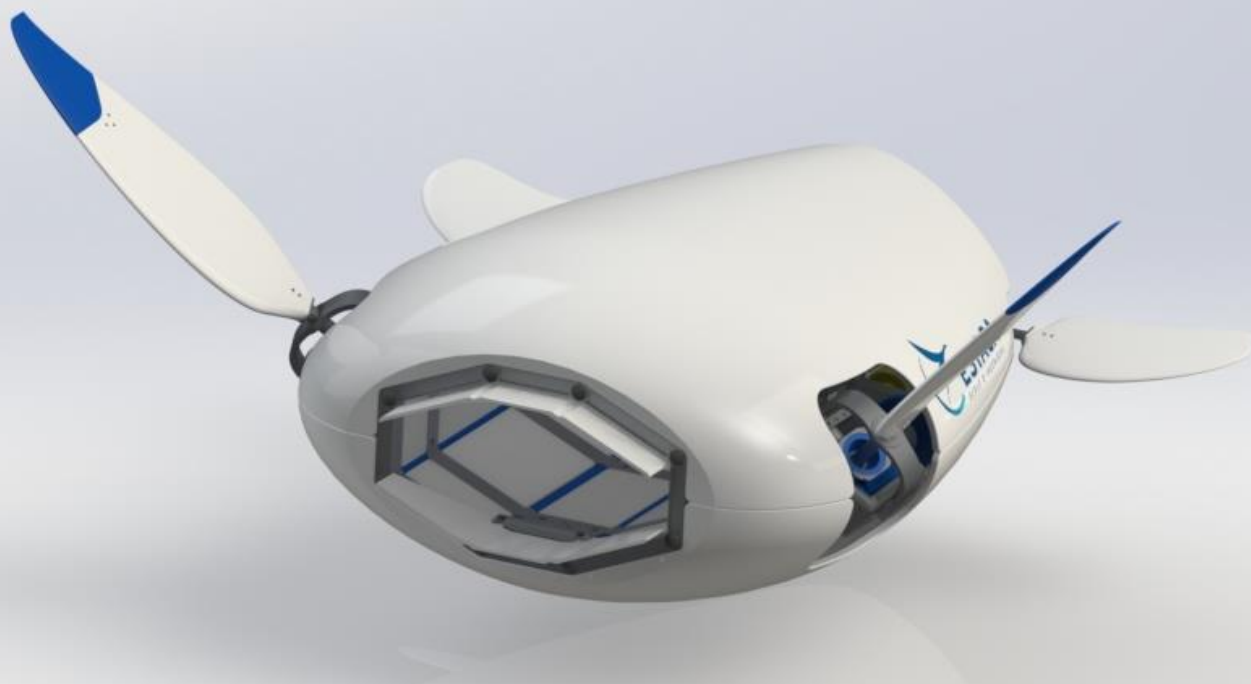


# PROJET GREEN TURTLE

Le robot-tortue traqueur de déchets  
des étudiants de l'ESTACA



## Introduction

Chaque année, plus de 8 millions de tonnes de déchets sont déversés, intentionnellement ou non, dans les fleuves, les mers et les océans du globe. Les spécialistes estiment que si rien ne change, il y aura plus de plastique que de poissons dans nos océans avant 2050. Ces dernières années, de nombreuses solutions techniques, issues de l'imagination et de la bienveillance d'ingénieurs de tout horizon, ont pu voir le jour : filets marins, bateaux nettoyeurs, mini-catamarans de ramassage automatisés, poubelles flottantes, etc. Chacune de ces technologies concernent

un milieu précis : fleuves, lacs, ports, littoral ou encore haute mer. Avec le projet *Green Turtle*, nous, une équipe de dix étudiants de l'ESTACA, voulions proposer notre propre solution : un robot-tortue nettoyeur de ports.

## Caractéristiques

Le robot *Green Turtle* est un robot-tortue traqueur de déchets. Pour un mètre de long et deux mètres de large nageoires déployées, il peut avaler jusqu'à cinquante litres de déchets. Privilégiant la qualité à la quantité, il est davantage conçu pour cibler

et capturer le déchet solitaire, négligemment jeté à l'eau, que les grands regroupements de plastique. Le prototype que le lecteur verra présenté dans ce rapport n'est encore que virtuel. Le robot « réel » ne sera pas conçu avant la fin de l'année prochaine. Toutefois, il est le fruit d'une année de recherches, d'études, de conceptions assistées par ordinateur et d'analyses structurelles.

## Pourquoi concevoir un robot-tortue ?

C'est une question que l'on nous pose souvent : pourquoi concevoir un robot-tortue, avec un système d'articulations et de nageoires, quand on peut simplement le doter d'hélices ? Pour commencer, il faut rappeler la maxime suivante : la Nature est bien faite. Fruit d'une optimisation longue de plusieurs centaines de millions d'année (la tortue est le plus vieil animal au monde), la tortue de mer est parfaitement adaptée à son milieu : elle est extrêmement agile, relativement rapide compte tenu de sa masse et de son volume, et peut nager en stationnaire. Elle est par conséquent bien mieux adaptée à une nage en trois dimensions qu'un robot classique, qui devrait être pourvu, pour l'égaliser, de multiples hélices. Par ailleurs, la tortue, contrairement aux poissons ou aux mammifères marins, possède un corps rigide et creux, idéal pour contenir des déchets. Un corps qui est par ailleurs hydrodynamique, et conçu pour encaisser les chocs (dans notre cas, la coque

des navires ou les parois d'un bassin portuaire). Enfin, la tortue de mer est l'une des premières espèces touchées par la pollution marine : concevoir un robot-tortue qui traque et avale les déchets apparaît comme une revanche positive.



*Pour son malheur, la tortue de mer est idéalement conçue pour capturer des déchets plastiques marins.*

## Pourquoi opérer dans les ports ?

Nous avons choisi de faire évoluer notre prototype dans un espace portuaire pour plusieurs raisons : tout d'abord, les courants marins y sont nettement moins violents que dans un fleuve ou dans une mer ; la tortue ne risque pas de se faire emporter. Ensuite, les ports sont des espaces



*Aujourd'hui, les ports surpollués sont une réalité qu'il faut combattre.*

relativement simples, avec des parois droites et une quasi-absence de récifs. La présence animale est faible, et peut facilement fuir à l'approche du robot ; il n'y a pas non plus de baigneurs, qui pourraient se révéler une nuisance. Les ports sont également facile d'accès, ce qui est idéal pour la maintenance et la communication autour du projet. Enfin, les ports agissent comme des terminus naturels pour les déchets. Leur présence, par rapport au volume d'eau présent, est plus important qu'ailleurs, ce qui justifie la mise à l'eau d'un robot nettoyeur.

## Quelques particularités techniques

### 1) L'articulation robotisée

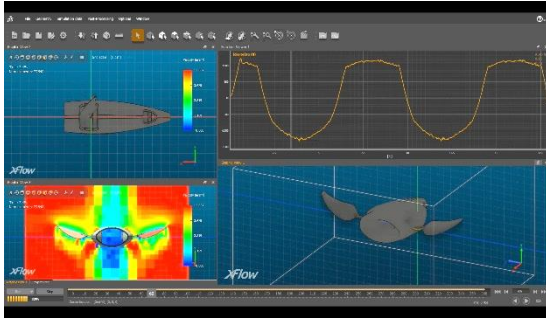
Comme nous l'avons dit, la tortue de mer est un animal extrêmement agile, et cette agilité est due à la grande maniabilité de ses divers membres. Le principal défi de notre robot est de reproduire la nage de l'animal, et par conséquent ses articulations, d'un point de vue mécanique. Pour cela, nous avons longuement étudié la nage de la tortue afin de comprendre quels mouvements, et quelles rotations étaient en jeu. En nous basant sur des thèses réalisées des biologistes, nous sommes parvenus à la conclusion que, pour reproduire la nage de la tortue, il était inutile de reproduire chacune des articulations, et chacun des axes associés. Ainsi, nous avons dépourvu notre robot de « coudes », mais

également de deux rotations pour l'articulation arrière. Enfin, nous avons lié entre elles deux rotations de l'articulation avant avec un système de roue dentées « différentiel ». Des 12 servomoteurs prévus originellement (trois rotations pour chacune des quatre articulations), nous sommes arrivés à 6 servomoteurs (quatre pour les articulations avant, et deux pour les articulations arrière). Tout, dans le choix des moteurs jusqu'aux caractéristiques des roues dentées, a été pensé pour coller au mieux à la nage naturelle de la tortue. Bien entendu, cela devra être prouvé lors de futurs essais en bassin.



*Détail de l'articulation avant avec le système de roues dentées différentiel.*

Par ailleurs, nous avons soumis nos articulations à des simulations sur Xflow, logiciel de mécanique des fluides dont l'accès nous a été donné gratuitement par Dassault Systèmes, notre partenaire. Ces simulations nous ont permis de connaître les efforts que subissaient les nageoires au cours de la nage. En outre, ces simulations nous ont également permis d'ajuster les amplitudes de mouvement, et de corrélérer ces dernières à une vitesse, une direction et une intensité de nage.

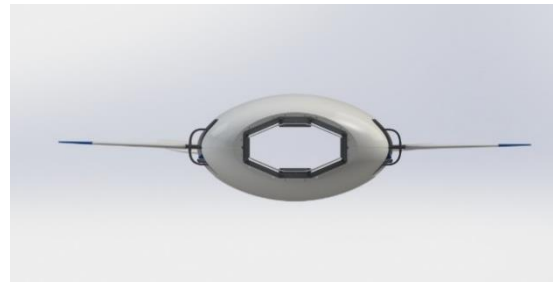


*Simulations de mécanique des fluides pour déterminer les efforts sur les nageoires..*

## 2) Concevoir un robot marin

Personne n'ignore que, lorsqu'on immerge un objet creux, comme une bouteille par exemple, celui-ci se remplit d'eau, ce qui augmente son poids et l'amène à couler. Dans notre cas, nous avons évité le problème en plaçant, entre la coque et l'estomac, des poches d'air, qui maintienne le robot à la surface. Ainsi, s'il veut descendre, il doit le faire à la force de ses nageoires. Alors que s'il veut remonter, il n'a qu'à se laisser porter par son propre volume d'air. Toutefois, ce n'est pas le seul problème que l'eau occasionne. L'estomac, qui traverse la tortue d'un bout à l'autre, voit l'eau défilé en son sein lorsque le robot avance. Pour éviter que le robot ait à trainer le volume d'eau qu'il engloutit, il faut nécessairement que l'estomac n'ait pas de fond. Or, il faut bien qu'il retienne les déchets. La solution fut donc de placer une grille, qui laisse l'eau s'écouler hors de la tortue, mais pas le plastique. Mais, car il y toujours un mais, cela ne suffit pas à résoudre le problème du « trainage » de l'eau : il faut également que l'estomac ait une section

constante (voir photo ci-dessous), afin que le débit soit régulier, et que la tortue n'ait pas à trainer un volume d'eau quelconque.



*Vue frontale du robot. On remarque ici que l'estomac est de section constante. La grille n'a pas encore été modélisée.*

## 3) Détecter son environnement

Nous l'avons dit, notre robot sera autonome. Pour cela, il doit être en mesure de connaître constamment son environnement, afin de pouvoir s'y adapter. Les ports présentent en effet une variété de structures qui les différencient d'un simple bassin : pontons, piliers de ponts, coque de navire (en mouvement ou non), bouées, etc. Pour éviter ces obstacles, nous avons choisi d'opter pour la solution du sonar. Ce dernier, à travers l'émission, la réception et l'analyse d'ondes acoustiques, peut détecter la position, la forme, mais aussi les dimensions et la vitesse d'un objet, ce qui idéal dans notre cas. Il pourrait même, en fonction de sa configuration, repérer des objets plus petits tels que des déchets. Pour ces derniers, en plus du sonar, nous comptons joindre un système Lidar. Le système Lidar, qui fonctionne à l'air d'ondes lumineuses, peut en effet identifier la composition d'un déchet. Imaginons que le robot



détecte un objet plus vaste que sa « bouche », tel un sac plastique relativement étendu. S'il ne comprend pas que le sac est en plastique, et qu'il peut par conséquent se plier, il ne va pas chercher à l'avaler, d'où l'importance du Lidar et de sa capacité à identifier le matériau. Cette année, après avoir recueilli l'expertise de nombreux professionnels, divers modèles de sonar ainsi que de lidars ont été sélectionnés par l'équipe, en vue d'être testés l'année prochaine.

## La visibilité du projet

Dès son lancement, le projet a suscité un bel engouement de la part, dans un premier temps, des étudiants et des professeurs de notre école, puis, dans un second temps, du grand public. Via Facebook et LinkedIn, nous tenions régulièrement au courant nos abonnés de nos avancées. À plusieurs reprises, cela nous a permis de rentrer en contact avec des ingénieurs, de chez Dassault Systèmes, par exemple, ou encore de l'entreprise allemande Festo, qui s'intéressaient au projet et souhaitaient mettre à notre service, bénévolement, leur expérience. Mais le véritable « boom » communicatif a eu lieu en fin d'année, lorsque nous avons partagé notre dossier de presse dans la presse. De nombreux médias ont commencé à s'intéresser à nous (Ouest France, France Bleu, France 3, France 5/Le Magazine de la Santé, Futura Science, Science & Avenir, The Connexion,

etc.), avec, à la clé, plusieurs articles, deux passages radios et un passage télé. Grâce à cette visibilité, des industriels, des start-ups, mais également des présidents de salons technologiques ou de concours ont pris contact avec nous pour nous proposer des partenariats, des stands ou encore des rencontres. Pour notre grand plaisir, la tortue suscite décidément bien de l'intérêt !

## Conclusion

À travers ce projet, nous voulions montrer que les ingénieurs pouvaient eux-aussi mettre à profit leur créativité pour sauver notre planète. Bien entendu, il reste encore beaucoup de travail à faire avant que ce robot ne voit le jour, mais nous y croyons dur comme fer et comptons bien mener ce projet jusqu'à son terme. Merci de nous avoir lu.



*L'équipe du projet de cette année, réunissant des étudiants de la 3<sup>ème</sup> et de la 4<sup>ème</sup> année.*

*Avec, au dernier rang : Thomas Pelligrini, Thomas Gestel, Baptiste Jagoury et Bertille Badaire*

*Au milieu, debout : Marie Sérézat, Emma Bernard et Benoit Cossart*

*Devant, à genoux : Guillaume Janodet, Amine Er-Rouane et Maxime Lagadec*