

**C'EST MICHEL MAYOR ET
SON ÉQUIPE, DE
L'OBSERVATOIRE DE
GENÈVE TRAVAILLANT À
L'OBSERVATOIRE DE
HAUTE PROVENCE QUI
DÉCOUVRE LA PREMIÈRE
EXOPLANÈTE :**

**AUTOUR DE PEG 51
EN OCTOBRE 1995**

© JP MARTIN 2002



**MAIS COMMENT PEUT-ON
DÉTECTER DES PLANÈTES
HORS DU SYSTÈME
SOLAIRE?**

VOYONS VOIR LES DIFFÉRENTES POSSIBILITÉS

© JP MARTIN 2002

LES DIFFICULTÉS DU PROBLÈME

UNE PLANÈTE, PAR DÉFINITION N'ÉMET PAS DE LUMIÈRE, ELLE RÉFLÉCHIT LA LUMIÈRE DE SON ÉTOILE SA LUMINOSITÉ EST TRÈS FAIBLE, DONC PAS FACILEMENT DÉTECTABLE À DISTANCE.



PAR EXEMPLE
JUPITER NE RÉFLÉCHIT QUE
 10^{-9} DE LA LUMIÈRE DU
SOLEIL PAR EXEMPLE

5

**DONC VISUALISATION DIRECTE DES
EXOPLANÈTES POUR LE MOMENT
TECHNIQUEMENT IMPOSSIBLE
(DANS LE FUTUR AVEC OPTIQUE
ADAPTATIVE PEUT ÊTRE)**

CETTE MÉTHODE : L'ASTROMÉTRIE, LA VUE DIRECTE DES MOUVEMENTS D'UNE ÉTOILE OU DE SES PLANÈTES N'EST DONC PAS ENCORE ASSEZ SENSIBLE, MAIS BIEN ENTENDU, C'EST CELLE QUI INTÉRESSE LE PLUS LE PUBLIC :

**À QUAND UNE PHOTO D'UNE
PLANÈTE EXTRASOLAIRE?
ON NOUS LA PROMET DANS LES
10 ANS QUI VIENNENT**

MAIS PEUT-ON DÉTECTER ALORS UNE PLANÈTE INDIRECTEMENT?????

RAPPEL DE PHYSIQUE :
UNE PLANÈTE NE TOURNE PAS AUTOUR DE SON
ÉTOILE, MAIS LES DEUX CORPS TOURNENT AUTOUR
DE LEUR CENTRE DE GRAVITÉ (BARYCENTRE), DONC
L'ÉTOILE EST AUSSI ANIMÉE D'UN PETIT
MOUVEMENT ET SI ON POUVAIT DÉTECTER CE
MOUVEMENT ALORS.....

© JP MARTIN 2002

7

LES DEUX CORPS TOURNENT
AUTOUR DE LEUR CENTRE DE
GRAVITÉ (BARYCENTRE)


Earth

Many
Light-years



©ZoomSchool.com

Les animations ne sont visibles que sous Power Point

EN ANGLAIS : WOBBLE EFFECT

© JP MARTIN 2002

8

DEUX MÉTHODES COMPLÉMENTAIRES

CE PRINCIPE CONDUIT À 2 MÉTHODES DE
DÉTECTION INDIRECTE COMPLÉMENTAIRES :

L'ASTROMÉTRIE : MESURE DE LA POSITION
EXACTES DES ASTRES → MESURE DU FAIBLE
DÉPLACEMENT DE L'ÉTOILE → PAS DE
SUCCÈS JUSQU'À CE JOUR (SAUF BESSEL POUR
SIRIUS B MAIS CE N'EST PAS UNE PLANÈTE
MAIS UNE NAINE BLANCHE)

DIFFICULTÉ : TERRE VUE DE 10pc VARIATION SUR LE
SOLEIL DE 0,3 MICROARCSECONDE!!! (JUPITER: 500)
PRÉCISION ACTUELLE DE SIM : 1

© JP MARTIN 2002

9

SIM : UNE MISSION D'ASTROMÉTRIE



SPACE
INTERFEROMETRY
MISSION
LANCEMENT EN 2009
BUT : DÉTERMINER LA
DISTANCE ET LE
MOUVEMENT PROPRE
DES ÉTOILES POUR Y
DÉTECTER DES
PLANÈTES

INTERFÉROMÈTRE DE 10M DE BASE PRÉCISION 1 μ AS

© JP MARTIN 2002

10

SPECTROGRAPHIE

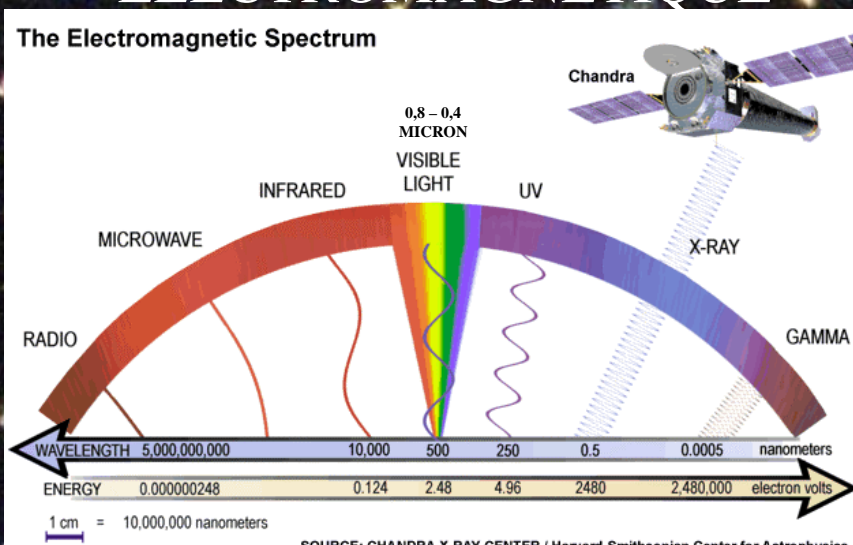
REPRENONS L'EXEMPLE DE JUPITER, ELLE TOURNE AROUND DU SOLEIL EN 12 ANS, MAIS RÉCIPROQUEMENT, LE SOLEIL TOURNE AROUND DU CDG DU SYSTÈME (SITUÉ À LA SURFACE DU SOLEIL APPROX) AUSSI EN 12 ANS, CE QUI LUI CONFÈRE UNE VITESSE DE DÉPLACEMENT

EN ASTROPHYSIQUE, TOUTE VITESSE PEUT ÊTRE MESURÉE PAR ANALYSE DE LA LUMIÈRE ET LE DÉPLACEMENT DU SPECTRE PAR EFFET DOPPLER : C'EST LA SPECTROGRAPHIE

11

© JP MARTIN 2002

LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE



12

© JP MARTIN 2002

**ON ANALYSE LA LUMIÈRE ÉMISE PAR LES ÉTOILES :
SI L'ÉTOILE SE RAPPROCHE DE NOUS : BLUE SHIFT
SI ELLE S'ÉLOIGNE DE NOUS : RED SHIFT**

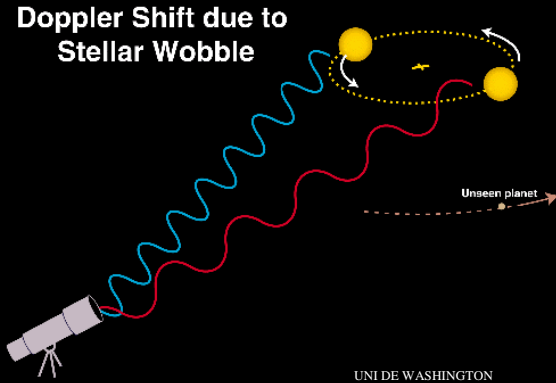


The diagram shows a blue light source on the left, with an arrow labeled 'light' pointing towards a triangular prism labeled 'prism'. The light is refracted and dispersed into a spectrum of colors: violet, blue, green, yellow, orange, and red, shown as a fan shape on the right.

**EN MESURANT LES
DECALAGES ON MESURE LA
VITESSE ET DONC LA
PÉRIODE DE ROTATION DE
L'ÉTOILE, DONC DE SA
PLANÈTE ÉVENTUELLE
ETC..**

© JP MARTIN 2002

**CELA SUPPOSE BIEN SÛR, QUE LE SYSTÈME
PLANÉTAIRE DE L'ÉTOILE NE SOIT PAS VU
PERPENDICULAIREMENT DEPUIS LA TERRE, CAR
DANS CE CAS IL N'Y AURAIT PAS DE VARIATION DE
DISTANCE, DONC DE VITESSE; L'ANGLE DE VUE
DEPUIS LA TERRE EST DONC IMPORTANT, COMME
IL LE SERA DANS LES AUTRES MÉTHODES AUSSI**



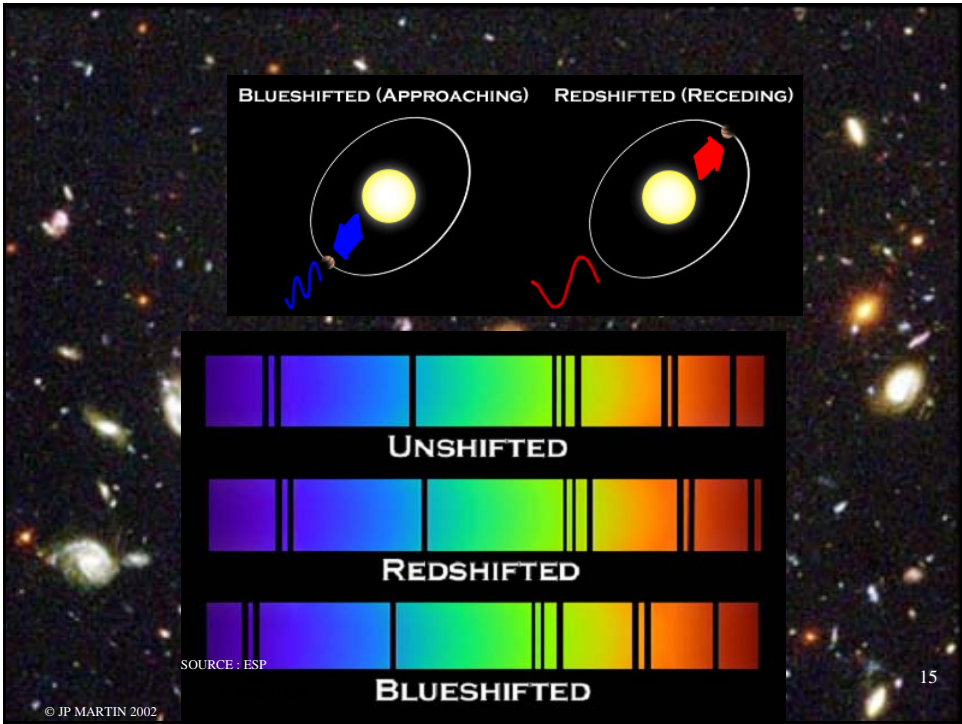
The diagram illustrates the 'Doppler Shift due to Stellar Wobble'. It shows a star (yellow circle) and an 'Unseen planet' (red circle) orbiting each other. The star's position is shown to wobble in a circular path. A telescope on the left is shown receiving light from the star, which is depicted as a wavy line (blue for approaching, red for receding). The text 'UNI DE WASHINGTON' is at the bottom right.

**Doppler Shift due to
Stellar Wobble**

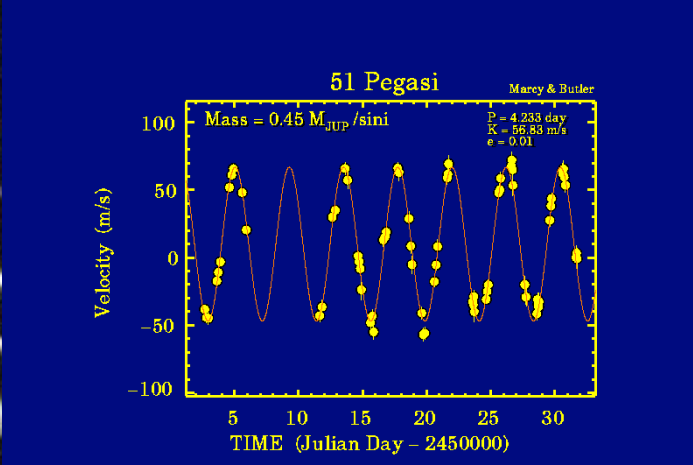
Unseen planet

UNI DE WASHINGTON

© JP MARTIN 2002



C'EST PAR CE PROCÉDÉ QUE EN 1995 M. MAYOR ET D. QUELOZ ONT DÉCOUVERT UNE PLANÈTE AROUND DE PEG 51 SITUÉE À 40 AL DE NOUS



CORPS DE 0,5 MASSE JUPITER SITUÉ À 7 MKM DE SON ÉTOILE ET DE PÉRIODE 4 JOURS ET 5 HEURES

**LES VÉTÉRANS MARCY ET BUTLER DÉCOUVRENT
UN SYSTÈME ORBITANT URSA MAJOR 47 (50AL)
FIGURE DU BAS : NOTRE SYSTÈME SOLAIRE**

© JP

CREDIT : K. WOELLERT NSF

17

**PUIS ILS DÉCOUVRENT DANS UPSILON ANDROMÈDE
UNE NOUVELLE PLANÈTE GÉANTE (B) EN 1996, PUIS
QUELQUES ANNÉES APRÈS DEUX AUTRES PLANÈTES
DANS LE MÊME SYSTÈME**

The Upsilon Andromedae System

Planet	Distance (AU)	Orbit (days)	Mass (Jupiter's Mass)
B	0.06 AU	4.6 day orbit	75% Jupiter's Mass
C	0.83 AU	242 day orbit	Twice Jupiter's Mass
D	2.5 AU	3.5 year orbit	4x Jupiter's Mass

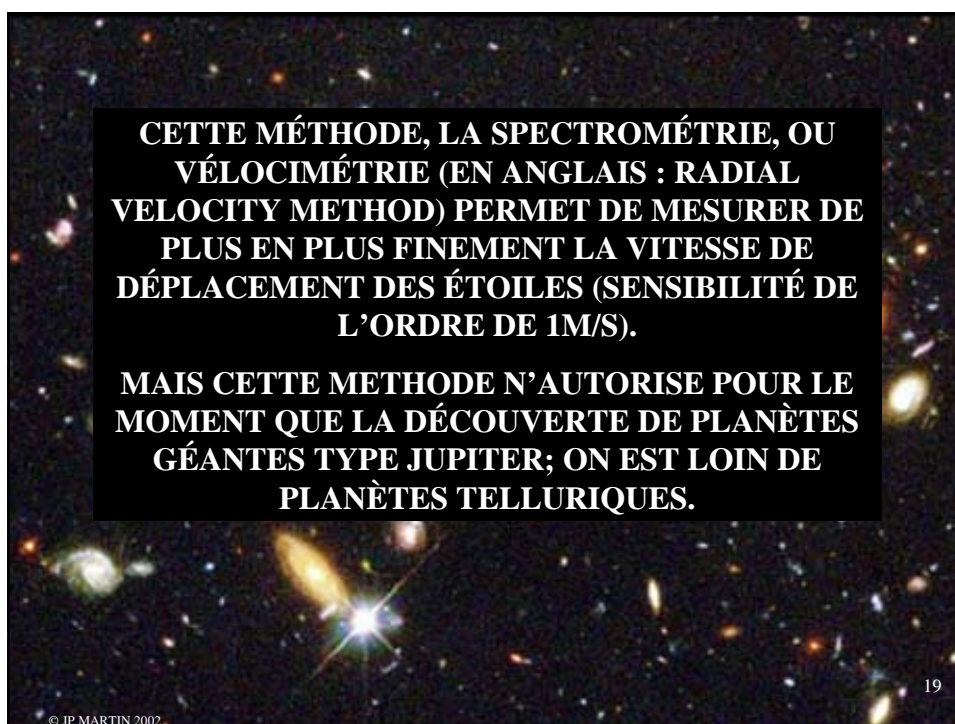
**MAIS C'EST UN SYSTÈME CHAOTIQUE ET INSTABLE
LES CARACTÉRISTIQUES DES ORBITES VARIENT
DANS LE TEMPS**

POURQUOI?

© Harvard-Smithsonian CfA (A. Condos), 1999

© JP M/

18





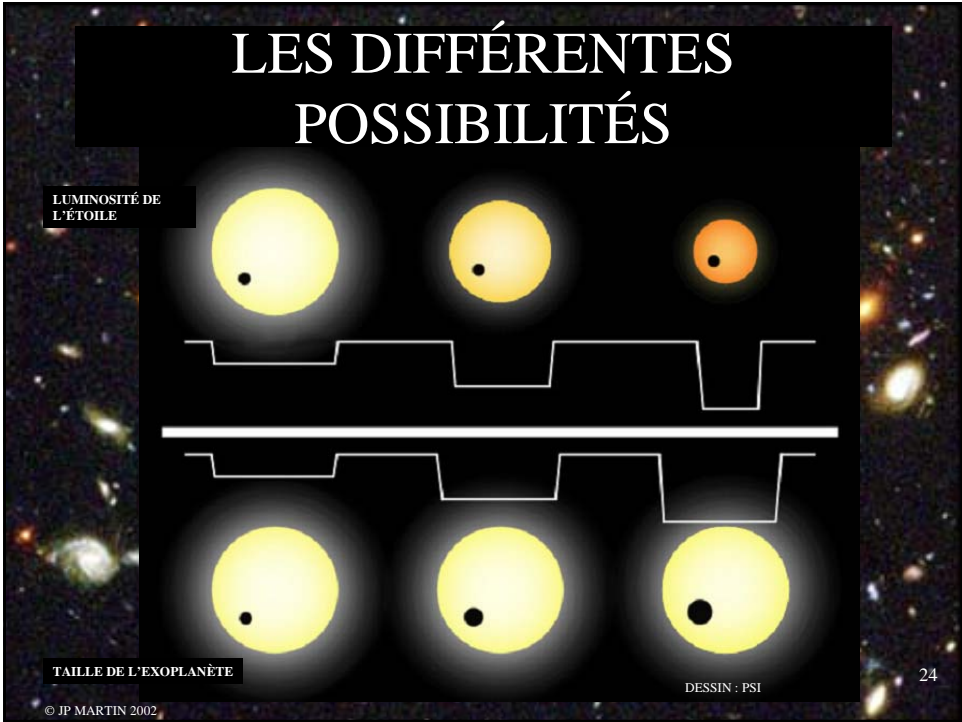
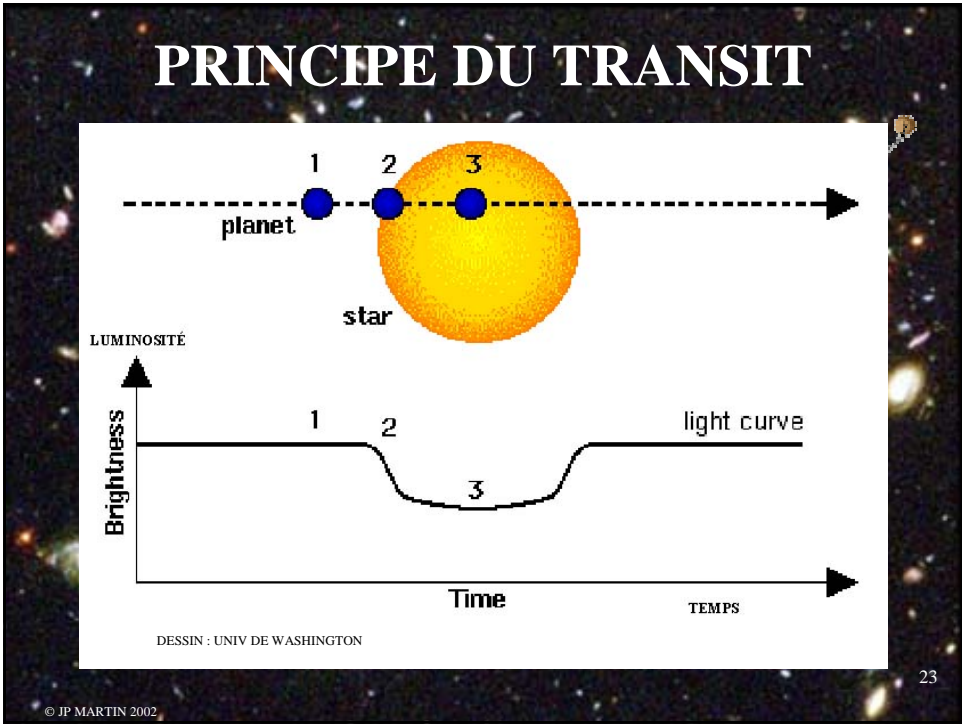
TOUJOURS DANS L'EXEMPLE DE JUPITER ET DU SOLEIL, LE TRANSIT DE JUPITER PROVOQUE UNE VARIATION DE LUMINOSITÉ DE APPROX 1%, LA TERRE PROVOQUERAIT ELLE UNE BAISSSE DE APPROX 0,01%, DUR DUR....MAIS POSSIBLE AVEC LES TECHNIQUES ACTUELLES

INCONVÉNIENTS MAJEURS :

- 1) LES ORBITES DOIVENT ÊTRE BIEN ORIENTÉES PAR RAPPORT À LA TERRE, CE QUI LIMITE LE NOMBRE DE DÉCOUVERTES**
- 2) LA DURÉE DU TRANSIT EST GÉNÉRALEMENT TRÈS FAIBLE PAR RAPPORT À LA PÉRIODE DE LA PLANÈTE, IL FAUT ÊTRE LÀ AU BON MOMENT**

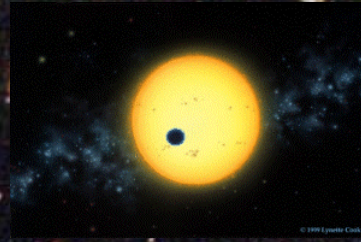
AVANTAGE MAJEUR SUR LA SPECTROSCOPIE : ON PEUT ANALYSER TOUT UN COIN DU CIEL EN MÊME TEMPS, SOIT DES MILLIONS D'ÉTOILES

© JP MARTIN 2002



LE 1^{er} TRANSIT DÉTECTÉ EN 1999 PAR MARCY DE BERKELEY

UNE PLANÈTE DE 60% LA
MASSE DE JUPITER
ORBITE HD209458 (150AL
DANS PÉGASE) TOUS LES
3 JOURS ET DEMI ET
PROVOQUE UNE
VARIATION D'INTENSITÉ
LUMINEUSE DE 1,7%
CECI PERMET DE
MESURER SA DENSITÉ:
0,2C'EST JUPITER
ENCORE

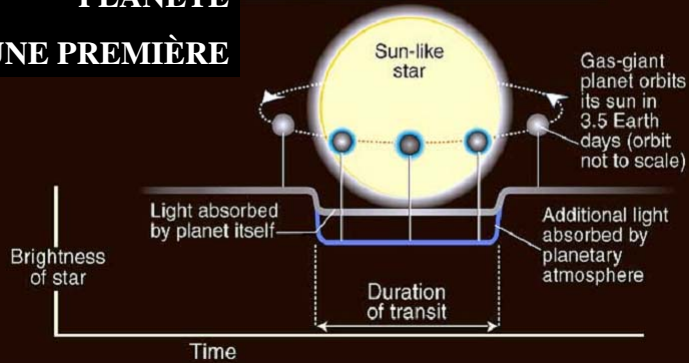
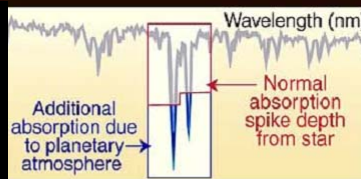


© JP MARTIN 2002

25

EN 2001 HUBBLE SE TOURNE VERS HD209458

DAVID CHARBONNEAU DU
CALTECH TROUVE DU
SODIUM DANS
L'ATMOSPHÈRE DE LA
PLANÈTE
C'EST UNE PREMIÈRE



© JP MARTIN 2002

RECHERCHE EN IR

LE SATELLITE IRAS DÉCOUVRE EN 2002 AUTOUR DE HD113766 SITUÉ À 430AL, UN DISQUE D'ASTÉROÏDES DONT LA TEMPÉRATURE MOYENNE DEVRAIT ÊTRE DE L'ORDRE DE 30°C

Schematic of the Binary Star and Inner Debris Disk System

LE SYSTÈME CONSIDÉRÉ SERAIT VIEUX DE 10 MILLIONS D'ANNÉES SEULEMENT

CREDIT : UNIV OF ARIZONA

27

© JP MARTIN 2002

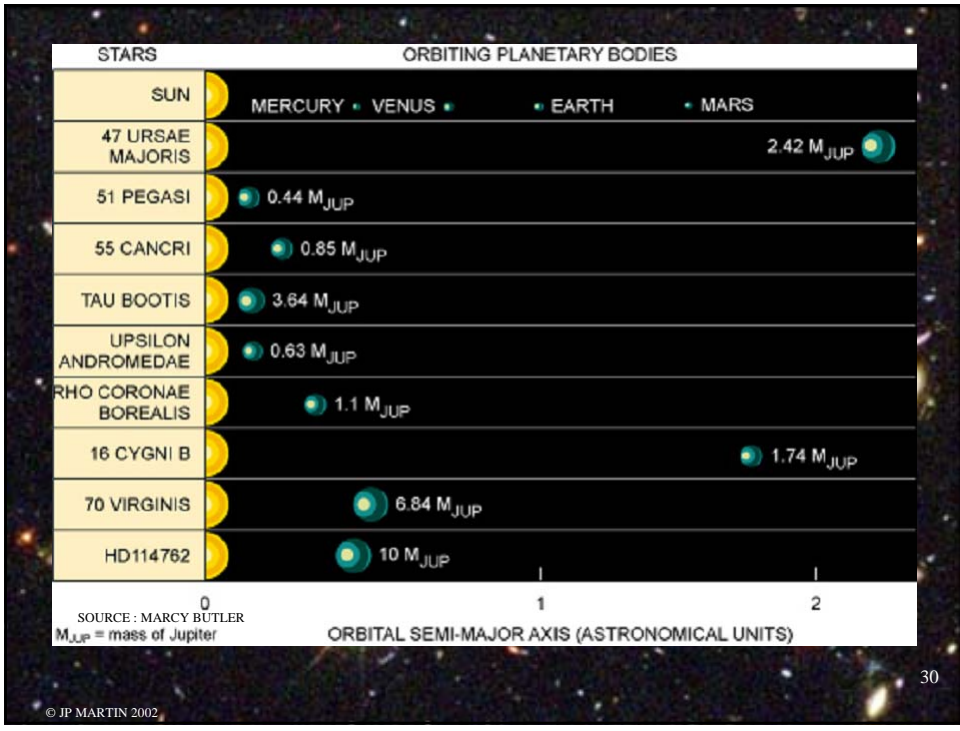
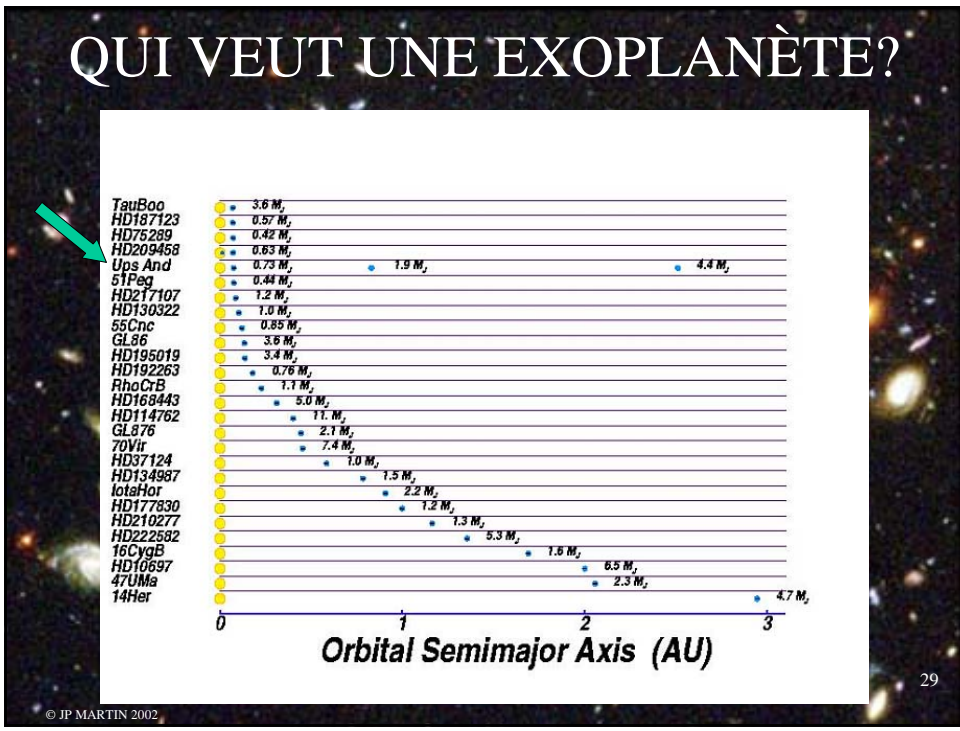
DE MÊME TOUJOURS EN IR (PLATEAU DE BURE), ON A DÉCOUVERT DEUX « ACCRÉTIONS » DANS UN DISQUE DE POUSSIÈRES AUTOUR DE VÉGA (25AL)

**À 60 ET 75
UA DU
CENTRE**

CREDIT : CENTER FOR ASTROPHYSICS

28

© JP MARTIN 2002





**LISTE DES PLANÈTES
EXTRA SOLAIRES**

CELA CHANGE TOUS LES JOURS!!

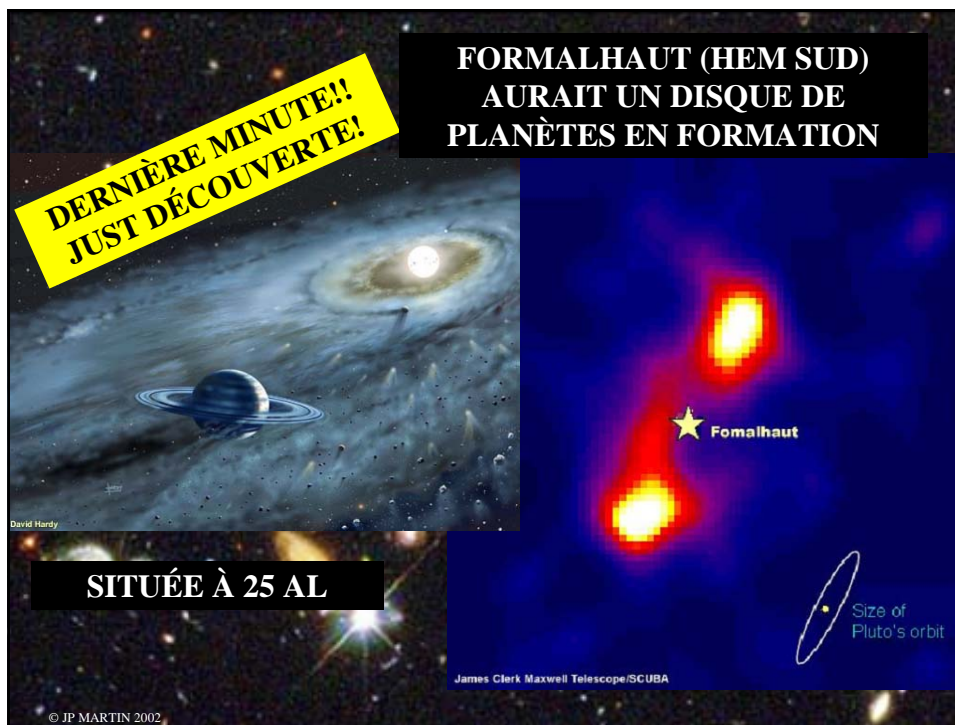
CONSULTER INTERNET!!

**Jean Schneider, le spécialiste, la
maintient à jour en permanence:**

<http://www.obspm.fr/encycl/catalog.html>

31

© JP MARTIN 2002



**DERNIÈRE MINUTE!!
JUST DÉCOUVERTE!**

**FORMALHAUT (HEM SUD)
AURAIT UN DISQUE DE
PLANÈTES EN FORMATION**

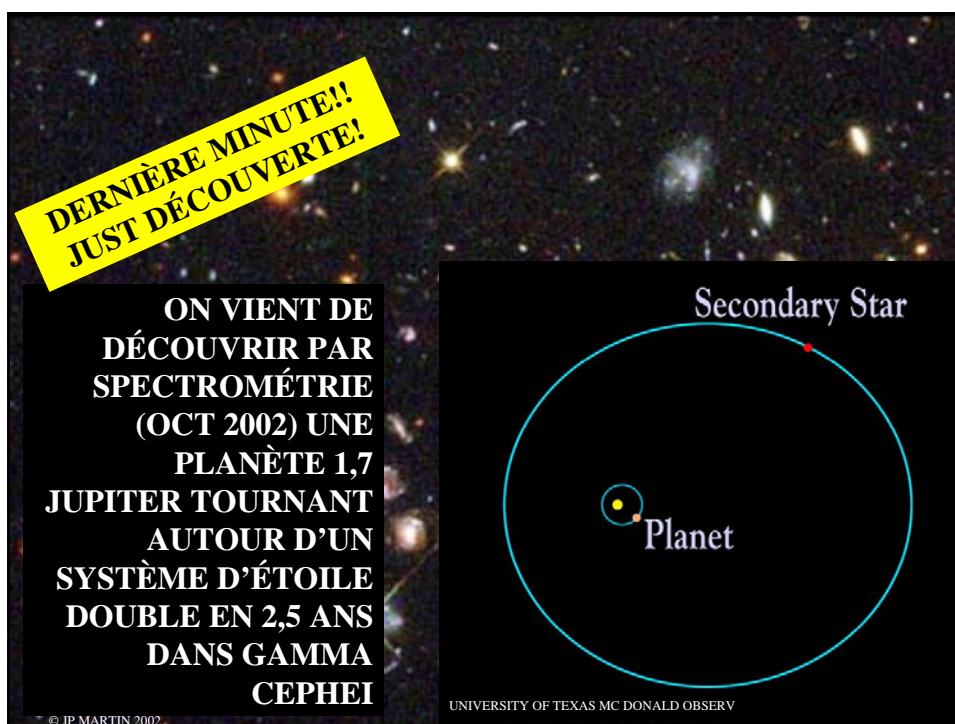
SITUÉE À 25 AL

David Hardy

James Clerk Maxwell Telescope/SCUBA

Size of
Pluto's orbit

© JP MARTIN 2002



**DERNIÈRE MINUTE!!
JUST DÉCOUVERTE!**

**ON VIENT DE
DÉCOUVRIR PAR
SPECTROMÉTRIE
(OCT 2002) UNE
PLANÈTE 1,7
JUPITER TOURNANT
AUTOUR D'UN
SYSTÈME D'ÉTOILE
DOUBLE EN 2,5 ANS
DANS GAMMA
CEPHEI**

Secondary Star

Planet

UNIVERSITY OF TEXAS MC DONALD OBSERV

© JP MARTIN 2002



LES MISSIONS SPATIALES

**LE MIEUX POUR DÉCOUVRIR DES NOUVELLES
PLANÈTES EST QUAND MÊME DE S'AFFRANCHIR
DE L'ATMOSPÈRE TERRESTRE; IL S'EN SUIV
UNE PROFUSION DE MISSIONS AYANT POUR BUT
DES PLANÈTES EXTRA-SOLAIRES ET SI
POSSIBLE TERRESTRES**

EN VOICI QUELQUES UNES

34

© JP MARTIN 2002

COROT

CONvection ROTation and planetary Transits, EST UNE MISSION FRANÇAISE SUPPORTÉE PAR L'ESA CHARGÉE DE DÉTECTER DES FAIBLES VARIATIONS DE LUMINOSITÉ DES ÉTOILES PROCHES (TRANSIT). COROT DEVRAIT ÊTRE LANCÉE DE RUSSIE EN 2005



LE CŒUR DE COROT EST UN TÉLESCOPE MODESTE DE 30CM DE DIAMÈTRE

© JP MARTIN 2002

35

LE CHALLENGE



UNE MISSION DE LA NASA POUR ÉTUDIER LE VOISINAGE IMMÉDIAT DU SOLEIL ET ESSAYER DE DÉCOUVRIR DES PLANÈTES TERRESTRES DANS LA ZONE HABITABLE

© JP MARTIN 2002

36

ZONE HABITABLE

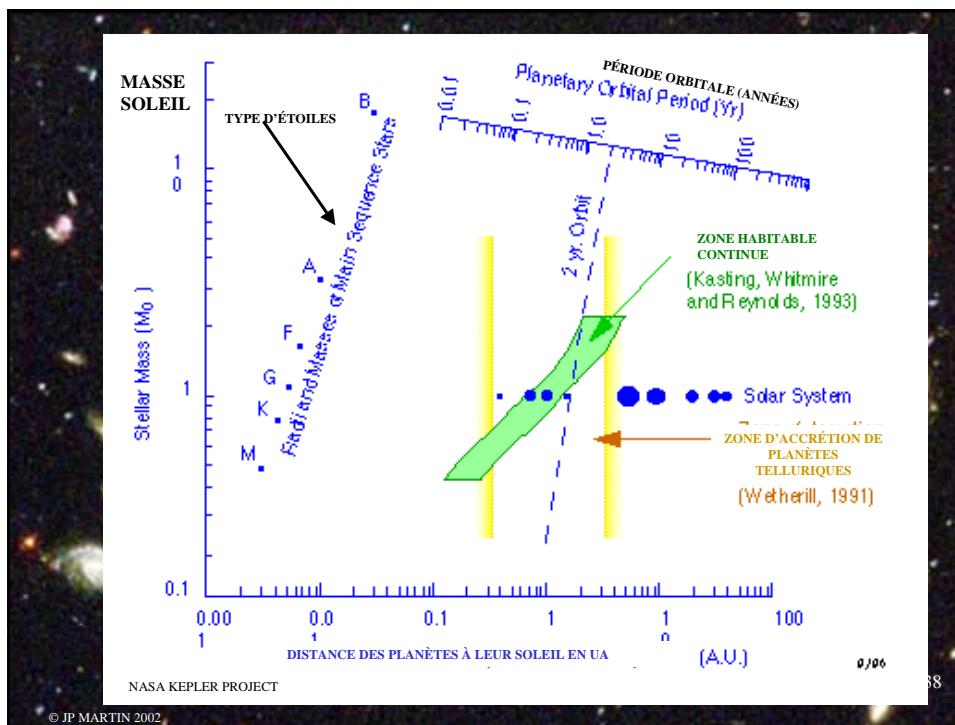
C'EST LA ZONE AUTOUR D'UNE ÉTOILE OÙ L'EAU PEUT EXISTER À LA SURFACE D'UNE ÉVENTUELLE PLANÈTE; CELA DÉPEND DES CONDITIONS DE PRESSION ET DE TEMPÉRATURE BIEN ENTENDU

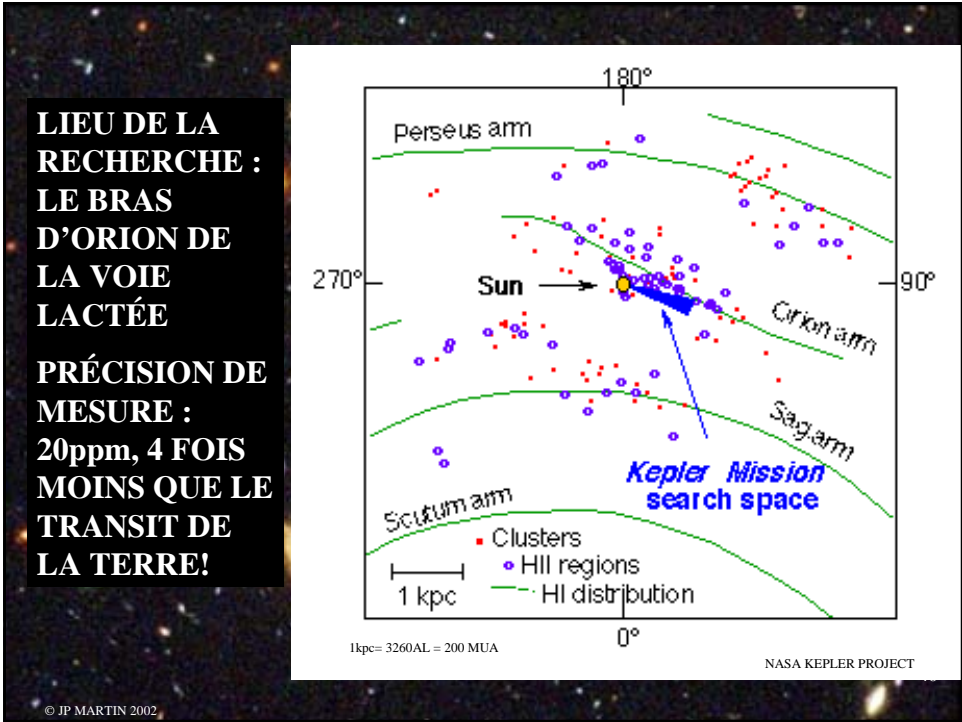
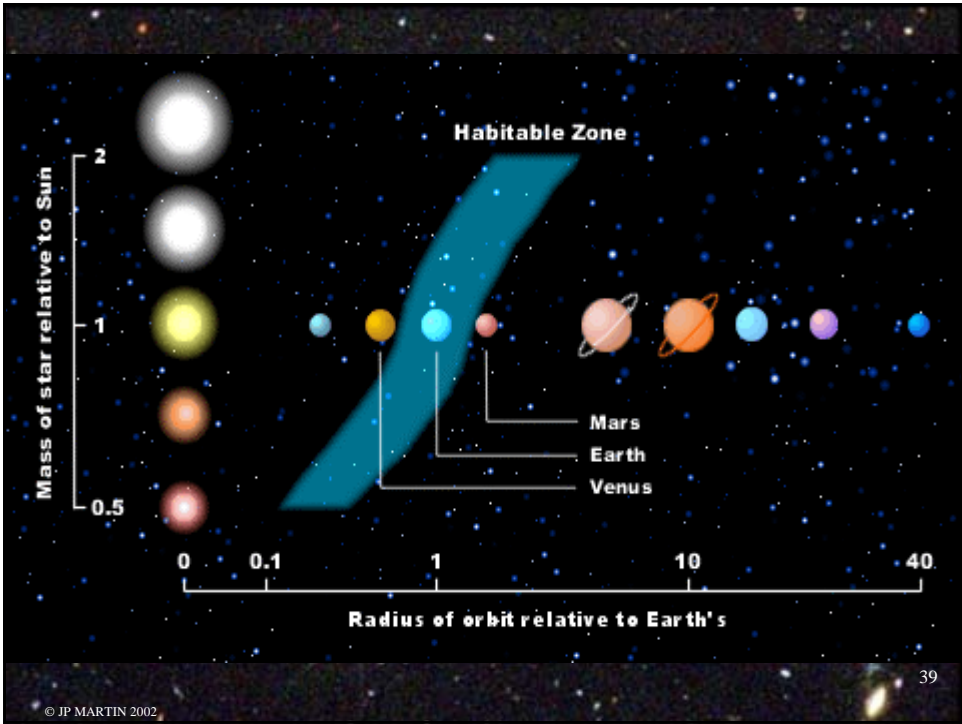
ALORS OÙ REGARDER???

ZONES PROCHES DE NOUS
ÉTOILES TYPE « SOLEIL »
ENTRE 0,5 ET 1,5 UA
DONC DES CONDITIONS SIMILAIRES À LA TERRE

© JP MARTIN 2002

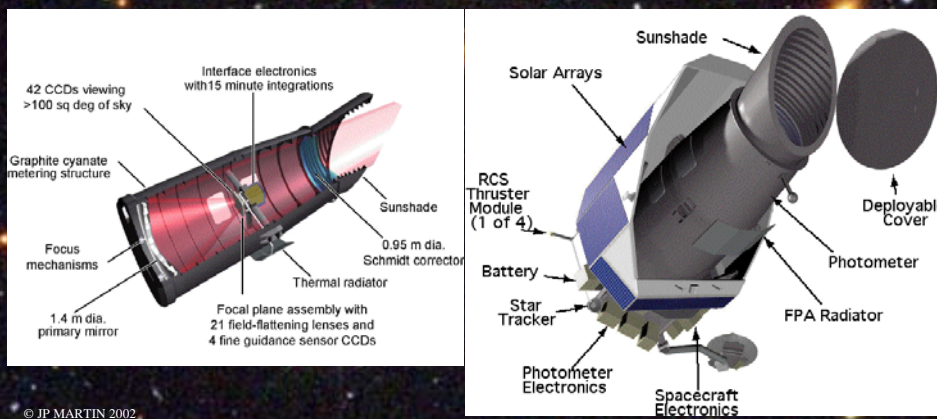
37





COMMENT CHERCHER?

**MÉTHODE DU TRANSIT À L'AIDE D'UN
PHOTOMÈTRE DE 95CM D'OUVERTURE ÉQUIPÉ D'UN
MIROIR DE 1,4M ET DE DÉTECTEURS CCD**



QUAND ET OÙ

LANCEMENT ENOCTOBRE 2006 AU PLUS TÔT

**ORBITE TERRESTRE HORS DE L'ÉCLIPTIQUE
POUR NE PAS ÊTRE GÊNÉE PAR LE SOLEIL OU
LA LUNE**

**KEPLER VA ANALYSER 100.000 ÉTOILES, LA
PROBABILITÉ DE TROUVER DES PLANÈTES
TERRESTRES A ÉTÉ ÉVALUÉE À APPROX 1000
DANS LA ZONE CONSIDÉRÉE**

BONNE CHANCE

42

© JP MARTIN 2002

PLUS LOINTAIN

PROJET : TPF : TERRESTRIAL PLANET FINDER DE LA NASA, C'EST UN ENSEMBLE DE 4 TÉLESCOPE SPATIAUX FONCTIONNANT EN INTERFÉROMÉTRIE POUR RÉDUIRE L'ÉCLAT DE L'ÉTOILE CONSIDÉRÉE (VOIR PRÉSENTATION SUR L'INTERFÉROMÉTRIE)



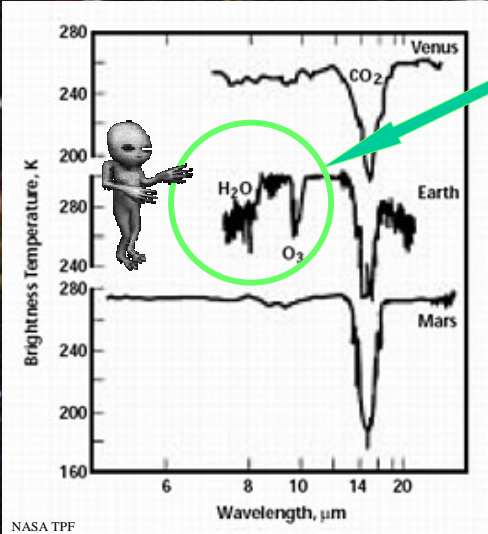
NASA TPF

L'ESA A UN PROJET SIMILAIRE : DARWIN

43

© JP MARTIN 2002

TPF FERA AUSSI DE L'ANALYSE SPECTRALE DES PLANÈTES, EN EFFET, LA LUMIÈRE TRAHIT LA PRÉSENCE OU NON DE « VIE »; EXEMPLE :

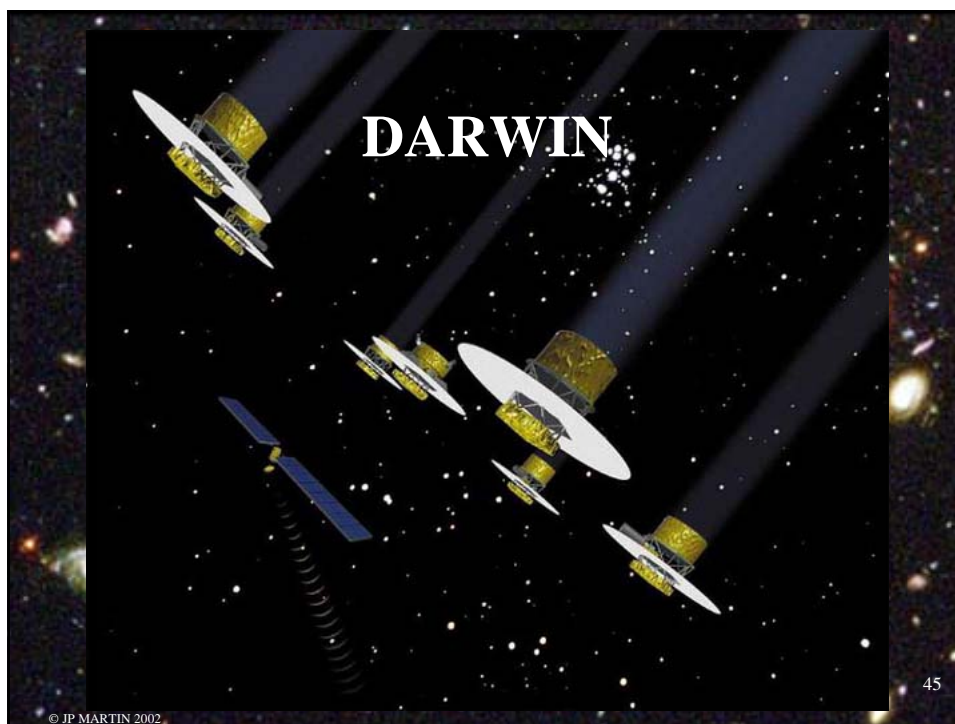


SIGNATURE DE LA VIE!!!

NASA TPF

44

© JP MARTIN 2002



BEAUCOUP DE QUESTIONS

CELA REMET EN CAUSE NOS THÉORIES DE FORMATION DE SYSTÈMES SOLAIRES

POURQUOI DE TELLES PLANÈTES GÉANTES ORBITENT-ELLES SI PRÈS DE LEUR ÉTOILE OÙ IL FAIT SI CHAUD? (APPELÉES JUPITER CHAUDES, « HOT JUPITER »)

POURQUOI Y-A-T-IL TANT DE PLANÈTES SIMILAIRES À JUPITER?

SONT ELLES VRAIMENT DES PLANÈTES OU DES FAUSSES ÉTOILES (NAINES BRUNES)?

LES PLANÈTES GÉANTES PEUVENT-ELLES MIGRER VERS L'INTÉRIEUR DE LEURS SYSTÈMES SOLAIRES?

© JP MARTIN 2002

46

