



Atelier des Deux Infinis

REGION REU

LYCEE ROLAND GARROS LE TAMPON





REALISATION

Conception: Atelier des Deux Infinis – Lycée Roland Garros

- Agathe COMIN-GOKALSING et Océane HAZARD, élèves
- Philippe CARRET, professeur encadrant
- Patrick HAZARD, géomètre

Réalisation artistique :

- Jean-Claude JOLET, artiste sculpteur
- Véronique COIGNAC, professeur arts plastiques, pour la planète Saturne et sa contribution aux petites planètes : Mercure, Vénus, Terre et Mars, ainsi qu'à Uranus
- Atelier des deux infinis, avec les conseils avisés de Véronique COIGNAC

Panneaux d'information : Atelier des Deux Infinis – Lycée Roland Garros

- Coordination : Julie FAUQUEMBERGUE, technicienne et Gérard CAVALLI, professeur

Financement:

- Région Réunion
- Délégation Académique à l'éducation Artistique et à l'action Culturelle (DAAC)
- Direction des Affaires Culturelles de l'Océan Indien (DACOI)
- Lycée Roland Garros

OBJECTIFS DE LA REALISATION

Il est toujours difficile **d'imaginer et de se rendre compte des échelles des distances et de la taille des planètes** du Système Solaire. Aucune représentation de l'ensemble, à l'aide d'une seule et même échelle n'est réellement possible en un même lieu. Le choix de deux échelles, une pour les tailles et une pour les distances, a donc été délibéré.

Les panneaux d'information qui complètent les sculptures apportent une information supplémentaire pour rapprocher ces deux échelles et la fondre en une seule : il y est indiqué la taille qu'aurait la planète à l'échelle des distances choisies. Elle ne dépasserait pas 1 cm !



Construire une maquette du système planétaire du Soleil à l'échelle du Lycée Roland Garros est d'autant plus important qu'elle permettra à toutes les professeures et tous les professeurs du Lycée, mais également du primaire et des collèges du secteur, de montrer à leurs élèves une reproduction fidèle et concrète concernant les dimensions du système planétaire du Soleil.

Les dimensions dans l'Univers sont au programme de Physique-Chimie en classe de Seconde, et la planétologie au programme de Sciences de la Vie et de la Terre.

Une enquête menée auprès d'un grand nombre d'élèves du lycée a montré l'intérêt suscité par ce projet.

Alliant science et art, la réalisation de ce projet rappelle aussi l'image d'un lycée ouvert à toutes les formes de connaissance et de culture, en n'en privilégiant aucune, mais en cherchant au contraire à les associer.

Que savions-nous du système planétaire en 1965, date d'ouverture du lycée? Que de nouvelles connaissances depuis, grâce en particulier aux progrès scientifiques et techniques : les sondes Voyager, Galileo, Cassini, les robots martiens, les satellites et télescopes spatiaux et bien d'autres missions d'exploration de notre système solaire, auxquelles l'Europe a pris une part de plus en plus importante, ont succédé aux missions Apollo de conquête de la Lune et ont permis une moisson de nouvelles connaissances, transformant même notre vision du monde!

Des panneaux d'information, réalisés par l'atelier des deux infinis, complètent ainsi la maquette pour souligner l'évolution des connaissances, une véritable leçon d'histoire des sciences.

DESCRIPTION DE LA REALISATION

DISTANCES DES PLANETES

Le travail sur le plan du lycée, mené avec le géomètre, a permis de donner une échelle simple des **distances moyennes au Soleil** de chaque astre à la réalisation :

1 m représente 15 millions de km, soit 0,1 ua

unité astronomique (ua) : distance moyenne Terre-Soleil

Planètes	Distance réelle (en millions de km)	Distance réduite (en m)
Mercure	58	3,9
Venus	108	7,2
La Terre	150	10
Mars	228	15
Jupiter	778	52
Saturne	1.429	95
Uranus	2.871	192
Neptune	4.503	300

Ces distances ont été respectées à quelques exceptions près, pour tenir compte de certains impératifs propres au fonctionnement de l'établissement.

TAILLE DES PLANETES

L'échelle des tailles a été alors choisie pour représenter Jupiter par une sphère de 2 m de diamètre (moyen) au lieu de moins d'un cm à l'échelle des distances. Il n'a pas été tenu compte de l'aplatissement polaire des planètes.

1 cm représente environ 715 km

Planètes	Diamètre moyen réel (en km)	Diamètre moyen réduit (en cm)
Mercure	4.879	7
Vénus	12.104	17
La Terre	12.742	18
Mars	6.779	9,5
Jupiter	139.822	200
Saturne	116.464	169
Uranus	50.724	71
Neptune	49.244	69

À cette échelle, le Soleil aurait un diamètre de plus de 20 m, qui le ferait dépasser la hauteur du bâtiment A! Il a donc été représenté à l'échelle des distances.

CHOIX DE L'IMPLANTATION

SOLEIL

Pour le Soleil et les petites planètes proches, il était nécessaire de trouver un emplacement situé plutôt sur une extrémité de l'établissement, afin de pouvoir ensuite « placer » Neptune! La cour inférieure a été choisie.

SATURNE ET SOLEIL

Joyau du système planétaire avec son anneau, représenté également à l'échelle, Saturne devait nécessairement occuper un emplacement de choix dans l'établissement. Il a été choisi en contrebas du bâtiment administratif, ce qui a imposé la position précise du Soleil sur la partie goudronnée devant les arbres. Il a fallu tenir compte de l'installation d'un bloc de sanitaires devant le bâtiment A et de la future installation d'un ascenseur de ce côté-là du bâtiment administratif.

PETITES PLANETES

À la bonne distance du Soleil, les petites planètes ont été placées dans la partie gazonnée pour éviter des difficultés avec les travaux de réhabilitation du Lycée et le déplacement des véhicules. Compte tenu de la position du Soleil, imposée par celle de Saturne, les petites planètes se retrouvent donc du même côté du Soleil, un cas de conjonctions astronomiquement assez rare mais possible! L'ensemble de ces emplacements a été validé par l'architecte qui conduit les travaux de réhabilitation pour le compte de la Région, M. Leriche.

JUPITER

Initialement prévu à l'extrémité du bâtiment B, l'emplacement de Jupiter a dû être revu en raison du déplacement du préfabriqué K. Cela a été fait avec une nouvelle intervention du géomètre pour mesurer la bonne distance entre le Soleil et Jupiter, et ainsi placer Jupiter près de l'entrée côté Boulevard Général de Gaulle, et donc à un emplacement visible de l'extérieur.

URANUS ET NEPTUNE

En respectant pratiquement sa distance au Soleil, Uranus a été placée stratégiquement devant le réfectoire, alors que le choix était très réduit pour Neptune, puisqu'il s'agissait de la placer à 300 m du Soleil, à l'extrémité du Lycée, et donc à la hauteur du bâtiment J.

HISTORIQUE DE LA REALISATION

ANNEE SCOLAIRE 2014-2015 : élaboration du projet au sein de l'Atelier des Deux Infinis – Rencontre avec Patrick Hazard et Jean-Claude Jolet

ANNEE SCOLAIRE 2015-2016 : élaboration du budget, recherche du financement, implantation de Saturne en février 2016



ANNEE SCOLAIRE 2016-2017: Installation des 4 petites planètes en novembre 2016. Réfection de Mercure, suite à un vol, et du mode de fixation des petites planètes. Révision de la position de Jupiter, suite à la modification de l'emplacement du bâtiment K, puis installation de Jupiter en mai 2017, Uranus et Neptune en juin 2017.



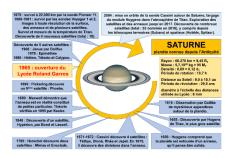












MERCURE



2011-15 : cartographie de 98% de la surface par la sonde Messenger (NASA). Étude de la composition chimique de la surface et de l'atmosphère très ténue, mise en évidence d'un noyau ferreux partiellement liquide.

Glace d'eau détectée dans le pôle situé en permanence à l'ombre.

1974-75: photographie de 45 % de la surface et découverte d'un champ magnétique, par la sonde Mariner 10 (NASA).

1965 : mesure depuis la Terre, à l'aide d'un radar, de la période de rotation de 58,7 jours.

1965 : ouverture du Lycée Roland Garros

1916 : la théorie de la relativité générale d'Einstein permet d'expliquer l'avance du périhélie de Mercure : Vulcain n'existe pas. 2018 : lancement de deux sondes de la mission BepiColombo, par l'ESA (Europe) et JAXA (Japon), mises en orbite autour de Mercure en 2025. Étude de l'intérieur et de la surface de la planète, du champ magnétique et de la magnétosphère, de l'atmosphère, des ondes et particules reçues dans l'environnement immédiat de la planète.

Nouvelle vérification de la théorie de la Relativité Générale.

MERCURE

planète connue depuis l'Antiquité

Rayon : 2440 km = 0,38 R_T Masse : 3,3,10²³ kg = 0,055 M_T

Densité : $5,4 = 0,98 d_T$

Période de rotation : 58,7 jours

Distance au Soleil : 0,31 à 0,47 ua Période de révolution : 88 jours

diamètre à l'échelle des distances utilisée au Lycée : 0,33 mm

> 1630 : observation des différentes phases par Hortensius.

1859 : nouvelle théorie du mouvement de Mercure par Le Verrier : l'avance du périhélie (point de l'orbite le plus proche du Soleil) ne peut s'expliquer que par la présence d'une autre planète encore plus proche du Soleil, dénommée Vulcain.

1843 : calcul de l'orbite par Le Verrier. Écart notable entre le calcul et l'observation du mouvement de la planète.

VENUS



1975-1984 : les sondes Mariner et Venera survolent et atterrissent sur la planète. Premières images de la surface : grandes plaines parsemées de collines d'une centaine de mètres de hauteur, plusieurs volcans. Conditions physiques extrêmes.

1967-1972 : sondes Pioneer Venus et Venera : survols et atterrissages. Images de la surface, absence de champ magnétique, étude de la composition de l'atmosphère, mesure d'une pression très élevée.

1965 : ouverture du Lycée Roland Garros

1962 : survol de la sonde Mariner 2 Mesure de la température de surface et quasi-absence d'eau. Mesure de la période de rotation.

1960 : Broyer observe que l'atmosphère tourne indépendamment de la planète, en 4 jours dans le sens rétrograde.

1932 : découverte par spectroscopie d'une atmosphère très dense composée de dioxyde de carbone.

1985-2010 : sondes Vega, Galileo, Magellan, Venus Express et orbiteur Akatsuki. Etude de l'atmosphère, présence de nuages d'acide sulfurique très épais. Imagerie radar et infrarouge de 98% de la surface relativement jeune, recouverte de lave. Etude de l'interaction entre l'ionosphère et le vent solaire.

VENUS

planète connue depuis l'Antiquité

Rayon : $6.051 \text{ km} = 0.95 \text{ R}_{\text{T}}$ Masse : $4.87,10^{24} \text{ kg} = 0.815 \text{ M}_{\text{T}}$

Densité : 5,2 = 0,94 d_T Période de rotation : 243 jours

Distance au Soleil : 0,72 à 0,73 ua Période de révolution : 225 jours

diamètre à l'échelle des distances utilisée au Lycée : 0,8 mm

1610 : observation par Galilée des phases de Venus, éléments de preuve en faveur du modèle héliocentrique

1761-1769 : expéditions à travers le monde pour observer les transits de Venus et préciser la distance Terre-Soleil (unité astronomique). 1639 : première observation du transit de Vénus devant le Soleil par Horrocks. Première estimation de la taille de Vénus et de la distance Terre-Soleil.

LA TERRE



1968 : modèle de la tectonique des plaques par Le Pichon. 1974 : découverte de Lucy, 3,2 Ma par Coppens.

1965 : ouverture du Lycée Roland Garros

1900-1912 : modèles de la composition interne de la Terre. Théorie de la dérive des continents, par Wegener.

1822 : première étude sur les dinosaures par Mantell. 1837 : théorie de l'évolution et de la sélection naturelle des espèces de Darwin.

1687 : Newton énonce la loi de la gravitation, les lois du mouvement, démontre les lois de Kepler et prévoit l'aplatissement de la Terre aux pôles, vérifié par la mesure par Maupertuis en 1736 et La Condamine en 1744.

1610 : avec l'observation des phases de Vénus, Galilée apporte un élément déterminant en faveur du modèle héliocentrique, défendu par Kepler, qui énonce les lois du mouvement, en 1609 et 1618, après les mesures effectuées sur Mars par Tycho Brahé. 2010 : 250 fossiles multicellulaires de 2,1 Ga par El Albani 2012 : fossile complet d'un insecte de 400 Ma par Strudiella 2017 : mammifère de 160 Ma, bactérie de 3,9 Ga. La Terre abrite de 7,4 à 10 millions d'espèces vivantes. Etude des conditions d'habitabilité : température, atmosphère

LA TERRE

Rayon équatorial : 6.378 km Masse : 5,97,10²⁴ kg

Densité: 5.51

Période de rotation : 23h 56min 4s

Distance au Soleil : 0,98 à 1,02 ua (1 ua = 149.597.870,7 km) Période de révolution : 365,25 j

diamètre à l'échelle des distances utilisée au Lycée : 0,85 mm (1 cm représente 15.000 km)

Antiquité (de -600 à 200) : Découverte par Pythagore, Platon, Aristote et Erathosthène que la Terre est sphérique : observation des éclipses de Lune et de la hauteur des astres en différents lieux. Ptolémée améliore le système géocentrique : Soleil et planètes tournent autour de la Terre.



Moyen-Âge: le système géocentrique est contredit par les astronomes Ad-Din Ad-Tusi et Al-Shatir, dont Copernic reprend les idées pour développer le système héliocentrique, publié en 1543.

MARS



1997 : orbiteur Mars Global Surveyor, atterrisseur Mars Pathfinder, robot mobile Sojourner. Mise en évidence d'un champ magnétique fossile, dépôts sédimentaires et roches traduisant la présence ancienne d'eau. Cartographie.

1969 : survol des sondes Mariner 6 et 7.
1971 : mise en orbite de Mariner 9.
1971-1974 : orbiteurs Mars 2, 3 et 5
1976 : missions Viking 1 et 2 avec
orbiteurs et aterrisseurs
Etude détaillée de la surface et de
l'atmosphère. Recherche infructueuse
d'eau et de traces de vie microbienne.

1965 : ouverture du Lycée Roland Garros

1965 : survol par la sonde Mariner 4 : 21 images détaillées de la surface.

1909 : Antoniadi cartographie la Surface et réfute l'idée des canaux de Mars, qui perdurera dans l'imaginaire populaire jusqu'en 1965.

1877 : Schiaparelli dresse une carte détaillée de la surface, observe des tâches sombres, les « océans », et des tâches claires, les « continents ». Il identifie des « canaux » entre les deux. 1895 : Lowell observe jusqu'à 400 canaux et construit une théorie sur l'habitabilité de Mars.

2001-2018: exploration détaillée par de nombreuses missions: orbiteurs, atterrisseurs, robots: Spirit, Opportunity et Curiosity. Détection d'eau aux pôles, et ancienne présence d'eau sur toute la surface confirmée.

MARS

planète connue depuis l'Antiquité

Rayon: $3.396 \text{ km} = 0.53 \text{ R}_{T}$ Masse: $6.42,10^{23} \text{ kg} = 0.11 \text{ M}_{T}$ Densité: $3.9 = 0.71 \text{ d}_{T}$ Période de rotation: 24.6 h

Distance au Soleil : 1,38 à 1,67 ua Période de révolution : 1,88 ans

diamètre à l'échelle des distances utilisée au Lycée : 0,45 mm

1609 : Calcul par Kepler de l'orbite de Mars, à partir des observations précises de Tycho Brahe.

1672 : Mesure par Cassini et Richer de la parallaxe de Mars et des distances Terre-Mars et Terre-Soleil.

1877 : Hall découvre Phobos et Deimos, les deux satellites de Mars.

1783 : Herschel pressent l'existence d'une atmosphère. 1789 : il découvre les calottes polaires et annonce la présence de saisons.

JUPITER



1979 : survol des sondes Voyager 1 et 2. Observation et images détaillées de la planète et des satellites, notamment des volcans de lo. Découverte des anneaux et de 3 satellites.

1994 : collision avec la comète Shoemaker-Lévy

1974-75 : Découverte de 2 nouveaux satellites (total : 14).

1973-74 : Sondes Pioneer 10 et 11 Premières images de la planète et de plusieurs satellites. Mesure de la masse totale du système. Mesure du champ magnétique.

1965 : ouverture du Lycée Roland Garros

1932 : Identification de l'ammoniac et du méthane dans le spectre de Jupiter.

1892 : Découverte par Barnard du 5^{ème} satellite, Amalthée. De 1904 à 1951 : Découverte de 7 nouveaux satellites.

1690 : Observation de la rotation différentielle de la planète, 5 minutes plus lente aux pôles qu'à l'équateur. Estimation correcte de la période de rotation. 1995-2003 : mise en orbite de la sonde Galileo (NASA). Etudes et images détaillées de la planète et de satellites. 1999-2017 : découverte de dizaines de satellites depuis le sol (total : 69 en 2018, dont 51 nommés). 2016 : mise en orbite de la sonde Juno

JUPITER

planète connue depuis l'Antiquité

Rayon: 71.492 km = 11,2 R_T Masse: 1,9,10²⁷ kg = 318 M_T Densité: 1,33 = 0,24 d_T Période de rotation: 9,9 h

Distance au Soleil : 4,95 à 5,46 ua Période de révolution : 11,9 ans

diamètre à l'échelle des distances utilisée au Lycée : 9,5 mm

1610 : Découverte par Galilée des 4 principaux satellites : Io, Europe, Ganymède et Callisto

1660 : Observation par Cassini et Hooke de la Grande Tâche Rouge et des bandes colorées équatoriales.

1676 : Estimation par Römer de la célérité de la lumière grâce à l'observation des éclipses des satellites galiléens.

SATURNE



1979 : survol à 22.000 km par la sonde Pioneer 11. 1980-1981 : survol par les sondes Voyager 1 et 2. Images à haute résolution de la surface, des anneaux et de plusieurs satellites. Survol et mesure de la température de Titan. Découverte de 4 nouveaux satellites (total : 18).

Découverte de 5 autres satellites : 1966: Janus par Dollfus 1978 : Epiméthée 1980 : Hélène, Télesto et Calypso.

1965 : ouverture du Lycée Roland Garros

1899 : Pickering découvre un 9ème satellite : Phoebe.

1859 : Maxwell démontre que l'anneau est en réalité constitué de petites particules. Théorie vérifiée en 1895 par Keeler.

1848 : Découverte d'un satellite. Hypérion, par Bond et Lassell.

1789 : Herschel découvre deux satellites: Mimas et Encelade.

2004 : mise en orbite de la sonde Cassini autour de Saturne, largage du module Huygens dans l'atmosphère de Titan. Exploration des satellites et des anneaux jusqu'en 2017. Découverte de nombreux satellites (total : 53 nommés en 2018), y compris depuis les télescopes terrestres (Subaru) et spatiaux (Hubble, Spitzer).

SATURNE

planète connue depuis l'Antiquité

Rayon: $60.270 \text{ km} = 9,45 \text{ R}_{T}$ Masse : 5,7,10²⁶ kg = 95 M_T Densité : 0,69 = 0,12 d_T Période de rotation : 10.7 h

Distance au Soleil: 9,0 à 10,1 ua Période de révolution : 29,5 ans

diamètre à l'échelle des distances utilisée au Lycée : 8 mm

1610 : Observation par Galilée de mystérieux appendices autour de la planète.

1655 : Découverte par Hugens de Titan, le plus gros satellite

1671-1672 : Cassini découvre 4 satellites : Téthys, Dioné, Rhéa et Japet. En 1675, il découvre des divisions dans l'anneau.

1656: Huygens comprend que la planète est entourée d'un anneau, qu'il pense être solide.

URANUS



de 1997 à 2005 : Découverte avec le télescope spatial Hubble et les télescopes terrestres de 9 satellites extérieurs et 3 internes : Cupid, Mab et Margaret

(total: 27 satellites) et 2 nouveaux anneaux externes (total: 13).

1985-1986 : Survol de Voyager 2 (NASA,USA) : mise en évidence d'un champ magnétique. Découverte de 10 nouveaux satellites et 2 anneaux. Étude de l'atmosphère.

1978 : Découverte de 9 anneaux. Uranus est le second système annulaire après Saturne.

1965 : ouverture du Lycée Roland Garros

1948 : Découverte par Kuiper de Miranda, 5ème satellite d'Uranus. Les 5 satellites sont composés de roche et de glace.

1851 : Découverte par Lassell d'Ariel et Umbriel, 2 autres satellites d'Uranus.

2012 : observation d'aurores polaires aux pôles magnétiques de la planète. 2016 : prévision de l'existence de 2 nouveaux satellites internes, non encore observés

URANUS

Rayon: 25560 km = $4 R_T$ Masse: $8,7,10^{25}$ kg = 14,5 M_T Densité : 1,27 = 0,23 d_T Période de rotation : 17,24 heures

Distance au Soleil: 18,3 à 20,1 ua Période de révolution : 84 ans

diamètre à l'échelle des distances utilisée au Lycée : 3,4 mm

1690 : observation de l'astre par Flamsteed et classification en tant qu'étoile, dénommée 34 Tauri.

1781 : observation de l'astre par Herschel qui l'annonce comme étant une comète. Lexell évalue sa distance au Soleil. Bode suggère l'existence d'une nouvelle planète.

1787 : Découverte par Herschel de Titania et Oberon, les deux plus gros satellites d'Uranus.

NEPTUNE



1989 : Mission Voyager 2 (NASA, USA), Étude des anneaux, détermination de la durée de rotation, analyse de l'atmosphère. Données recueillies sur Triton. Découverte de 5 nouveaux satellites : Naïade, Thalassa, Despina, Galatée et Protée.

1984 : Détection par Brahic et son équipe de 5 anneaux, dont l'un est composé d'arcs nommés Liberté, Egalité, Fraternité.

1981 : Découverte par Reitsema de Larissa, 3ème satellite.

1965 : ouverture du Lycée Roland Garros

1949 : Découverte par Kuiper de Néréide, le deuxième satellite.

1846 : Observation par Galle de la nouvelle planète à la position calculée. Lassell découvre Triton, le plus gros satellite, seulement 17 jours plus tard. 2002-2003 : Découverte de 5 nouveaux satellites : Halimède, Néso, Sao, Laomédie et Psamathée. 2013 : Annonce par la NASA de la découverte, sur des images de Hubble, du 14^{ème} satellite dénommé provisoirement S/2004.

NEPTUNE

Rayon : 24760 km = 3,9 R_T Masse : 1,0.10²⁶ kg = 17,1 M_T Densité : 1,64 = 0,30 d_T

Période de rotation : 17,24 heures Distance au Soleil : 30,1 à 30,4 ua

Période de révolution : 165 ans diamètre à l'échelle des distances

utilisée au Lycée : 3,3 mm

1612 : Observation par Galilée de la planète comme une étoile.

1845 : Calcul par Adams et Le Verrier de la position probable d'une nouvelle planète, perturbant Uranus. 1821: Publication par Bouvard de nouvelles tables d'observation d'Uranus: une autre planète pourrait influencer la trajectoire d'Uranus par gravitation.