



La formation scientifique des élèves officiers

Cursus Ingénieur

Détail du contenu des filières d'approfondissement scientifique

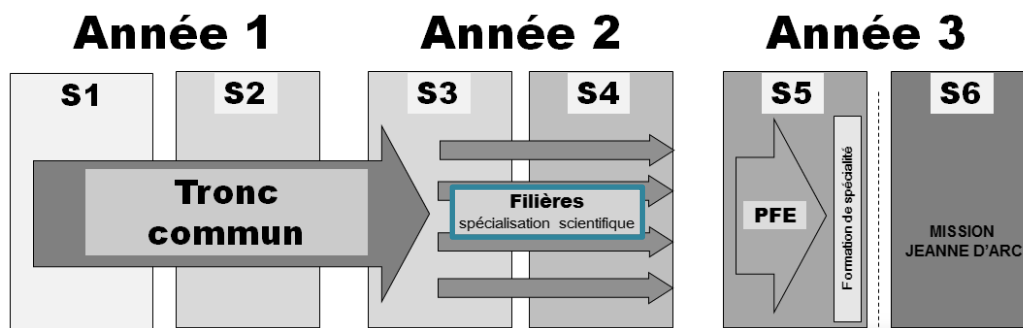




LE PROGRAMME de FORMATION SCIENTIFIQUE

L'enseignement scientifique à l'Ecole navale se décline en plusieurs phases successives et s'appuie sur la démarche : « de l'accompagnement vers la responsabilisation et l'autonomie ».

La formation académique se concentre sur les semestres 1 à 4. Elle est complétée par un stage de recherche en laboratoire en semestre 5 (le Projet de Fin d'étude - PFE), et pendant le semestre 6 par un embarquement de plusieurs mois sur un bâtiment opérationnel (la mission Jeanne d'Arc) qui aborde la mise en œuvre des systèmes.



Les trois phases de la formation scientifique (Tronc Commun, Filière, PFE)

A partir du semestre 3, les élèves se répartissent en différentes filières d'approfondissement Scientifique.

Pour le cursus ingénieur les quatre filières possibles sont :

- Filière Acoustique Sous-Marine
- Filière Informatique
- Filière Génie énergétique
- Filière Génie maritime



Semestre 3 : MODULES MAJEURS

<i>Filière Acoustique sous-marine</i>	
Traitement numérique du signal	Le traitement numérique du signal ou TNS s'est aujourd'hui largement ouvert aux applications grand public. CD, téléphonie mobile, aide à la navigation... sont autant de dispositifs et de domaines qui intègrent des techniques issues du TNS et qui font de cette matière un thème important dans la formation d'un ingénieur. Ce cours a pour objectif de compléter les bases acquises en traitement du signal et de proposer aux élèves un apprentissage du traitement du signal sur des signaux numériques.
Signaux aléatoires	Les signaux aléatoires interviennent dans tous les domaines afin de rendre une simulation informatique proche du réel. Pour cela les élèves devront maîtriser les caractéristiques principales des processus aléatoires (stationnarité, ergodicité) via le calcul des moments statistiques et temporels. Les concepts de corrélation, de covariance et de densité spectrale de puissance seront étudiés afin d'être manipulés lors d'exemples concrets.
Initiation Matlab – Application au traitement du signal et à l'acoustique	Le logiciel Matlab est un logiciel de calcul matriciel particulièrement bien adapté aux traitements du signal et d'image. Il permet d'illustrer, à l'aide d'un langage simple à maîtriser, des phénomènes physiques classiques dans le domaine de l'acoustique et du traitement de signal. Après une brève introduction sur l'utilisation de Matlab, différents thèmes seront proposés aux élèves. Ils devront, par exemple, simuler une antenne sonar et constater ainsi l'influence de différents paramètres sur sa directivité afin de conclure sur la conception même de l'antenne. Dans le domaine du traitement de signal, ils travailleront sur l'analyse spectrale de signaux aléatoires (simulés ou réels) et feront, via ordinateur, l'identification d'une cible. Les performances d'outils comme la transformée de Fourier rapide et le spectrogramme seront analysés.

<i>Filière Informatique</i>	
Programmation avancée	Approfondissement des principes de programmation. Former aux principes et aux concepts « avancés » de la programmation. Programmation en langage C. Sont abordées les notions de gestion dynamique de la mémoire, la récursivité, et l'optimisation algorithmique.
Système d'information géographique	Connaissance des fonctionnalités des SIG dans le domaine de l'intégration, structuration, analyse et visualisation de données géographiques. Etre capable d'apprécier la modélisation et la mise en œuvre d'outils d'analyse et d'aide à la décision à base de données géoréférencées.
Simulation et IA	Maîtriser la notion de complexité afin d'évaluer un algorithme et la difficulté de résolution d'un problème. Modéliser un système complexe et le simuler. Initiation à la manipulation des métaheuristiques, des algo génétiques et la programmation multi-agent

<i>Filière Génie Energétique</i>	
Hydraulique	Ce cours vise à donner aux élèves les outils d'analyse et de calculs des écoulements de fluides visqueux et compressibles, pour les conduire à répondre, lors d'un avant-projet, à un problème de dimensionnement d'installations hydrauliques en charge.

	<p>Cet enseignement traite de l'écoulement des fluides réels dans les conduites. On y traite des pertes de charge singulières et régulières et de l'utilisation de l'équation de Bernoulli généralisée pour le calcul d'une installation hydraulique. On aborde également la théorie de la propagation d'une onde de coup de bélier. A l'issue de ce cours, les élèves doivent être capables de dimensionner, pour un avant projet, une installation hydraulique (diamètre, longueur de conduite, débit, pompe, mise en réseau...). Les élèves doivent être capables de déterminer par méthode graphique les dépressions et surpressions issues des coups de bélier et évaluer ainsi les risques de rupture d'une installation.</p>
Matériaux	<p>Les élèves sauront caractériser le comportement des matériaux métalliques et non métalliques (céramiques, polymères, composites). Ils connaîtront les propriétés métallurgiques des alliages de fer, de cuivre, d'aluminium et également les propriétés liées aux différents éléments d'addition, aux traitements thermiques, aux revêtements, ainsi qu'à la mise en forme de ces matériaux.</p> <p>Enfin, ils seront capables de proposer les démarches de choix de matériaux au travers des indices de performance et des diagrammes de sélection d'Ashby.</p>
Transfert Thermique	<p>Ce cours sert à donner les méthodes pour l'estimation des flux échangés par conduction et rayonnement. A l'issue du cours, les élèves doivent savoir calculer les échanges de chaleur dans des cas pratiques simples en régime stationnaire : transferts de chaleur par conduction dans les ailettes ; transferts de chaleur par rayonnement (flux rayonné par une cible, effet de serre, rayonnement dans les enceintes). Ils doivent être capable d'utiliser les résistances thermiques afin de déterminer des flux nets échangés, des températures d'équilibre, des efficacités et dimensionner pour avant-projet une installation simple d'échanges de chaleur.</p>

Filière Génie maritime	
Mécanique des fluides	<p>L'objectif de ce module est de fournir aux élèves-officiers les notions fondamentales de dynamique des fluides (équations de Navier-Stokes, équations d'Euler, théorème des quantités de mouvement, similitudes) indispensables à la détermination des efforts exercés par les fluides sur les structures marines (pression, frottement, couche limite, portance, traînée, poussée).</p> <p>L'apprentissage de plusieurs méthodes de résolution leur permet de calculer les efforts. La discussion des hypothèses développe leur sens critique et doit leur permettre de se prononcer sur différents cas de chargement.</p> <p>Les études de cas sont issues des secteurs naval, aéro et maritime :</p> <ul style="list-style-type: none"> - écoulements externes : carènes de navires, appendices (safrans, systèmes propulsifs), ailes d'avion, pales d'hélicoptère, récupérateurs d'énergies marines renouvelables (hydroliennes, éoliennes) - écoulements internes : conduites, turbomachines, ...
Dynamique des milieux continus	<p>Le cours porte principalement sur la mécanique des solides déformables ; la mécanique des fluides étant abordée en majeure mécanique des fluides.</p> <p>Les objectifs sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - donner le formalisme nécessaire pour la description des notions de contraintes et de déformations dans un milieu continu tridimensionnel. - savoir résoudre des problèmes fondamentaux d'élasticité linéaire (traction, torsion, flexion) - analyser les résultats obtenus par éléments finis
Vibration	<p>L'objectif du cours est une sensibilisation avancée aux problèmes des vibrations dans le contexte naval (suivi et diagnostic de machines, discrétion acoustique) et aux méthodes pour les étudier.. Le cours met l'accent sur opérateurs fondamentaux (matrices de masse, raideur, et amortissement). Dans ce cours on étudie les systèmes linéaires dissipatifs à n degrés de liberté et par extension les systèmes continus tronqués sur la base du formalisme de Lagrange dont les grandes lignes sont brièvement décrites. Le cours s'oriente ensuite vers les</p>

méthodes de traitement de ces équations par analyse modale (fréquences propres, modes propres.). On aborde ensuite dans une dernière partie, l'impact de la présence d'un fluide lourd sur la vibration d'une structure en mettant en évidence le phénomène de masse ajoutée.

Les TD sont l'occasion de mettre en œuvre cette méthode (vibration d'un mat, vibration d'un modèle simplifié d'un pont, vibration d'un périscope, modélisation simplifiée d'une interaction hélice-safran..)

Une partie est enfin dédiée aux méthodes expérimentales en vibration avec une visite sur les moyens d'essais de l'IRENav (Accélérométrie, vibrométrie laser...)

Semestre 4 : LES VOIES D'APPROFONDISSEMENT

Pendant le semestre 4, les filières se déclinent en voies d'approfondissement (VA)

Cet enseignement de haut niveau dans un domaine de spécialité, permet à chaque élève d'augmenter ses compétences dans un domaine, d'approfondir les concepts scientifiques, et d'acquérir des outils et des méthodes de travail plus performants.

<i>Filière Acoustique sous-marine</i>	
Communications numériques	Ce cours vise à donner les bases permettant de comprendre les techniques de communications numériques actuelles. Il propose de donner une vue globale de la chaîne de transmission numérique. Il définit tout d'abord le module Emetteur en traitant ainsi le codage source des données (en vue de réduire les débits), le codage canal et les techniques de transmission numérique associées protégeant le signal émis des bruits et distorsions. Il aborde également les systèmes de réception mis en œuvre pour réduire les probabilités d'erreur et améliorer la restitution des données avant décodage.)
Acoustique Sous-Marine	Ce module est destiné à fournir aux élèves une compréhension approfondie de l'acoustique sous-marine: connaissance des propriétés acoustiques de l'océan, interactions avec des obstacles (indice de cible, diffusion), propagation. Deux TP sur machine accompagnent cet apprentissage.
Filtrage de Kalman	Le filtrage de Kalman est utilisé pour estimer des paramètres (vitesse, position) à partir d'équations d'état. Ce module est constitué de quatre heures de conférence et de cinq heures de TP pour mettre en application un filtre de Kalman complet.
Analyse temps fréquence	Seront étudiés la transformée de Fourier à court terme, le spectrogramme, le concept de la fréquence instantanée, la transformée de Wigner Ville et les ondelettes (scalogramme).
Détection et Estimation	Connaître les principes de base de la détection et de l'estimation utilisées dans les systèmes Sonar et Radar - Les élèves doivent acquérir les concepts de base de la détection et de l'estimation permettant de comprendre le traitement et l'analyse des signaux des systèmes Sonar ou Radar.
Electroacoustique	A partir de considérations physiques sur les matériaux piézoélectriques et d'une analogie électro-acoustique, un schéma électrique équivalent peut être établi pour tout système de transduction. Ce schéma de Mason permet de déterminer, via des équations électriques simples, les caractéristiques essentielles à la compréhension du fonctionnement d'un transducteur piézoélectrique, élément de base du système sonar. La notion de directivité sera aussi étudiée.
Traitement	Le cours se décompose en trois parties. Dans la première partie intitulée « Outils

d'images	fondamentaux », les principes mathématiques essentiels sont étudiés afin de prendre en main le traitement d'image (transformée de Fourier à deux dimensions, filtrage, réduction de bruit). Puis l'amélioration et la restauration d'images sont présentées et appliquées sur des images. Enfin la dernière partie du cours est consacrée aux méthodes d'analyse des images (segmentation, détection de contours, analyse de texture). Ce module est très applicatif (tous les TD se font sur machine).
Sonar	Ce cours aborde le domaine du sonar dans sa globalité. Afin d'amener les élèves à la maîtrise de l'équation du sonar, tous les éléments constitutifs de ce système de détection sont décrits. Cela entraîne donc l'utilisation de tous les modules préalablement étudiés par les élèves dans la VA ASM. Du traitement du signal au traitement de l'image sonar en passant par l'électroacoustique et par la théorie de la détection et estimation, tous les blocs sont assemblés. Les différents systèmes sonar sont étudiés tant du point de vue théorique qu'opérationnel (mise à l'eau et trajectoire). L'évaluation se concentre sur la maîtrise de l'équation du sonar.

Filière Informatique	
Cyber défense	<p>La numérisation de l'administration et des entreprises a ouvert des domaines de croissance et d'accès à l'information pour le bien des citoyens et des individus. L'émergence des réseaux et l'accroissement de la bande passante permettent des usages, jugés irréalisables il y a encore quelques années avec en particulier une mise en réseau des ressources informatiques, des SI, des données et de services.</p> <p>La confiance et la sécurité dans le numérique sont cependant mis à mal du fait de l'émergence de conflits et rivalités dans le cyber espace: qu'il s'agisse de concurrence entre compétiteurs de marchés mais aussi des différentes formes de terrorisme, de sabotage des équipements et d'utilisation frauduleuses des données.</p> <p>Ce module présente la sécurité des systèmes informatiques dans son contexte global. Nous présenterons les menaces qui pèsent sur l'Etat, les entreprises et les individus et les approches (réglementaires, juridiques et techniques) pour se protéger.</p>
Interaction Humain Machine	Connaître la théorie de l'interaction homme machine ainsi que les différents enjeux du domaine. Savoir évaluer l'ergonomie d'un système.- Analyser l'interactivité des systèmes et évaluer leur ergonomie
Services Géolocalisés	<p>les élèves connaîtront les principes de géodésie et de géolocalisation en intérieur et en extérieur. Les élèves sauront programmer une application Web cartographique et seront capables d'exploiter le système AIS au travers de la conception d'un service de traitement de données géolocalisées.</p> <p>Présenter un aperçu du fonctionnement d'un service géolocalisé ainsi qu'un aperçu des problèmes liés à la gestion au traitement et à la visualisation de données géolocalisées. Le cours introduit les principes de base de la géodésie, des services à base de localisation, les techniques de géolocalisation (GPS, AIS, LORAN, Réseaux sans fils, RFIDS, centrale inertielle). Ces principes sont appliqués au développement d'applications cartographiques interactives (Web et Android) permettant la localisation, la navigation et l'extraction de connaissances.</p>
Infographie	Donner aux élèves les bases de l'informatique graphique et montrer l'utilisation de l'infographie dans la marine (conception de navire, simulateur de navigation, etc.). Les élèves sont sensibilisés aux techniques de modélisation et de visualisation de scène 3D. La programmation sera de type événementiel en utilisant la bibliothèque graphique OpenGL.

Prog Java	Ce cours a pour but d'initier les élèves à la programmation Objet avec Java et par la pratique des concepts de base jusqu'aux notions plus avancées des technologies de JEE, d'initier les élèves au raisonnement de la pensée objet.
Technologie objet	Les élèves maîtriseront les paradigmes de l'orienté objet : les classes, le polymorphisme, l'héritage. Ces derniers sont appliqués en utilisant le langage C++. D'autres notions avancées, telles les patrons, seront aussi connues. Enfin, les élèves auront eu connaissance des rudiments de modélisation en UML (Unified Modeling Language). - Former aux principes et aux concepts de la programmation objets. Programmation en langage C++

Filière Génie énergétique	
Combustion	<p>Situer la combustion dans l'offre d'énergie actuelle et à venir</p> <p>Comprendre la physique de la combustion</p> <p>Appréhender les techniques industrielles mises en œuvre dans les dispositifs utilisant comme source d'énergie la combustion</p> <p>Identifier les propriétés importantes des carburants, leurs impacts sur la combustion et le fonctionnement des équipements.</p> <p>Connaître les normes liées aux émissions polluantes des machines à combustion, ainsi que les solutions qui se dégagent dans l'industrie navale.</p>
Système d'énergie	<p>Connaître les différents systèmes Energie/Propulsion navales embarqués (problématique de l'intégration physique, fonctionnelle et économique)</p> <p>Connaître les ordres de grandeurs des flux d'énergie à l'échelle d'une population.</p> <p>Donner aux élèves les bases de l'architecture des systèmes énergie/propulsion navals en les sensibilisant aux champs de contraintes.</p> <p>Acquérir les ordres de grandeurs des flux d'énergie à l'échelle mondiale (et des références de représentation)</p>
Méthodes Numériques	<p>Avoir une idée plus précise sur l'influence des erreurs d'arrondis sur la stabilité de certains algorithmes. Posséder des notions de base sur les méthodes numériques, afin de pouvoir éviter les pièges et remédier aux problèmes les plus courants qui se posent lors de l'utilisation de modèles physiques.</p> <p>Maîtriser l'aspect algorithmique.</p> <p>Savoir implémenter les schémas numériques sur un logiciel spécifique (Matlab ou Scilab).</p>
Transferts thermiques avancés	<p>Connaître les outils scientifiques – physique</p> <p>Maîtriser les principes de l'ingénierie : Méthodes et outils</p> <p>Savoir Tester des d'hypothèses et développer une argumentation critique</p> <p>Savoir modéliser un problème concret</p> <p>Savoir discuter des domaines de validité d'une corrélation, d'une loi, etc...</p> <p>Savoir identifier et quantifier les incertitudes, les approximations d'une étude et les erreurs de la mesure</p> <p>Etre capable d'estimer les échanges de chaleur, connaître les ordres de grandeur, utiliser la littérature ; pour l'appliquer ensuite aux échangeurs de chaleur</p>
Energie renouvelable	<p>Savoir caractériser un gisement éolien, hydrolien, houlomoteur et solaire.</p> <p>Connaître les différents types de fonctionnement des turbines éoliennes.</p> <p>Connaître les différentes chaînes de conversion et être en mesure d'évaluer fonctionnellement les plus courantes.</p> <p>Connaître le principe de fonctionnement des centrales photovoltaïques.</p> <p>Connaître le principe de fonctionnement des piles à combustible.</p>
Propulsion Electrique	<p>Connaître les outils scientifiques nécessaires pour analyser et comprendre le fonctionnement des systèmes de propulsion électriques les plus courants</p> <p>Savoir modéliser simplement un problème concret dans le domaine des ensembles convertisseurs/machines électriques.</p>

	<i>L'objectif de ce cours est de permettre aux élèves d'acquérir les connaissances de base sur le fonctionnement des chaînes de conversion électromécaniques utilisées en variation de vitesse et leur application à la propulsion navale. Il devront être capables de comprendre leur fonctionnement et leur stratégie de régulation.</i>
Turbomachines	<i>Les élèves doivent être capables de comprendre le fonctionnement des compresseurs et des turbines pour les systèmes de propulsion ou le génération d'énergies mécaniques. Ils doivent être capables de poser les hypothèses nécessaires à sa résolution des problèmes de dimensionnements et de reconnaître les zones de fonctionnement adaptées à la demande de puissance. Les élèves doivent être capables de calculer les points de fonctionnement (débit, pression, puissance) dans un cycle thermodynamique donné. Pour cela, ils doivent être capables d'appliquer les lois fondamentales de la mécanique des fluides et de la thermodynamique pour les turbomachines</i>
Pompes et échangeurs	<i>A l'issue de ce module, l'élève-officier connaîtra les pompes hydrauliques et les échangeurs de chaleur. Il aura acquis les méthodes nécessaires à la résolution de problèmes de thermohydraulique : fonctionnement, performances, dimensionnement découvrir des principaux types de pompes hydrauliques et d'échangeurs de chaleur. fournir les bases nécessaires au calcul de leurs performances et à leur adaptation à un circuit hydraulique</i>

Filière Génie maritime	
Hydrodynamique Physique	<p>Ce cours traite de la phénoménologie des écoulements dans les propulseurs. L'objectif est de mettre en évidence les différents mécanismes physiques qui influencent les efforts et la cavitation sur les profils portants.</p> <p>A travers la théorie des écoulements potentiels, on donne aux élèves les outils de prédiction de la portance et de la traînée induite, en fonction des caractéristiques géométriques de la surface portante et en fonction des caractéristiques de l'écoulement incident.</p> <p>La théorie de la couche limite est abordée par méthode intégrale, ainsi que la notion de décollement. La notion de turbulence est également abordée et on insiste en particulier sur la contribution de la diffusion turbulente aux grandeurs intégrales de la couche limite. A l'issue du cours, les élèves doivent être sensibilisés à l'influence de l'état de couche limite sur les efforts : traînée-portance.</p> <p>A partir de la théorie de la dynamique tourbillonnaire, on donne également aux élèves les outils de prédiction de la cavitation induite par les tourbillons de bord de fuite et d'extrémité, application aux surfaces portantes et aux hélices.</p> <p>A l'issue du cours, les élèves doivent être sensibilisés aux effets néfastes de la cavitation et connaître les différentes formes de la cavitation sur les hélices.</p>
Hydrodynamique numérique	<p>A l'issue de ce module, l'élève-officier aura acquis les bases nécessaires à la résolution d'un problème par une approche numérique. Ce cours permettra également au futur officier, au-delà de sa formation initiale, de faire preuve d'un sens critique face aux résultats d'origine numérique issus de modèles ou de logiciels. Il saura en particulier porter un jugement sur des résultats de simulations</p> <p>L'objectif de ce module est d'acquérir les connaissances nécessaires à la résolution de problèmes d'hydrodynamique navale à l'aide de modèles qui nécessitent la mise en œuvre de méthodes et d'outils numériques</p>
Houle et vagues	<p>A l'issue de ce module, l'élève-officier connaîtra les principaux phénomènes de houle et vagues.</p> <p>L'objectif de ce module est d'acquérir les connaissances de base des phénomènes marins de surface libre.</p>

<p>Propulsion et résistance à l'avancement</p>	<p>Ce module a pour but l'acquisition de principes de l'hydrodynamique navale utiles pour dimensionner le système propulsif d'un navire dans son environnement. Il contient les approches expérimentales et théoriques de la propulsion d'un navire ainsi que les approches théoriques, numériques et expérimentales de la résistance à l'avancement des navires.</p> <p>Les élèves seront capables d'évaluer l'influence des principales caractéristiques géométriques d'une hélice. Ils sauront déterminer, à partir d'abaques, l'« hélice optimale », c'est-à-dire l'hélice dont les caractéristiques géométriques (D, H/D...), à nombre de pales donné, conduisent au meilleur rendement dans les conditions normales de fonctionnement prévues (n, T ou F, V). Ils seront également capables d'évaluer rapidement la résistance de vague et de frottement d'une carène à partir de résultats d'essais et d'abaques et ils seront capables de choisir les moyens numériques et expérimentaux à mettre en œuvre pour obtenir une évaluation plus précise.</p>
<p>Mécanique des structures et architecture navale militaire</p>	<p>A l'issue de ce module, l'élève-officier connaîtra :</p> <p>Cours 1 : Connaissance des principes généraux d'architecture et des méthodes de dimensionnement des structures.</p> <p>Cours 2 : Connaissance des notions fondamentales et générales de conception des structures de navire. Mise en évidence des phénomènes de fatigue et approche pragmatique de traitement .</p> <p>Approche de méthodes de dimensionnement différentes DCNS et Bureau Veritas. L'objectif de ce module est d'acquérir des connaissances de base en mécanique des structures dans le domaine naval. Le cours comprend trois parties :</p> <p>1) Processus général de conception et dimensionnement des structures des bâtiments de surface et des sous-marins. Ce cours a pour but l'acquisition des principes généraux d'architecture de navires et des méthodes de dimensionnement des structures.</p> <p>2) Exemples de dimensionnement de structures de bâtiments de surface</p> <p>Ce cours cherche à mettre en avant une approche industrielle de la conception des structures des bâtiments de surface en s'appuyant sur l'expérience de DCNS dans ce domaine. Ce cours s'attache à présenter des solutions techniques architecturales mises en œuvre récemment sur les navires conçus par DCNS . De plus ce cours traite des phénomènes d'apparition de fissures en fatigue et expose des méthodes et approches pour traiter le problème à la source ou après constat</p> <p>3) Architecture des sous-marins</p>
<p>Manœuvrabilité</p>	<p>A l'issue de ce module, l'élève-officier connaîtra les approches expérimentale et théorique de la manœuvrabilité d'un navire..</p> <p>L'objectif de ce module est d'acquérir les principes de l'hydrodynamique navale utiles pour prévoir la manœuvrabilité d'un navire dans son environnement. Ce cours permettra aux élèves officiers de la Voie d'Approfondissement "Génie Maritime" d'acquérir les bases des approches utilisées pour analyser la manœuvrabilité d'un navire dans le cadre d'un "projet de navire".</p>
<p>Tenue à la mer</p>	<p>A l'issue de ce module, l'élève-officier connaîtra les bases du comportement d'un navire à la mer, dans une finalité opérationnelle en mer, ainsi que pour appréhender les documents de caractéristiques d'un navire</p> <p>L'objectif de ce module est d'acquérir les bases du comportement du navire sur houle et en présence d'un état de mer. Le modèle linéaire, utile pour la compréhension des phénomènes, sert de base pour la présentation et la description des phénomènes réels observables, pour tous les mouvements. Cet exposé se prolonge par l'approche statistique long terme de l'efficacité opérationnelle du navire, utile pour la maîtrise de son exploitation, et par une introduction à l'incidence de la tenue à la mer sur l'architecture du navire</p>
<p>Projet boucle navire</p>	<p>L'objectif de ce module est de parcourir les principales étapes de la boucle de conception d'un navire à partir du cahier des charges d'un bâtiment militaire de faible déplacement (patrouilleur, bâtiment école) imposé par les enseignants.</p>