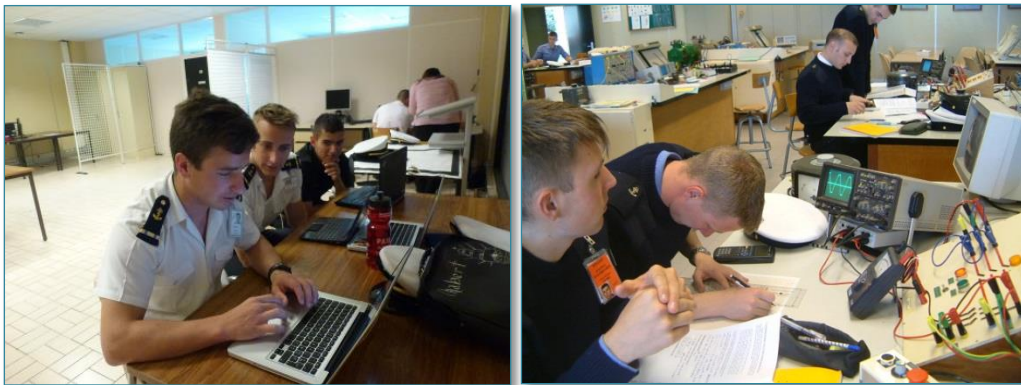




## La formation scientifique *des élèves officiers*

Cursus Master École Navale

Détail des modules



**L'École Navale** délivre une formation Master qui couvre trois domaines de formation.

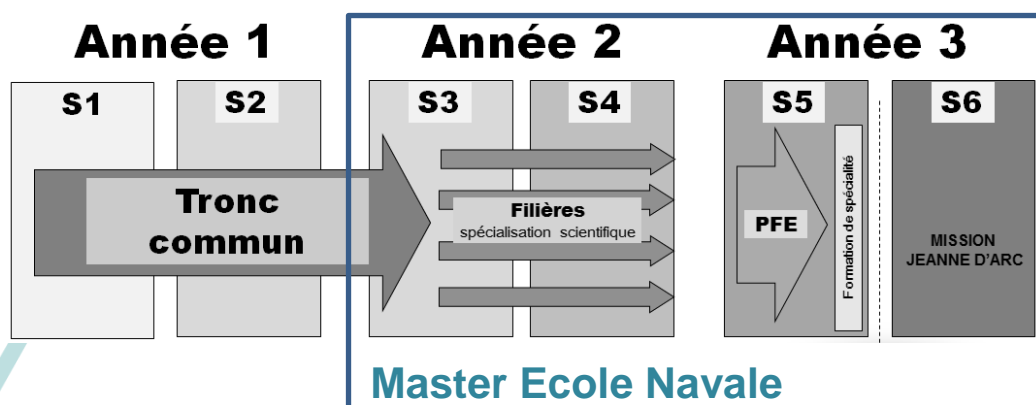
- **La formation humaine et militaire** est dédiée aux connaissances en langues vivantes, histoire, géopolitique, à l'entraînement physique et sportif, ainsi qu'à l'exercice du commandement.
- **La formation aux métiers du marin** traite de la navigation et de la mise en œuvre opérationnelle de bâtiments de surface.
- Dans le cadre de **la formation scientifique**, l'officier acquiert les connaissances nécessaires à la compréhension de modèles et de concepts scientifiques et technologiques, ainsi que les compétences requises pour la mise en œuvre de systèmes embarqué complexes.

## LE PROGRAMME de FORMATION SCIENTIFIQUE

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

Le cursus Master s'étend sur les années 2 et 3 de la formation initiale d'officier (la première année, dite « année de préparation », n'est pas imposée en cas d'équivalence).

La formation académique se concentre sur les semestres 3 et 4. Elle est complétée par un stage scientifique 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 opérationnelle des systèmes.



**Semestre 3 :**

**MODULES de TRONC COMMUN**

Océanographie	<p>Ce module cherche à donner des bases de connaissances concernant le milieu océanique.</p> <p>Il est articulé autour de deux parties distinctes assurées par des intervenants différents :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une partie aborde les aspects biologiques et les principaux écosystèmes marins</li> <li>- Une partie décrit les grands mouvements de la masse d'eau, les principes physiques, les grands schémas de la circulation générale océanique et les principes de mise en mouvement de l'océan</li> </ul>
Mesures et Capteurs	<p>Les élèves doivent acquérir des notions élémentaires sur les différents types de capteurs utilisés pour mesurer des températures, positions, forces et accélérations. Les élèves sont sensibilisés à l'importance de la phase d'étalonnage, aux caractéristiques techniques données par les constructeurs, ainsi qu'à l'aspect aléatoire et systématique des erreurs de la mesure. Ce cours permet à l'ensemble des élèves officiers d'acquérir un vocabulaire spécifique. A l'issue de ce cours, les élèves-officiers sont sensibilisés aux difficultés de la mesure en statique et en dynamique. Ils doivent connaître le principe de la mesure et les limites de certains systèmes de mesure embarqués.</p>
Réseau Informatique et Sécurité des systèmes	<p>Comprendre le fonctionnement des échanges et les protocoles de communication utilisés dans les réseaux IP tels que RIFAN ou Intramar. Dans une deuxième étape l'objectif est d'aborder les enjeux de la sécurité des systèmes informatiques, du renseignement ouvert et les menaces existantes notamment dans le cas de systèmes interconnectés sur des réseaux publics.</p>
Electronique de puissance	<p>Connaître le principe de conversion de l'énergie électrique par interrupteurs de puissance.</p> <p>Maîtriser quantitativement (forme d'onde tension/courant et flux de puissance) le fonctionnement des principaux dispositifs embaqués sur plateforme navale (hacheurs, ponts thyristors et onduleurs de tension).</p> <p>Connaissance thermodynamique (schémas, cycles, estimation des puissances, rendements) des machines thermiques à fluide diphasique utilisées sur les bâtiments de la Marine nationale.</p>
Architecture navale, dimensionnement, stabilité	<p>A l'issue du cours, les élèves doivent savoir caractériser la stabilité d'un flotteur à partir de la connaissance de sa géométrie et de la répartition des masses à bord. Ils doivent également être à même de déterminer les efforts appliqués sur cette structure soit en eau calme soit sur houle figée (comportement statique) et savoir caractériser le comportement des matériaux métalliques utilisés en construction navale.</p> <p>Lorsque les hypothèses concernant la géométrie, les sollicitations et les appuis sont formulées et qu'un modèle de poutre est proposé, les élèves savent déterminer la contrainte et la déformation en tout point, afin d'interpréter le comportement de la structure en réponse à des sollicitations simples :</p>

	<p>traction/compression, flexion, cisaillement et torsion. Ils seront à même d'appliquer ces méthodes à un modèle poutre du navire.</p> <p>Les élèves sont capables d'étudier l'ensemble des composantes du torseur de cohésion, notamment pour les cas de flexion plane. Ils savent construire avec précision les diagrammes des efforts tranchants et des moments fléchissants afin d'appréhender les sollicitations que subit le navire.</p> <p>Enfin, les élèves doivent s'assurer de savoir proposer à partir d'un cas concret une modélisation géométrique simple de dimensionnement, en formulant des hypothèses argumentées et doivent pouvoir anticiper certains ordres de grandeur des dimensions recherchées notamment en sollicitations et contraintes.</p>
--	---

## MODULES MAJEURS

Master	
Oscillateurs non-linéaires	<p>L'objectif visé est d'apporter à l'élève officier des notions fondamentales suffisamment diversifiées sur la théorie des équations différentielles non linéaires et systèmes dynamiques, pour lui permettre de faire face à certains problèmes pratiques, plus particulièrement l'étude de la stabilité du navire. Afin d'aider à une compréhension opérationnelle de formulations souvent mathématiques, elles ont dans la très grande majorité des cas, été illustrées par des exemples simples résolus par voie analytique ou numérique.</p> <p>A l'issue de ce cours, les élèves doivent être capables de faire une étude de comportement des trajectoires autour d'un point fixe donné d'une part et de pouvoir faire une exploitation numérique d'autre part. Ceci doit également amener un projet pratique sur la stabilité du navire.</p>
Processus Stochastiques	<p>Plusieurs situations réelles peuvent être modélisées par des processus stochastiques. Plus particulièrement le comportement des ondes à la surface de mer et des océans. L'objectif de ce cours est alors l'étude des caractéristiques d'un processus stochastique (densité, fonction de répartition, autocorrélation, inter-corrélation, spectre,...), ainsi que certaines propriétés. Il s'agit en fait d'un deuxième cours en théorie des probabilités qui a comme préalable la connaissance des notions de probabilité et de variable aléatoire et des principaux résultats sur les suites de variables aléatoires indépendantes, soit la loi des grands nombres et le théorème limite central. Le point culminant en est le théorème ergodique qui permet de décrire le comportement asymptotique. L'accent est mis sur la modélisation et l'interprétation des résultats. Les preuves de la plupart des affirmations, dont une démonstration complète du théorème ergodique, sont cependant incluses pour satisfaire les plus exigeants, tout en évitant le formalisme de la théorie de la mesure.</p>
Applications Numériques	<p>L'objectif général de ce module est de rendre plus autonomes les élèves concernant l'outil informatique. Le logiciel Matlab a été choisi pour sa facilité de programmation et son adéquation avec le domaine du traitement de signal et de données.</p> <p>Des problèmes classiques de la physique, du traitement de données ou du signal seront proposés aux élèves. Après implémentation sous matlab qui évite des calculs théoriques trop chronophages, les élèves étudieront courbes et images pour bien appréhender les limites du problème posé. Cette illustration via Matlab permet la compréhension rapide de certains concepts. Les élèves réutiliseront certaines fonctions dans le module de Houle.</p>

## Semestre 4 :

Master	
Houle et état de mer	<p>L'objectif général de ce module concerne la connaissance des méthodes mathématiques applicables à l'étude d'une houle monochromatique simple (Modèle d'Airy) et des méthodes de traitement d'une houle complexe par superposition d'une infinité d'onde sinusoïdales d'amplitudes infiniment petites. La présentation complète et rigoureuse du modèle d'Airy a pour objectif de présenter un modèle mécanique simple mais physiquement représentatif pour illustrer la complexité de l'approche mathématique des phénomènes physiques. La diversité des outils à mettre en œuvre (EDP, probabilités, méthodes non linéaires, méthodes de traitement du signal...) est également illustrée sur ce cas simple de modèle physique.</p> <p>Le contrôle des connaissances est réalisé sur une modélisation d'un état de mer sinusoïdal d'abord puis complexe ensuite pour mettre en évidence les différents paramètres qui interviennent dans la physique de ce phénomène.</p> <p>Les résultats de ce cours sont utilisés dans le cours de Tenue à la Mer au semestre 4 où la houle constitue le terme de forçage des équations du mouvement.</p>
Système d'Information Géographique	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Appréhender la modélisation des données et leur intégration dans un Système d'Information (SI) ;</li> <li>- Savoir visualiser les informations et interagir avec le SI ;</li> </ul> <p>Introduction aux SIG. Présentation des techniques d'acquisition, de modélisation, et de stockage de l'information géographique, (application aux données maritimes) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mettre en évidence les formes d'organisation spatiale ;</li> <li>-Caractériser les processus de spatialisation qui sont à l'origine de ces structures ;</li> <li>-Décrire les relations spatiales entre certains objets ;</li> <li>-Récupérer des structures spatiales ;</li> <li>-Faire du raisonnement spatial.</li> </ul>
Tenue à la mer	<p>A la fin du module les étudiants devront être capables de citer les principales caractéristiques des mouvements de plateforme et être à même de modéliser un navire pour réaliser un calcul de tenue à la mer sous FREDYN.</p> <p>L'objectif général de ce module concerne la connaissance des paramètres qui interviennent dans la tenue à la mer et dans la résistance au chavirement des navires.</p> <p>Les équations du mouvement sont présentées rapidement pour servir de guide à la réflexion de l'élève tout au long du travail sur les différents mouvements du navire.</p> <p>A la fin du module l'élève doit connaître les paramètres principaux qui viennent modifier le comportement du navire.</p>
Structures navales	<p>A la fin du module les étudiants seront capables de modéliser la structure d'un navire et d'estimer les contraintes qu'il subit pour différents cas de chargement classiques.</p> <p>L'objectif général de ce module concerne la connaissance des structures navales et leur rôle dans la sécurité du navire.</p> <p>Les règles de construction des structures, l'analyse de leur résistance globale et locale ainsi que les risques particuliers (flambement, fatigue...) seront étudiés dans ce module.</p> <p>A la fin du module l'élève doit connaître les règles de construction et d'analyse de la structure mécanique d'un navire et connaître les principaux outils pouvant</p>

	être mis en œuvre pour réaliser cette analyse.
Détection Sous-Marine	A l'issue de ce module, les élèves auront acquis les connaissances gouvernant les principes généraux de détection sous la surface de la mer à l'aide de systèmes sonars.
Règlementation	<p>A la fin du module l'étudiant devra avoir acquis une bonne maîtrise de la bibliographie anglaise dans le domaine de la réglementation en vigueur concernant le domaine de la construction navale civile et militaire.</p> <p>Ce module concerne la réglementation applicable aux navires et plus généralement à tous les systèmes devant être déployés en mer.</p> <p>L'objectif est que les élèves réalisent un travail bibliographique en utilisant les sources d'information scientifique (en langue anglaise) mises à leur disposition. Le travail débute par le choix d'un thème dans une revue spécialisée puis par un approfondissement bibliographique axé sur le thème retenu en focalisant la recherche sur les règlements internationaux et les conférences internationales s'appliquant au domaine.</p> <p>Ce travail donne lieu à une présentation de l'étude devant l'encadrement et les autres élèves de la formation.</p>
Stabilité dynamique	<p>Le domaine de la stabilité dynamique concerne l'analyse des risques associés aux modes de chavirement dynamique du navire. Ces risques sont présentés et les étudiants devront comprendre la physique associée aux divers modes de chavirement et les moyens de minimiser les risques associés.</p> <p>L'objectif général de ce module est de connaître les risques associés aux principaux modes de chavirement d'un navire.</p> <p>Les règlements évoluent pour prendre en compte les risques dynamiques qui peuvent conduire à la perte d'un navire. Ces risques apparaissent en particulier sur des navires aux formes nouvelles ou aux dimensions non conventionnelles.</p> <p>A la fin du module l'élève doit connaître les risques particuliers courus par le navire et les modes d'évaluation de sa probabilité de chavirement.</p>

