



Depuis le bateau *Arcelor*, le navigateur Joe Seeten sur le point de larguer une balise Argonautica dans le courant circumpolaire, lors du Vendée Globe 2004-2005.  
Skipper Joe Seeten about to release an Argonautica buoy from his boat *Arcelor* into the circumpolar current during the 2004-2005 Vendée Globe race.

## Argonautica L'océan sous surveillance

LILIANE FEUILLERAC POUR LE CNES

**A**u cœur des enjeux environnementaux qui s'imposent à nous comme cruciaux, l'état de l'océan est préoccupant. Acteur majeur d'équilibre climatique, il fait l'objet d'observations soutenues. Depuis dix ans, avec Argonautica, ses bouées, ses satellites, ses cartes 2D ou 3D, le CNES associe de manière attrayante élèves et enseignants à ces études et au suivi des espèces animales marines. Mais la thématique « océan » peut aussi être abordée traditionnellement en classe dans de nombreuses disciplines : le développement durable est une constante. Aucun niveau, aucune matière ne sont oubliés : tous impliqués, tous concernés !

Les programmes du premier degré et du collège intègrent l'éducation au développement durable dans le socle commun de connaissances et de compétences. L'océan et les composantes qui en découlent (impact de l'homme, pollution, changements climatiques) peuvent donc s'y rattacher de manière disciplinaire ou interdisciplinaire. Les domaines de la culture scientifique et technique, de la culture humaniste, des compétences sociales et civiques ou de l'autonomie et de l'initiative s'y prêtent particulièrement. Au lycée, outre les programmes de SVT et de géographie, la filière STI2D, « sciences et technologies de l'industrie et du développement durable », trace la voie.



Portrait Profile  
Danielle de Staerke  
> P. 4

### ARGONAUTICA

#### Watching over the oceans

LILIANE FEUILLERAC FOR CNES

The state of the world's oceans gives reason for concern and is one of the crucial environmental challenges facing us today. As a key element of the global climate balance, oceans are under close watch. For the last 10 years, through the Argonautica programme with its buoys, satellite data and 2D and 3D maps, CNES has brought teachers and their classes an attractive way to study and track marine wildlife. Oceans can also be approached in a more traditional way in the classroom at all levels and through many subjects, with sustainable development as the guiding thread. From kindergarten through to junior high, sustainable development is part of the core curriculum. Oceans and related subjects—human impacts, pollution and climate change—can therefore be addressed from a disciplinary or cross-disciplinary perspective, focusing for example on science and engineering, humanist culture, social and civic skills or autonomy and initiative. At high school, besides the life and Earth sciences and geography curricula, the science and technology for industry and sustainable development stream (STI2D) points the way.



© LEPE/CNRS/C. BOST

© THINSTOCK-GETTY IMAGES-ZACARIAS PEREIRA DA MATA



# L'OCÉAN EN QUATRE QUESTIONS

## ■ Pourquoi s'intéresse-t-on à l'océan ?

En interface avec l'atmosphère, les océans jouent un rôle de régulateur thermique et conditionnement le climat. Comprendre les mécanismes d'échanges donne des clés pour mieux mesurer les facteurs à risques pour la vie marine : température, acidification, pollutions, etc. L'état de l'océan est aussi essentiel pour l'économie à travers des activités commerciales (pêche, transport maritime, etc.). Enfin, la photosynthèse du phytoplancton océanique fournit plus de 50 % de l'oxygène disponible sur la terre. L'océan étant un puits de carbone, il récupère 30 % du CO<sup>2</sup> produit en excès dans l'atmosphère depuis le début de l'ère industrielle.

## ■ Comment ça marche ?

Longtemps, la dynamique de l'océan n'a pu être observée que localement autour des bateaux. Les satellites altimétriques comme Jason ont apporté une nouvelle approche : des données peuvent être recueillies partout, en continu. Ces données sont complétées, entre autres, le système Argos. Ce dernier permet de localiser animaux marins et bouées et de relayer les paramètres mesurés in situ : température de l'eau, salinité, densité de chlorophylle en surface ou en profondeur. Des modèles sont élaborés à partir de ces éléments. Ils ont un rôle décisif dans les prédictions.

## Océan Q&A

### Why do we study the oceans?

Interacting with the atmosphere, the oceans regulate heat exchanges and Earth's climate. Understanding how this process works is the key to gauging risk factors—temperature, acidification, pollution and so on—that threaten marine life. The state of the oceans also has a big bearing on commercial activities like fishing and shipping. And lastly, plankton photosynthesis in the oceans produces more than half of the planet's oxygen. As an important carbon sink, oceans absorb 30% of excess carbon dioxide released into the atmosphere since the start of the industrial age.

### How do oceans work?

Ocean dynamics were long only observed locally from ships. Altimetry satellites like the Jason series have enabled a completely new approach and measurements can now be made continuously, all over the globe, supplemented by data from buoys with Argos transmitters and other sources. Argos is used to track marine wildlife and buoys and it relays in-situ measurements of water temperature, salinity and chlorophyll density at the surface and below. Such data are fed into models that play a vital role in forecasting.

## ■ Quel est l'impact des activités humaines sur l'océan ?

Les activités humaines engendrent des modifications des écosystèmes. Le gaz carbonique est la première source de pollution : il se dissout dans les océans, les rend plus acides, modifie les conditions de vie des espèces, qui risquent de disparaître. La production de déchets, plastiques notamment, atteint aussi des seuils critiques. Chaque kilomètre carré d'océan contient plus de 70 000 objets en plastique qui peuvent être absorbés par les espèces marines. Les dégazages sauvages, le pétrole restent également des sources importantes de pollution.

## ■ Comment établit-on des modèles de climat ?

Prévoir l'état de l'océan, c'est anticiper les évolutions climatiques. Par exemple, la modification des courants et des vents dans le Pacifique, due au phénomène El Niño, peut avoir des conséquences climatiques dramatiques (sécheresse et inondations) : prévoir son déclenchement limite les risques pour les populations. L'étude du climat repose sur des temporalités longues. Les observations croisées servent à établir des modèles prédictifs de l'évolution climatique à long terme et sur l'ensemble de la Terre. On constate une contraction de ces échelles. Aujourd'hui, la temporalité climatique moyenne est de l'ordre de trente ans.

### What impact do humans have on oceans?

Human activities are altering ecosystems. Carbon gases dissolved in the oceans are the main source of pollution, making them more acidic and endangering marine life. Waste, notably plastic waste, is another problem that has reached critical proportions. In every square kilometre of ocean there are 70,000 plastic objects that could be swallowed by marine species. Illegal dumping of oil at sea is also a major source of pollution.

### How are climate models produced?

To forecast the state of the oceans, we need first to predict changes in the climate. For example, a reversal of the normal pattern of winds and currents in the Pacific caused by an El Niño episode can have dramatic effects, bringing both flooding and drought. Being able to predict the onset of El Niño thus reduces risks to populations. Climate research deals in long timescales. Cross-observations serve to build predictive models of long-term global climate change. These timescales are getting shorter—today, the mean time period of climate variations is about 30 years.

EXERCICES

# ÉTUDE DU COURANT LIGURE (MÉDITERRANÉE)

EXERCISES: *The Ligurian Current (Mediterranean)*

## 1- SVT

### Exploitation des données bathymétriques et topographiques (Niveau seconde MPS)

Les élèves d'un lycée de Rodez ont mis à l'eau une bouée océanographique Téthys, dans le cadre d'Argonautica, dans le courant Ligure au large de Marseille. L'objectif de cet exercice est de mettre en relation les documents ci-dessous afin de déterminer les caractéristiques de ce courant.

- 1/ Sur le doc 3, mettre en relation la trajectoire du courant marin et la bathymétrie.
- 2/ Comparer la trajectoire de la bouée des lycéens au doc 2 issu des satellites.
- 3/ Sachant que la bouée des lycéens a émis pendant quarante-quatre heures, calculer sa vitesse approximative en cm/s et la comparer à celles du doc. 2.
- 4/ Le doc. 1 présente la topographie de la Méditerranée : que signifie la masse noire et bordeaux visible au sud du golfe du Lion ?
- 5/ Conclure en présentant les caractéristiques du courant ligure.

**Réponses :**

- 1/ Le courant ligure suit le talus continental le long du golfe du Lion dans le sens anti-horaire.
- 2/ Les données des satellites sont comparables aux données obtenues par les lycéens.
- 3/  $60 \text{ km} = 6,10^6 \text{ cm}$  en  $44 \text{ h} = 44 \times 3600 \text{ s}$  soit environ  $6,10^6 / 158400 = 38 \text{ cm/s}$ .  
Sur le doc 2, la vitesse moyenne du courant au sud de Marseille est de 25 à 30 cm/s. La vitesse réelle est du même ordre de grandeur que celle estimée par les satellites.
- 4/ La mer n'est pas plane : à cet endroit-là, il y a un creux de 20 cm !
- 5/ Courant marin de surface qui suit le talus continental (bathymétrie) dans le sens anti-horaire et qui va de la région ligure à la Catalogne ; ce courant semble aussi lié à la surface de la mer (topographie) qui présente un creux (tourbillon) au large de Marseille : il le contourne en restant le long du talus continental.

### 1. Life and Earth science exercise: Using bathymetry and topography data (10<sup>th</sup>-grade practical science classes)

Pupils taking part in Argonautica at a high school in Rodez released their Téthys oceanography buoy into the Ligurian Current off Marseille. The aim of this exercise is to use the documents below to determine this current's characteristics.

- 1/ In document n° 3, show how the path of the marine current is related to bathymetry.
- 2/ Compare the trajectory of the pupils' buoy with document n° 2 derived from satellite data.
- 3/ Given that the pupils' buoy transmitted for 44 hrs., calculate its approximate velocity in cm/s and compare it to those in document n° 2.
- 4/ Document n° 1 shows the topography of the Mediterranean: What is the black/burgundy mass visible in the south of the Golfe du Lion?
- 5/ Describe the characteristics of the Ligurian Current.

**Answers:**

- 1/ The Ligurian Current follows the continental shelf along the Golfe du Lion in an anti-clockwise direction.
- 2/ The satellite data are comparable to those obtained by the pupils' buoy.
- 3/  $60 \text{ km} = 6.10^6 \text{ cm}$  in  $44 \text{ hrs.} = 44 \times 3,600 \text{ s}$ , i.e. approx.  $6.10^6 / 158,400 = 38 \text{ cm/s}$ . In document n° 2, the mean velocity of the current south of Marseille is 25 to 30 cm/s. The real velocity is the same order of magnitude as that estimated by the satellites.
- 4/ The sea is not flat: there is a trough of 20 cm at this point!
- 5/ A surface marine current that follows the bathymetry of the continental shelf in an anti-clockwise direction from the Ligurian region to Catalonia, this current also appears to be related to the sea-surface topography, flowing along the continental shelf and around the trough (eddy) off Marseille.

## 2- Sciences de l'ingénieur

### Exploitation des relevés de température (Niveau seconde MPS et SI)

Les informations fournies par cette bouée sont nombreuses. L'objectif de cet exercice est de corréliser les variations de température mesurées dans ce courant avec d'autres informations reçues des satellites. Les données de température de l'eau sont fournies en base 16 par 2 octets : sensor 1 & 2, car elle est codée en binaire sur 10 bits.

Date de loc	26-11-14 17 :21 :32	27-11-14 03 :37 :34	(*)
Sensor	#01	03	03
	#02	9A	86

- 1/ Convertir en base 10 la première valeur de température reçue sur les sensors 1 et 2.
- 2/ En base 10, quelle valeur maximale peut-on coder avec ces 10 bits ?
- 3/ Sachant que le capteur donne au maximum 5 volts, quelle tension correspond à la valeur précédente ?
- 4/ Sachant que l'équation de la courbe d'étalonnage de ce capteur de température est la suivante :  $T = 2,81 \times U_m + 5,57$ , calculer la température de l'eau de la mer à ce moment-là.
- 5/ En reprenant les calculs précédents, mesurer la variation de température pendant la durée du relevé fourni.

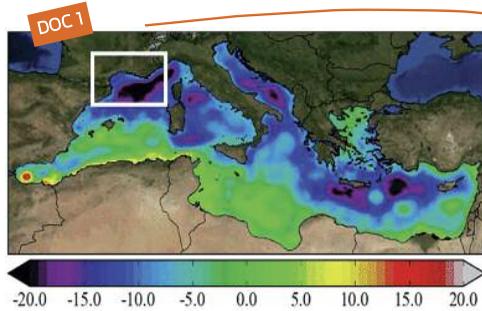
### 2. Engineering science exercise: Using temperature data (10<sup>th</sup>-grade practical science and engineering science classes)

The aim here is to correlate temperature variations in the current with other satellite data. Temperature data are in base 16. (\*)

- 1/ Convert the first temperature value received by sensors 1 and 2 into base 10.
- 2/ What is the maximum value in base 10 that can be coded with these 10 bits?
- 3/ Given that the sensor delivers a maximum 5 volts, what voltage corresponds to the previous value?
- 4/ Given that the equation of the calibration curve for this temperature sensor is:  $T = 2.81 \times U_m + 5.57$ , calculate the sea temperature at that time.
- 5/ Use your previous calculations to measure the variation in temperature during the measurement period.

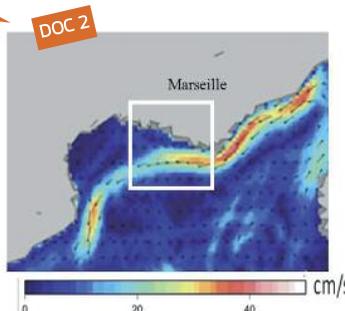
**Réponses : Answers:**

- 1/  $0399_{16} = (3 \times 16^2) + (9 \times 16) + (10 \times 16^0) = 922_{10}$
- 2/  $2^{10} = 1024$
- 3/  $U_m = 5 \times 922 / 1024 = 4,5 \text{ V}$
- 4/  $T_1 = 2,81 \times 4,5 + 5,57 = 18,2 \text{ }^\circ\text{C}$
- 5/  $0386_{16} = (3 \times 16^2) + (8 \times 16) + (6 \times 16^0) = 902_{10}$   
 $U_m = 5 \times 902 / 1024 = 4,4 \text{ V}$      $T_2 = 2,81 \times 4,4 + 5,57 = 17,9 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 18,2 - 17,9 = 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$



Mean-Dynamic-Topography (cm)

La topographie de la Méditerranée est en partie due aux courants. On y observe des tourbillons océaniques, sous forme de creux (froids de couleur noire) ou de bosses (chauds, rouge) de ce relief. The topography of the Mediterranean is due partly to its currents. For example, this map shows the relief of ocean eddies in the shape of cold 'troughs' (black) or warm 'peaks' (red).



Carte de vitesse des courants marins : le courant ligure est présent là où la vitesse augmente fortement. Chart showing velocity of marine currents; the Ligurian Current is where velocity rises sharply.



Document 3 : Dérive de la bouée 28h après le largage. La bathymétrie (ou profondeur des fonds marins) est mesurée par des navires océanographiques ou calculée à partir de mesures spatiales. Au large de Marseille, le trajet suivi par la bouée des lycéens se superpose aux fonds marins.

Bathymetry (sea depth) is measured by oceanography ships or calculated from satellite data. Off Marseille, the trajectory of the pupils' buoy is overlaid on top of the sea floor.



© CNES/F. MALIGNÉ, 2015

# L'océan et l'éducation pour passions

Cheville ouvrière des programmes éducatifs Argonautica, Danielle de Staerke a depuis longtemps l'océan pour horizon.

Elle pourrait pourtant être ailleurs, et pour cause : « *Tout m'intéresse !* », dit-elle. À l'école déjà, enfant fragile, elle « *s'ouvrait à tous les rêves* ». Journaliste, écrivain... « *Je n'étais pas spécialement attirée par les sciences* », dit-elle. Pourtant, un cursus brillant va la conduire directement à l'EPF<sup>1</sup>. L'approche du nucléaire ne soulèvera pas de grande passion, contrairement au DEA, où elle explore l'univers de l'océanographie et la météorologie. Une découverte ! Au fil d'expériences multiples, Danielle de Staerke va faire son miel de tout, y compris de la richesse des relations internationales : bourse de l'OTAN au JPL<sup>2</sup>, thèse à l'IFP<sup>3</sup>, postdoc à l'ESA... Parallèlement, elle découvre l'enseignement « *de l'intérieur* » en donnant des cours. « *Mon cursus n'est pas très linéaire, mais a été très formateur* », reconnaît-elle. En 1983, la jeune ingénieure intègre le CNES. Sa première mission ? L'utilisation du diffusiomètre et du radar en mer, elle baigne dans l'océan. Elle participe ensuite à la définition de l'interface bord/sol d'Ariane 5 ; elle y retrouve la météorologie en adaptant la station météo de Kourou. Coordinatrice des activités du Cadmos<sup>4</sup>, elle est ensuite impliquée dans les missions de vols habités Pégase, Perseus, Cassiopée, etc. En 2000, en intégrant le service Culture spatiale, elle lie sciences et pédagogie. « *Au départ, tous les projets étaient techniques, tournés vers les fusées. J'avais envie de large et de faire participer les classes.* » Le Vendée Globe en 2000 fera de Danielle de Staerke le « skippeur » d'une fabuleuse aventure pédagogique, Argonautica. Avec la complicité de sportifs confirmés comme Yves Parlier, Michel Desjoux, etc., qui déposent leurs bouées Argonautica au cœur des courants, des centaines d'élèves abordent l'océanographie spatiale de manière stimulante. « *Via les volets Argo Techno ou Argo Nimaux, le CNES apporte une ouverture internationale aux élèves, il les sensibilise aux questions environnementales.* » Depuis lors, les retours d'expériences sont positifs. Sur le même modèle pédagogique, Caliph'Air aborde des questions d'atmosphère (pollution et climat). Avec le recul, elle analyse : « *C'est dans le binôme ingénieur-enseignant sans nul doute que repose le succès d'Argonautica.* » Depuis dix ans, Danielle de Staerke conjugue ainsi ses deux passions, l'océan et la pédagogie.

<sup>1</sup>École polytechnique féminine. <sup>2</sup>Jet Propulsion Laboratory, à Pasadena (États-Unis).

<sup>3</sup>Institut français du pétrole. <sup>4</sup>Centre d'aide au développement des activités en micropesanteur et des opérations spatiales.

<sup>1</sup>Ecole Polytechnique Féminine <sup>2</sup>Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, U.S.A. <sup>3</sup>Institut Français du Pétrole <sup>4</sup>Centre d'Aide au Développement des activités en Micropesanteur et des Opérations Spatiales (Centre for the development of microgravity applications and space operations)

## PROFILE

**DANIELLE DE STAERKE**, head of educational Earth-observation projects at CNES's Youth and Education department.

## Passionate about oceans and education

As the linchpin of CNES's Argonautica educational programmes, Danielle de Staerke has long had the oceans in her sights.

At school, Danielle de Staerke was a sensitive child who dreamed of being a journalist or writer, among other things. "I wasn't especially keen on sciences," she confides, but her excellent results led her to the EPF<sup>1</sup> engineering school. She studied nuclear engineering without great conviction before discovering a passion for oceanography and meteorology during her postgraduate diploma. She subsequently embarked on a series of new experiences taking her to JPL<sup>2</sup> with a NATO grant, IFP<sup>3</sup> for her PhD and ESA for a post-doctoral thesis. At the same time, she started teaching. "My career path isn't very linear, but it's been a great learning experience," she admits. In 1983, as a young engineer she joined CNES where her first mission focused on using a scatterometer and radar at sea, giving her a taste of things to come. She then helped to define the flight/ground interface for Ariane 5, rediscovering meteorology while adapting the weather station in Kourou. And as CADMOS<sup>4</sup> coordinator she was involved in the Pégase, Perseus and Cassiopée human spaceflight missions. On joining CNES's Culture department in 2000, Danielle de Staerke combined science and learning. "Initially, all our projects were technical and turned towards rockets. I wanted to get out on the oceans and involve classes." The 2000 Vendée Globe round-the-world yacht race found her at the helm of a fantastic educational adventure, Argonautica. Working with race skippers like Yves Parlier and Michel Desjoux to release Argonautica buoys in the ocean currents, hundreds of pupils discovered space oceanography in the most stimulating of fashions. "Through Argo Techno and Argo Nimaux, CNES offers pupils an international perspective and raises their awareness of environmental issues." Feedback has been very positive and the Caliph'Air programme, based on the same model, has been developed around the atmosphere. Looking back, Danielle de Staerke believes "the success of Argonautica undoubtedly lies in getting engineers and teachers to work together." For 10 years, she has thus combined her passions for the oceans and education.

### Cursus

1971 - Baccalauréat S	Career path
1976 - École polytechnique féminine	1971 Baccalaureate (science stream)
1977 - DEA	1976 École Polytechnique Féminine
Océanographie Paris 6	1977 Postgraduate diploma in Oceanography at Paris 6
1983 - Entrée au CNES (SDS/Vols habités/Jeunesse, éducation)	1983 Joins CNES (SDS/Human spaceflight/Youth & Education)

(NDLR. Nos remerciements vont à Vincent Doumerc, professeur chargé de mission auprès du CNES, Nathalie Briand et Sandrine Gayral, professeurs de SVT, et Thierry Garnier, professeur des Sciences de l'Ingénieur). (Editor's note: Our thanks to Vincent Doumerc, teacher and advisor to CNES, life and Earth science teachers Nathalie Briand and Sandrine Gayral, and engineering science teacher Thierry Garnier).