique et de transformation totale, pour une transformation modélisée par une réaction chimique unique.  Utiliser les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires.</p> <p>Retrouver les valeurs de constantes d'équilibre par lecture de courbes de distribution et de diagrammes de prédominance (et réciproquement).</p>
<p><b>V. Chimie organique</b></p>	
<p><b>Présentation des différentes fonctions et bases élémentaires de la nomenclature</b>  Formule développée et semi-développée</p> <p><b>Stéréochimie des molécules organiques</b>  - Isomérisation et stéréoisomérisation.  - Les stéréoisomérisations de conformation et de configuration. Etude de la chiralité dans le cas du carbone asymétrique.  Enantiomérisation et diastéréoisomérisation optique.  Représentation en Cram et Newman.  Diastéréoisomérisation géométrique Z et E.</p> <p><b>Effets Electroniques</b>  - Effets inductifs et effets mésomères. Polarité et Polarisabilité d'une liaison. Conséquences sur les propriétés acido-basiques des molécules organiques.  - Effet stérique.  - Les réactifs nucléophiles et électrophiles.</p>	<p>L'étude de spectres IR et RMN ne pourra pas donner lieu à des questions à l'oral du concours.  A cette occasion on fera un exercice d'analyse élémentaire qui permet de remonter à la formule brute du composé étudié.  L'écriture topologique sera présentée.</p> <p>On ne verra que les conformères de l'éthane et du cyclohexane.  La représentation de Fischer est hors programme.  On ne verra pas plus de 2 atomes de carbone asymétriques dans une molécule.  La nomenclature érythro-thréo ne sera pas utilisée.</p> <p>Pour les propriétés acido-basiques, on ne traitera que les exemples simples habituels : les acides carboxyliques, les amines, le phénol, les acides carboxyliques et les bases contenant un cycle aromatique.</p>

<p><b>Etudes des mécanismes par l'intermédiaire de l'étude des grandes familles de composés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Les alcanes.</b> La substitution radicalaire dans les alcanes.</li>   <li>➤ <b>Les alcènes.</b> Relation structure et propriétés physiques. Structure et réactivité chimique. Les 3 types d'addition électrophile, radicalaire et catalytique. Les oxydations avec clivage oxydatif et sans clivage (oxydation ménagée). Les polyadditions. Seule sera envisagée la polyaddition radicalaire.</li>   <li>➤ <b>Les dérivés monohalogénés des alcanes : les R – X.</b> Relation structure et propriétés physiques. Structure et réactivité chimique. Substitutions nucléophiles S<sub>N</sub>1, S<sub>N</sub>2. Eliminations E1 et E2.</li>   <li>➤ <b>Les alcools.</b> Propriétés acides et basiques. Propriétés nucléophiles. Substitutions et Eliminations. Estérification. Propriétés réductrices.</li>   <li>➤ <b>Les composés carbonylés : aldéhydes et cétones.</b> Additions nucléophiles. Propriétés dues à la labilité des hydrogènes en α, réductions et oxydations.</li>   <li>➤ <b>Les acides carboxyliques.</b> Préparation des chlorures d'acyle et des anhydrides d'acides. Intérêts de ces 2 dérivés des acides carboxyliques pour la fabrication des esters. Réductions par LiAlH<sub>4</sub> et NaBH<sub>4</sub>. Saponification des esters.</li>   <li>➤ <b>Les amines.</b> Propriétés basiques et nucléophiles.</li> </ul>	<p>On reverra le mécanisme de l'halogénéation du méthane. On ne s'attardera pas sur les différences de réactivité selon la nature de l'halogène ou celle de l'alcane. Le mécanisme de l'ozonolyse est hors programme. L'hydroboration est hors programme.</p> <p>Les mécanismes des réactions de S<sub>N</sub> seront vus en détails. Le rôle du solvant et du substrat sera précisé. Les réactions d'élimination seront abordées comme des réactions secondaires lors des S<sub>N</sub>. Leur mécanisme sera moins détaillé.</p> <p>On cite les réactions secondaires qui peuvent se produire lors de leur préparation.</p> <p>L'étude du phénol est vue au travers des exercices. Les caractères acides et basiques des alcools sont cités. Toute interprétation des variations de ces propriétés avec les classes des alcools est exclue. Les mécanismes des réactions mettant en jeu PX<sub>3</sub> et SOCl<sub>2</sub> ne sont pas au programme.</p> <p>Le mécanisme de l'estérification est vu à cette occasion.</p> <p>Le mécanisme de l'aldolisation et de la cétoalisation sera bien développé.</p> <p>L'étude spécifique des amides et des nitriles est hors programme. On dira cependant que l'hydrolyse acide des nitriles ou des amides primaires permet de donner des acides carboxyliques. Les acides carboxyliques sont uniquement étudiés dans la perspective de fabriquer les chlorures d'acide et les anhydrides d'acide. La synthèse malonique et l'halogénéation en α des acides carboxyliques sont hors programme. Le mécanisme de la saponification est vu à cette occasion.</p> <p>La diazotation des amines est hors programme.</p>
---	--