

# Sciences pour les Exoplanètes et les Systèmes Planétaires

<http://www.esep.pro/Sciences-pour-les-Exoplanetes-et.html>

**Françoise Roques**  
**LESIA, Observatoire de Paris**  
**([francoise.roques@obspm.fr](mailto:francoise.roques@obspm.fr))**

## En résumé :

Ce portail numérique, créé dans la cadre du Labex ESEP [1], contient un livre numérique sur les sciences planétaires et un site pédagogique sur les exoplanètes. Le but est de fournir en libre accès (licence Creative Commons) des ressources de haute qualité scientifique pour

enseigner les sciences planétaires.

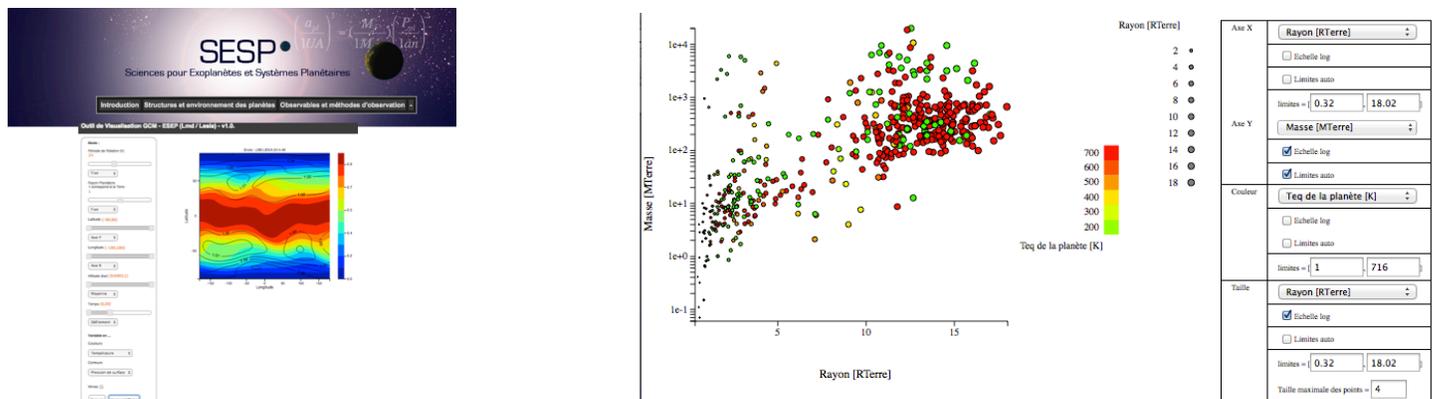
Le livre numérique est constitué de 16 (23 à terme) modules autonomes, chacun équivalent à une dizaine d'heures de cours, structuré en 4 parties Découvrir, Comprendre, Se tester, Mini-projet, et augmenté de nombreuses appliqueuses interactives.

Le site *Les exoplanètes* contient un catalogue adossé à la base de données de recherche

<http://exoplanet.eu>. Des outils permettent de travailler sur les propriétés des exoplanètes :

Diagramme accompagnés d'explications, table des systèmes multiples, compteurs, cartes des étoiles à planètes. Un simulateur 3D permet de comparer les systèmes exoplanétaires à la Terre et à la zone habitable de l'étoile.

Ces ressources seront prochainement traduites en anglais et serviront de base à des formations en ligne validantes dans le cadre de la cellule TICE de l'Observatoire de Paris.



## Pourquoi ?

En France, l'enseignement de l'astrophysique se focalise essentiellement sur la formation des futurs professionnels de la discipline, au niveau Master. Il existe très peu de formations en astrophysique de niveau Licence. L'Observatoire de Paris offre depuis 10 ans des formations en ligne de niveau L1 à M1, sélectives, tutorées et validantes, qui forment 150 à 200 étudiants par an. Le succès continu de

ces formations confirme qu'il y a une attente forte pour des savoirs scientifiques de ce niveau, à la fois exigeants et accessibles. De plus, le site des cours, en libre accès et actualisé régulièrement, est très utilisé avec plus de 50 000 visites par mois.

D'autre part, les connaissances en planétologie évoluent très vite. En particulier les planètes extrasolaires sont l'objet d'une recherche très intense mais ces nouvelles connaissances ne sont relayées dans le public que superficiellement alors que l'attente est immense sur un sujet qui touche des questions fondamentales.

## Comment ?

La réalisation de ce projet atypique a été longue. Prévue pour durer 2 ans, elle a mis plus du double et n'est pas terminée. Les auteurs, enseignants chercheurs, thésards moniteurs ou post-doctorants, ont consacré du temps à la création de ces cours ou à leur relecture, travail peu reconnu par les universités. Il leur fallu se former aux outils, s'habituer au cadre rigide du chapitrage sur écrans, concevoir et réaliser de nombreuses appliques interactifs, etc...

Le projet a vu le jour grâce au soutien d'ESEP, aux compétences d'un chef de projet multimédia, l'aide du groupe informatique du LESIA et au soutien d'Unisciel (Université Numérique Thématique en Sciences Fondamentales). Il faut aussi citer l'outil utilisé, Webjaxe [2], le CMS (Système de Gestion de Contenus) XML, créé et maintenu par la cellule TICE de l'Observatoire, qui permet aux auteurs de rédiger leurs cours en ligne de manière autonome.

## Qui ?

**Le comité éditorial du portail :** Françoise Roques (LESIA), Stefan Renner (IMCCE), Thomas Navarro (LMD), Jean-Mathias Griessmeier (LPC2E), Christian Balança (LERMA), Emmanuel Marcq (LATMOS), Yves Bénilan (LISA) et Jean Schneider (LUTH).

**Les auteurs et relecteurs sont :** Alain Doressoundiram (LESIA), Christian Balança (LERMA), Jean-Loup Baudino (LESIA), Yves Benilan (LISA), Jean-Yves Chaufray (LATMOS), Valérie Ciarletti (LATMOS), Thierry Dudok de Wit (LPC2E), Stéphane Erard (LESIA), Sylvain Fouquet (GEPI), François Forget (LMD), Thierry Fouchet (LESIA), Nicolas Fray (LISA), Jean-Mathias Griessmeier (LPC2E), Anaëlle Halle (LESIA), Nathan Hara (IMCCE), Jacques Laskar (IMCCE), Sébastien Lebonnois (LMD), Emmanuel Lellouch (LISA), Alice Le Gall (LESIA), Emmanuel Marcq (LATMOS), Sophie Masson (LESIA), Ronan Modolo (LATMOS), Yaël Nazé (U. Liege), Thomas Navarro (LMD), Filippo Pantellini (LESIA), Didier Pelat (LUTH), Arianna Piccialli (LESIA), François Raulin (MNHN), Françoise Roques (LESIA), Loïc Rossi (LESIA), Patricia Schippers (LESIA), Jean Schneider (LUTH), Bruno Sicardy (LESIA), Philippe Thébault (LESIA) et Martin Turbet (LMD).

**L'équipe technique :** Chef de projet : Cédric Schott - Groupe Informatique du LESIA : Florence Henry, Emmanuel Grolleau, Julien Brulé - Graphisme : Sylvain Cnudde - Maintenance logiciels : Soufiane Ayadi, Damien Guillaume - Communication : Séverine Raimond.



## Le livre numérique

Le livre numérique présente les connaissances actuelles sur les systèmes planétaires au travers des sciences fondamentales sur lesquelles sont basées ces connaissances. Les 23 chapitres autonomes, dont 16 sont terminés, ont une même structure :

- *Découvrir* : description sans ou avec très peu d'équation
- *Comprendre* : les sciences nécessaires à l'étude du sujet
- *Se tester* : exercices d'auto-évaluation pour s'assurer de la connaissance et la compréhension du sujet
- *Mini-projet* : travail accompagné d'analyse de données scientifiques sur le système solaire ou les exoplanètes

Les auteurs ont suivi cette démarche pour créer les chapitres ci-dessous. Les titres soulignés sont ceux des chapitres terminés :

### Histoire et définitions des (exo)planètes

#### Origine et évolution des systèmes planétaires

#### Statistique sur les exoplanètes

#### Structure interne des planètes

#### Surfaces planétaires

#### Structure thermique des atmosphères planétaires

#### Dynamique atmosphérique

#### Modèle de circulation globale des atmosphères

#### Atmosphères : composition

#### Orbites planétaires

#### Petits corps

#### Magnétosphère des planètes

### Relations étoile- planètes

#### Flux et spectre

#### Polarisation

#### Mesure de plasmas

#### Flux UV

#### Imagerie planétaire

#### Détection des Exoplanètes : Méthode des vitesses radiales et astrométrie

#### Transits

#### Habitabilité des (exo)planètes

#### Exobiologie

#### Origine de la vie sur Terre

The screenshot shows the SESP website interface. At the top, there is a navigation menu with options like 'Introduction', 'Structures et environnement des planètes', 'Observables et méthodes d'observation', 'Lieux de vie', 'Auteurs', and 'Boîte à outils'. The main content area is titled 'DE L'EAU LIQUIDE' and features a text block about habitable planets, a diagram titled 'L'échappement atmosphérique' showing atmospheric escape mechanisms, and a section 'Maintenir l'eau liquide'.

The screenshot shows the 'APPLIQUETTE CRATERISATION' section of the SESP website. It includes a diagram of a crater with parameters:  $D_i = 16 \text{ km}$ ,  $h_i = 311 \text{ m}$ ,  $d_i = 0.7 \text{ km}$ , and  $E_i = 54 \text{ m}$ . The diagram also shows a crater profile with a diameter  $D_f = 6.2$ . Below the diagram, there are input fields for 'Paramètres de la surface cible' (Crater density, Density of the surface, Density of the projectile), 'Paramètres de la cible' (Crater density, Density of the projectile), and 'Paramètres de l'impact' (Angle of impact).

## Le site *Les exoplanètes*

Un site grand public centré sur un catalogue des caractéristiques des exoplanètes extraites journalièrement du portail de recherche [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu). Un simulateur 3D permet de visualiser tous les systèmes, et de les comparer à la terre et à la zone habitable de l'étoile. Des outils interactifs, cartes 2D et 3D, compteurs, histogrammes et diagrammes commentés permettent de comprendre les propriétés des exoplanètes.



En orange : les valeurs calculées  
En bleu : les liens vers le simulateur 3D

Afficher 10 éléments

Rechercher :

Exoplanète	catégorie	détection	année	période	a	e	i	omega	mol.	M <sub>pl</sub>	R <sub>pl</sub>	teq	densité	Etoile	distance
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-10 b</a>	superterrienne chaude	transit	2011	0.838	0.017	0.06	84.8	-		0.011	0.132	2001	5.73	Kepler-10	173
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-10 c</a>	neptunienne chaude	transit	2011	45.295	0.241	0.05	89.59	-		0.055	0.208	529	7.55	Kepler-10	173
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-100 b</a>	superterrienne froide	transit	2014	6.888	0.074	0.13	-	-		0.024	0.117	-	18.17	Kepler-100	310.34
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-100 c</a>	terriennes froide	transit	2014	12.816	0.111	0.02	-	-		0.003	0.199	-	0.43	Kepler-100	310.34
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-100 d</a>	superterrienne froide	transit	2014	35.334	0.219	0.38	-	-		0.01	0.136	-	4.73	Kepler-100	310.34
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-1000 b</a>	froide	transit	2016	120.019	0.533	-	-	-		-	0.425	-	-	Kepler-1000	925
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-1001 b</a>	froide	transit	2016	14.306	0.112	-	-	-		-	0.281	-	-	Kepler-1001	1009
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-1002 b</a>	froide	transit	2016	4.337	0.056	-	-	-		-	0.153	-	-	Kepler-1002	425
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-1003 b</a>	froide	transit	2016	3.555	0.048	-	-	-		-	0.159	-	-	Kepler-1003	873
<input type="checkbox"/> <a href="#">Kepler-1004 b</a>	froide	transit	2016	5.288	0.062	-	-	-		-	0.56	-	-	Kepler-1004	1080

Affichage de l'élément 1 à 10 sur 2,293 éléments (filtré de 3,426 éléments au total)

◀ Précédent Suivant ▶

## Demain (le site)

Après son lancement en Décembre 2015, les sites sont utilisés par les universités partenaires. Des formations à distance validantes basées sur ces ressources sont en cours d'élaboration profitant de l'expérience de l'Observatoire de Paris. Les deux sites seront traduits en anglais avec l'aide de PSL.