

Raspberry Pi

Le guide

de l'utilisateur

Eben Upton

Raspberry Pi

Le guide de l'utilisateur

Édition à jour du Raspberry Pi 3

Traduit de l'anglais
par Dominique Maniez

DUNOD

Pour Liz, qui a permis que cette aventure se réalise.

Eben

Pour mon père, qui représente le passé optimiste,
et mes filles, l'avenir prometteur.

Gareth

L'édition originale de cet ouvrage a été publiée en 2016
par John Wiley & Sons Inc. sous le titre
Raspberry Pi, User Guide

Authorized French translation of the English edition of *Raspberry Pi*

© 2016 Eben Upton and Gareth Halfacree

All Rights Reserved. This translation published under license
with the original publisher John Wiley & Sons, Inc.

Publisher's Acknowledgements. *Editorial and Production:* VP - Professional Technology Strategy: Barry Prueett; Associate Director-Book Content Management: Martin Tribe; Executive Commissioning Editor: Jody Lefevre; Project Editor: John Sleeva; Technical Editor: Andrew Scheller; Manager of Content Development and Assembly: Mary Beth Wakefield; Editorial Assistant: Matthew Lowe. *Marketing:* Marketing Manager: Lorna Mein; Associate Marketing Manager: Carrie Sherrill

Traduction: Dominique Maniez
Graphisme de couverture: Wip Design
Maquette intérieure: Maud Warg
Mise en pages: PCA

<p>Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.</p> <p>Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements</p>		<p>d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).</p>
--	---	---

© Dunod, 2017 pour la traduction française
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-076226-2

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^e et 3^e a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	9
La programmation, c'est amusant !	10
Un peu d'histoire	11
Que peut-on faire avec le Raspberry Pi ?	17

#1 MISE EN ROUTE

/>1 À LA DÉCOUVERTE DU RASPBERRY PI	21
Tour du propriétaire de la carte	21
Modèle A / B	24
Modèle A+ / B+	25
Raspberry Pi 2	26
Raspberry Pi 3	27
Raspberry Pi Zéro	28
Un peu d'histoire	29
/>2 MISE EN ROUTE DU RASPBERRY PI	33
Connexion de l'écran	33
Connexion audio	36
Connexion d'un clavier et d'une souris	37

	Installation de NOOBS sur une carte SD	39
	Connexion d'un dispositif de stockage externe	41
	Raccordement au réseau	41
	Connexion de l'alimentation	45
	Installation du système d'exploitation	45
	Connexion de périphériques Bluetooth	52
/>3	ADMINISTRATION SYSTÈME LINUX	55
	Présentation générale de Linux	55
	Bases de Linux	58
	Introduction à Raspbian	59
	Périphériques de stockage externes	64
	Créer un nouveau compte utilisateur	66
	Installation et désinstallation de logiciels	70
	Arrêt du Pi en toute sécurité	76
/>4	DÉPANNAGE	77
	Diagnostics du clavier et de la souris	77
	Diagnostics de l'alimentation	78
	Diagnostics de l'affichage	80
	Diagnostics de démarrage	81
	Diagnostics réseau	82
/>5	CONFIGURATION DU RÉSEAU	85
	Configuration d'un réseau filaire	85
	Configuration d'un réseau sans fil	89
/>6	OUTIL DE CONFIGURATION DU RASPBERRY PI	97
	Exécution de l'outil de configuration	97
	Onglet Système	98
	Onglet Interfaces	102
	Onglet Performance	105
	Onglet Localisation	107
/>7	CONFIGURATION AVANCÉE DU RASPBERRY PI	113
	Éditer les fichiers de configuration avec NOOBS	113
	Paramètres du matériel: config.txt	115
	Désactivation du cache L2	124
	Répartition de la mémoire	125
	Paramètres du logiciel: cmdline.txt	126

#2 CRÉATION D'UN MEDIA CENTER OU D'UNE MACHINE DE PRODUCTIVITÉ

/>8	LE RASPBERRY PI COMME MEDIA CENTER	131
	Lecture audio depuis la console	131
	Un media center avec OSMC	133
	Lecture en streaming depuis Internet	136
	Lecture en streaming depuis un réseau local	137
	Configuration d'OSMC	139
/>9	LE RASPBERRY PI COMME MACHINE DE PRODUCTIVITÉ	141
	Applications cloud	141
	LibreOffice	144
	Édition graphique avec Gimp	145

#3 PROGRAMMATION DU PI

/>10	INTRODUCTION À SCRATCH	151
	Introduction à Scratch	151
	Exemple n° 1: Hello World!	152
	Exemple n° 2: animation et sons	155
	Exemple n° 3: un simple jeu	157
	Interfaçage de Scratch avec du matériel	163
	Pour aller plus loin	165
/>11	INTRODUCTION À PYTHON	167
	Présentation de Python	167
	Exemple 1: Hello World!	168
	Exemple 2: entrées, variables, et boucles	173
	Exemple 3: créer un jeu avec pygame	178
	Exemple 4: connexion au réseau avec Python	185
	Pour aller plus loin	190
/>12	MINECRAFT PI EDITION	191
	Introduction à Minecraft Pi Edition	191
	Installation de Minecraft	192
	Lancement de Minecraft	192
	Exploration	194
	Hacker Minecraft	195

#4 EXPLOITATION DU MATÉRIEL

/>13 EXPLOITATION DU MATÉRIEL DU PI	203
Équipement électronique	203
Lecture des codes couleur des résistances	206
Approvisionnement en composants	207
Découverte de la breadboard	209
Conseils pour bien souder	212
/>14 PORT GPIO	217
Identification de la version de votre carte	217
Schémas de brochage du port GPIO	219
Caractéristiques du GPIO	220
Utilisation du port GPIO en Python	222
Soudure du connecteur GPIO du Pi Zéro	230
/>15 MODULE DE CAMÉRA	233
Pourquoi utiliser le module de caméra ?	234
Choix du module de caméra	234
Installation du module de caméra	235
Activation du mode caméra	238
Enregistrement de photos	240
Enregistrement vidéo	242
Réaliser un time-lapse	243
/>16 MATÉRIELS ADDITIONNELS	247
Boîtier officiel du Raspberry Pi	248
Écran tactile de 7 pouces	250
Sense HAT	254

ANNEXES

/> ANNEXE A: RECETTES PYTHON	263
/> ANNEXE B: GUIDE DE RÉFÉRENCE RAPIDE DU MODULE DE CAMÉRA DU RASPBERRY PI	269
/> ANNEXE C: MODES D’AFFICHAGE HDMI	279
INDEX	285



INTRODUCTION

« Les gamins de maintenant sont tous des *digital natives* », me disait quelqu'un au cours d'une soirée. « Je ne sais pas pourquoi vous fabriquez ces trucs. Mes enfants en savent plus que moi quand il s'agit d'installer un PC. »

Je lui ai demandé s'ils savaient programmer, ce à quoi il a répondu : « Et pour quoi faire ? L'ordinateur fait déjà tout ce qu'ils veulent. C'est tout ce qu'on lui demande, non ? »

En fait, beaucoup parmi nos jeunes ne sont pas des *digital natives*. On est loin des rêves fous de certains, où des gamins sauteraient d'une liane (faite de paires de cuivre torsadé) à l'autre en entonnant des chants guerriers composés dans un Python impeccable. Nous, à la Fondation Raspberry Pi, dans le cadre de nos activités éducatives, nous rencontrons beaucoup de jeunes qui ont pour tout bagage technologique leur expérience avec des systèmes fermés dont l'interface graphique leur permet de regarder des films, d'utiliser le traitement de texte pour quelques devoirs, et de faire des jeux. Ils savent naviguer sur Internet, poster des photos et de la vidéo, et ils peuvent même concevoir des pages Web (et bien souvent ils s'en sortent également beaucoup mieux que papa et maman pour paramétrer le décodeur satellite). Tout cela est très utile, mais incroyablement mince ! Et dans un pays comme l'Angleterre où 20 % des foyers n'ont toujours pas d'ordinateur à la maison, même ces compétences-là ne sont pas accessibles à tous.

Malgré l'ardent désir de mon compagnon de soirée, les ordinateurs ne se programment pas d'eux-mêmes. C'est toute une branche, avec ses ingénieurs de haut niveau, qui est nécessaire pour faire avancer la technologie. Et nous avons besoin de jeunes pour prendre la relève. Il est beaucoup plus difficile d'enseigner la pensée informatique que de faire naître une nouvelle génération de bidouilleurs et de codeurs. La capacité de structurer idées et tâches de manière non linéaire et complexe est un talent qui s'acquiert et qui offre d'énormes avantages à ceux qui le possèdent, qu'ils soient historiens, concepteurs, avocats, ou chimistes.

LA PROGRAMMATION, C'EST AMUSANT !

Programmer, c'est gratifiant, créatif et amusant. On peut créer de magnifiques solutions d'une complexité incroyable, mais aussi (et c'est bien plus beau, à mon avis) contourner les obstacles en empruntant des chemins tout simples en apparence, astucieux et d'une rapidité foudroyante. On peut faire des choses qui attisent la jalousie des autres et procurent de la fierté tout un après-midi. Mon travail consiste à concevoir des puces du genre de celles que nous utilisons comme processeur dans le Raspberry Pi. Je travaille sur la partie logicielle de bas niveau qui les fait fonctionner, et en gros, on me paye pour que je joue toute la journée. Qu'y a-t-il de mieux que de permettre à des gens de passer leur vie à s'amuser ?

On ne peut même pas dire que les enfants soient insensibles aux possibilités de travailler dans la micro-informatique. Il y a quelques années, alors que nous avançons tout doucement sur le projet Raspberry Pi, nos convictions ont été fortement ébranlées. Tout le travail de développement se faisait sur le temps libre des membres de la fondation et des bénévoles (nous sommes une association à but non lucratif dont les membres ne sont donc pas payés par la fondation, et nous avons tous un travail à temps plein pour honorer nos factures). Ça pouvait parfois entamer notre motivation, surtout le soir quand tout ce à quoi j'aspirais c'était de siroter un bon verre de vin en regardant un épisode des *Nouveaux pauvres*. Un soir, j'ai eu l'occasion de discuter avec le neveu d'un voisin. Nous parlions des options qu'il avait choisies pour son GCSE (le diplôme britannique de fin d'études secondaires qui porte sur divers sujets et que l'on passe à partir de 16 ans), et je lui ai demandé quel métier il envisageait.

« Je veux écrire des jeux vidéo. »

« Super ! Quel genre d'ordinateur est-ce que tu as à la maison ? J'ai quelques livres de programmation qui pourraient t'intéresser. »

« Une Wii et une Xbox. »

Au fur et à mesure de notre conversation, il devenait clair que ce garçon, au demeurant parfaitement intelligent, n'avait jamais programmé, qu'il n'avait pas de machine sur laquelle s'essayer à la maison, et que ses cours d'informatique, avec un PC pour deux, et pendant lesquels on lui enseignait comment concevoir des pages Web, utiliser un tableur et un traitement de texte, ne lui avaient pas donné les moyens d'utiliser un ordinateur, même au sens le plus restreint. Mais voilà, les jeux vidéo étaient sa passion (et vouloir travailler dans un domaine qui passionne n'a rien d'étrange). Les options qu'il avait choisies pour son GCSE étaient donc censées l'y conduire. Il avait, à n'en pas douter, les talents artistiques attendus dans le métier, ses notes en maths et en sciences n'étaient pas mauvaises, mais il n'avait fait qu'effleurer la programmation. Son cursus ne lui offrait aucun module lui permettant vraiment de faire de la programmation. Il était obligé de se rabattre sur des cours semblables aux précédents, tous orientés vers l'utilisateur final. Vu ce qu'il avait à la maison, ses chances de développer les qualifications néces-

saires pour travailler dans le domaine qui lui plaisait devenaient de plus en plus minces.

En finir avec un tel gâchis et exploiter le potentiel et l'enthousiasme, voilà ce qui me motive. Bien sûr, je ne suis pas à ce point obsédé par le Raspberry Pi pour m'imaginer qu'il va, à lui seul, changer la donne ; mais il peut jouer le rôle de catalyseur. Il y a déjà eu de grands changements dans les écoles du Royaume-Uni. En 2014, le programme scolaire a été remanié dans sa partie informatique, et dans les quatre années qui ont suivi la sortie du Raspberry Pi, on a assisté à une remarquable prise de conscience des besoins criants dans l'offre culturelle et éducative proposée aux jeunes.

Il y a tellement d'appareils numériques qui sont verrouillés que les enfants qui s'en servent quotidiennement ne sont pas capables de les utiliser de façon créative, alors que l'informatique par essence favorise la création. Essayez, pour voir, de transformer votre iPhone en cerveau pour robot, ou de demander à votre PS4 d'exécuter un jeu que vous avez écrit. Indéniablement, il est possible de programmer avec un PC familial, mais pour cela, il y a quelques obstacles à franchir dont certains sont insurmontables pour de nombreux enfants : télécharger des programmes spécifiques, avoir des parents qui n'ont pas peur de casser quelque chose qu'ils ne savent pas réparer. Et puis, beaucoup ne savent même pas que le PC de la maison peut servir à ça. Pour eux, c'est un bel objet sur lequel il n'y a qu'à cliquer pour qu'il fasse ce qu'on veut, sans trop réfléchir. Son boîtier scellé contient ce qu'il faut pour permettre à papa et maman de tenir les comptes, mais cela coûterait très cher de le remplacer, si les choses tournaient mal.

Le Raspberry Pi, lui, n'est pas cher. On peut l'acheter avec l'argent de poche de quelques semaines et le matériel pour le faire fonctionner est sûrement déjà à la maison : une télé, la carte SD d'un vieux appareil photo, un chargeur de téléphone, un clavier et une souris. Pas besoin de le partager, il appartient à l'enfant, et il est assez petit pour se glisser dans la poche et l'emporter chez un copain ou une copine. Si l'on a fait une mauvaise manipulation, ce n'est pas grave, on met une nouvelle carte SD et le Raspberry Pi est comme neuf. Tous les outils, le système de base, les cours et exercices nécessaires à un apprentissage à son rythme, sont là, dans la machine, dès qu'on l'allume.

UN PEU D'HISTOIRE

J'ai commencé à travailler sur le projet avec un tout petit *barebone* en 2006, alors que j'étais directeur d'études au département d'informatique de l'université de Cambridge. J'avais obtenu un diplôme au laboratoire d'informatique où j'enseignais et préparais mon doctorat. À cette époque, j'ai commencé à constater que les compétences des nouveaux entrants en informatique étaient nettement à la baisse. Petit à petit, entre les années 1990 et 2005, on était passé de jeunes de 17 ans avec des bases en plusieurs langages, capables de bricoler du matériel,

et même de programmer en assembleur, à des gamins qui avaient des notions en HTML, et avec un peu de chance, en PHP et CSS. Leur intelligence et leur potentiel étaient bien au rendez-vous, mais leur expérience en informatique n'avait plus rien à voir avec celle de leurs prédécesseurs.

À Cambridge, le cursus informatique se compose d'environ 60 semaines de cours et d'ateliers répartis sur une période de trois ans. S'il faut toute la première année pour les hisser à un niveau convenable, il devient très difficile de leur permettre de préparer un doctorat ou d'entrer dans la vie professionnelle dans les deux ans qui restent. Parmi ceux qui avaient réussi leur licence, les meilleurs étaient ceux qui ne s'étaient pas contentés de programmer quand ils avaient un devoir à rendre ou un projet de groupe: ils faisaient également de la programmation sur leur temps libre. L'idée de départ, pour le Raspberry Pi, était limitée à un besoin local et à un seul et modeste objectif: je voulais fabriquer un outil destiné aux candidats à l'inscription à ce cours universitaire, afin qu'ils s'initient. Mes collègues et moi pensions que nous allions le distribuer aux élèves qui venaient pendant les journées portes ouvertes. Ceux qui reviendraient pour un entretien quelques mois plus tard nous diraient ce qu'ils en avaient fait. Ceux qui auraient les réponses les plus intéressantes seraient ceux que nous souhaiterions intégrer dans la formation. Nous espérions produire cette machine à quelques centaines d'exemplaires, ou dans le meilleur des cas, arriver à quelques milliers d'unités en fin de cycle de production.

Bien sûr, une fois les choses sérieuses entamées, nous nous sommes vite rendu compte qu'un petit ordinateur au prix si abordable allait répondre à bien d'autres demandes encore. La machine qui nous a servi de point de départ était bien différente du Raspberry Pi d'aujourd'hui. J'ai commencé sur la table de la cuisine, où je suis mis à souder une puce Atmel sur la plus longue breadboard que j'avais pu acheter chez le fournisseur d'électronique Maplin. Les tout premiers prototypes, avaient des microcontrôleurs d'entrée de gamme, en définition standard, pour contrôler un téléviseur en direct. Dotés de 512 Ko de RAM et de quelques MIPS de puissance de calcul, ils étaient équivalents à des micro-ordinateurs 8 bits. Difficile d'imaginer à l'époque que ces machines pourraient fasciner des gamins habitués aux consoles de jeux et autres tablettes.

Au laboratoire d'informatique, nous avons des débats sur la situation générale de l'enseignement de l'informatique. Quand j'ai quitté le labo pour aller travailler dans l'industrie, je me suis rendu compte que les problèmes constatés à l'université se retrouvaient chez les jeunes qui postulaient à un emploi. J'ai réuni mes collègues, Rob Mullins et Alan Mycroft (deux collègues du labo), Jack Lang (chargé de cours en entrepreneuriat à l'université), Pete Lomas (un gourou du matériel) et David Braben (une référence dans l'industrie du jeu vidéo à Cambridge, et doté d'un incomparable carnet d'adresses). Puis après quelques bières (du fromage et du vin pour ce qui concerne Jack), nous avons créé la Fondation Raspberry Pi, une petite association avec de grandes idées.

POURQUOI RASPBERRY PI ?

On nous demande souvent d'où le Raspberry Pi a bien pu tirer son nom. Il a été forgé par plusieurs membres de la fondation. C'est l'une des rares fois où j'ai vu un travail en groupe déboucher sur un si joli succès, même si, pour être honnête, j'ai détesté ce nom au départ (depuis, je me suis mis à l'adorer, parce qu'il fonctionne vraiment bien, mais ça m'a pris du temps parce que quelques années auparavant j'avais baptisé mon projet « ABC Micro » et je m'étais habitué à ce nom-là). On a choisi le nom Raspberry parce qu'il y a une vieille tradition qui consiste à donner des noms de fruits dans l'industrie informatique (mis à part celui auquel on pense tous, il y a d'anciens ordinateurs comme Tangerine, Apricot, ou Acorn qui est le fruit du chêne). « Pi » vient de Python, dont nous pensions au départ qu'il serait le seul langage capable de fonctionner sur une plateforme qui était alors bien moins puissante que ne l'est le Raspberry Pi moderne. D'ailleurs, Python reste le langage que nous recommandons pour l'apprentissage et le développement, même s'il existe beaucoup d'autres langages à explorer sur le Raspberry Pi.

Dans mon nouveau rôle d'architecte chez Broadcom, une grosse entreprise dans les semi-conducteurs, j'avais accès à du matériel peu onéreux mais très performant, destiné à équiper des téléphones portables très haut de gamme (ceux qui filment en HD et ont un appareil photo à 14 mégapixels). J'étais stupéfait de la différence entre les puces à 10 dollars que peut acheter un passionné d'électronique et celles qu'on pouvait obtenir en tant que fabricant de téléphones pour pratiquement la même somme: traitement générique, graphisme 3D, vidéo, mémoire, le tout dans un boîtier BGA de la taille d'un ongle. Ces microcircuits ne consomment presque rien, mais ont de grandes capacités. Ils sont particulièrement performants au niveau multi-média et étaient d'ailleurs déjà exploités par des fabricants de décodeurs pour de la vidéo HD. Il nous fallait une puce de ce genre pour notre projet de Raspberry Pi. Je me suis mis à la conception d'une variante bon marché à base de microprocesseur ARM et dotée de la puissance de traitement dont nous avons besoin.

Nous sentions qu'il fallait que les jeunes se fassent plaisir en utilisant le Raspberry Pi, même s'ils n'étaient pas très emballés par la programmation. Dans les années 1980, quand on voulait lancer un jeu sur un ordinateur, il fallait démarrer une grosse boîte métallique qui faisait « bip » et où vous vous retrouviez face à une invite de commande. Il fallait bien saisir quelques instructions pour commencer, mais la majorité des utilisateurs n'allaient pas au-delà. Pourtant, quelques-uns s'étaient laissé entraîner dans le monde de la programmation en raison du manque d'interaction. Nous avons vite compris que le Raspberry Pi pourrait faire office de media center tout petit et très bon marché et nous avons donc mis l'accent sur cette fonctionnalité, dans l'espoir que les novices en profiteraient pour goûter à la programmation au passage.

Après cinq ans d'efforts intenses, nous avons créé un joli petit prototype de la taille d'une clé USB. Il y avait un module caméra intégré sur le dessus pour faire

la démonstration du genre de périphériques que l'on pouvait facilement connecter (lors du lancement, il n'y avait pas de caméra pour des raisons de coût, mais depuis nous avons produit un petit module très accessible, pour ceux qui ont des projets photographiques). Nous sommes allés ensuite à un certain nombre de réunions pour présenter le prototype au service R&D de la BBC. Ceux qui, comme nous, ont grandi au Royaume-Uni dans les années 1980, en ont beaucoup appris sur l'informatique balbutiante grâce au micro-ordinateur produit par la BBC et tout son écosystème composé de livres, de revues et d'émissions de télévision. Je pensais que tout naturellement ils voudraient faire avancer le projet. Mais le monde avait bien changé entretemps; un certain nombre de réglementations favorisant la concurrence au Royaume-Uni et dans l'Union européenne empêchaient désormais cette bonne vieille institution d'y prendre part au niveau où nous l'espérions. Nous avons décidé d'abandonner l'idée de travailler avec le service R&D et de faire une ultime tentative avec Rory Cellan-Jones, un journaliste technique de la BBC. Le rendez-vous fut obtenu grâce à David (celui avec le gros carnet d'adresses) en mai 2011. Pour Rory, il n'y avait pas grand-chose à espérer d'un partenariat avec la BBC, mais il demanda s'il pouvait enregistrer une vidéo du petit prototype avec son téléphone pour la poster sur son blog.

Le lendemain matin, elle était devenue virale, et je réalisais au passage que nous venions de promettre au monde entier que nous allions lui offrir un ordinateur pour 25 dollars!

Pendant que Rory s'affairait à écrire un autre article de blog sur les raisons qui font qu'une vidéo devient virale, de notre côté nous sommes repartis plancher sur notre conception. Ce prototype au format de clé USB ne répondait pas aux critères: avec la caméra intégrée, il était bien plus cher que ce que nous avons suggéré (le prix de 25 dollars venait d'une déclaration que j'avais faite sur la BBC où je disais que le Raspberry Pi devrait coûter à peu près le prix d'un manuel scolaire, ce qui prouve que j'avais complètement perdu la notion du prix des manuels scolaires aujourd'hui). D'autre part, ce mini-modèle n'avait pas assez de place pour intégrer tous les ports nécessaires aux fonctions que nous voulions implémenter. Nous avons donc passé une année à repenser le circuit pour en baisser les coûts au maximum, tout en lui conservant les caractéristiques voulues (ce fut un travail plus difficile qu'on l'imagine) et en garantissant qu'il reste un objet fonctionnel pour des gens qui ne peuvent pas dépenser des fortunes en périphériques.

Pour éviter aux utilisateurs l'achat d'un moniteur, nous voulions que le Raspberry Pi puisse marcher avec une télévision, comme le ZX Spectrum des années 1980. Mais comme tout le monde n'a pas un téléviseur avec une prise HDMI, nous avons donc ajouté un port composite pour le rendre compatible avec un écran cathodique. Les cartes SD, bon marché et faciles à trouver, feraient office de mémoire de masse: les premiers modèles A et B utilisaient des cartes SD standards, mais les dernières versions fonctionnent maintenant avec des cartes micro-SD. Pour l'alimentation, nous sommes passés par plusieurs approches pour finir avec un câble micro-USB. Les prises micro-USB sont maintenant devenues

la norme pour le rechargement des téléphones portables dans toute l'UE et elles sont en train de le devenir dans le reste du monde. On trouve donc des câbles micro-USB partout, et bien souvent on en a déjà à la maison.

Fin 2011, avec une date de lancement prévue en février 2012, il devenait évident que les choses allaient prendre des proportions qui nous dépassaient et que nous n'allions pas pouvoir honorer les commandes qui ne cessaient d'affluer. Dès le début, il était prévu que les premiers modèles seraient d'abord pour les programmeurs, reportant à 2012 le lancement en direction du secteur éducatif. Nous avons un petit nombre de volontaires dévoués, mais nous comptons sur l'ensemble de la communauté Linux pour nous fournir un bouquet de logiciels et parfaire les petits défauts encore présents dans le circuit avant de l'offrir au marché de l'enseignement. Nous avons assez de fonds pour acheter les pièces nécessaires à la construction de 10 000 Raspberry Pi sur une période d'un mois environ. Nous avons évalué que cela correspondrait à la demande globale pour ce premier modèle. Mais heureusement, et pour notre malheur dans un autre sens, nous avons réussi à créer une énorme communauté autour de l'appareil, et l'intérêt suscité ne se limitait ni au Royaume-Uni, ni au monde de l'éducation. Le chiffre de 10 000 unités semblait par conséquent de moins en moins réaliste.

NOTRE COMMUNAUTÉ

La communauté Raspberry Pi est l'une des choses dont je suis le plus fier. Nous avons commencé par un blog basique sur www.raspberrypi.org juste après la vidéo de Rory en mai 2011. Nous y avons ajouté un forum peu après. On y compte maintenant plus de 170 000 membres, avec presque un million de messages postés et toutes sortes de réflexions autour du Raspberry Pi. Si vous avez une question, quelle qu'elle soit, peu importe sa difficulté, qu'elle porte sur le Raspberry Pi ou la programmation en général, quelqu'un vous fournira la réponse (si elle n'est pas dans ce livre, vous la trouverez sur le forum).

Une partie de mon travail à la Fondation Raspberry Pi consiste à donner des conférences à des groupes de passionnés, des informaticiens, des enseignants, des collectifs de programmeurs, etc. et il se trouve toujours quelqu'un dans l'assistance qui a eu l'occasion d'échanger avec moi ou Liz ma femme (qui anime la communauté) sur le site Web Raspberry Pi qui reçoit plus d'une requête par seconde.

Les sites de fans se comptent maintenant par centaines. Pendant des années, il y a eu un magazine mensuel, produit par des membres de la communauté et qui s'intitulait *The MagPi*. On y trouvait plein d'articles, des tutoriels pour mener des projets à bien, et bien d'autres choses. Il est devenu si populaire que nous l'avons intégré à la fondation, et il est maintenant disponible en version papier ou en téléchargement gratuit sur www.raspberrypi.org/magpi.

Tous les jours, nous publions de nouvelles informations sur le Pi sur www.raspberrypi.org. Venez prendre part à la conversation...

Il y avait 100 000 personnes en attente d'un Raspberry Pi dans notre fichier d'adresses, et toutes ont passé commande dès le premier jour ! Cela n'a bien sûr pas été sans poser quelques problèmes.

D'abord, il y a eu toutes ces petites coupures qu'on se fait quand il s'agit d'emballer 100 000 petits ordinateurs pour les envoyer par la poste, car nous n'avions absolument pas les moyens d'embaucher des gens pour le faire à notre place. Nous n'avions pas d'entrepôt, à part le garage de Jack. Rassembler l'argent nécessaire à l'assemblage de 100 000 unités si rapidement était impossible. Nous avons bien envisagé de faire des lots de 2 000 tous les quinze jours, mais avec ce niveau de demande, cela aurait pris tellement de temps que l'appareil serait devenu obsolète avant même que nous n'ayons fini d'honorer les commandes. À l'évidence il nous fallait abandonner la fabrication et la distribution à des gens avec l'infrastructure et le capital nécessaire. Nous avons pris contact avec element14 et RS Components, tous deux fournisseurs britanniques en microélectronique et d'envergure internationale. Tandis qu'ils exécutaient leur contrat pour la production et la distribution, nous pouvions nous concentrer sur le développement et les objectifs caritatifs de la Fondation Raspberry Pi.

Le premier jour de lancement, la demande était si importante que les sites des deux compagnies, RS et element14, ont été inaccessibles quasiment toute la journée, incapables de répondre à la demande (pour element14, la demande a atteint les sept commandes par seconde). Google a même enregistré pendant deux heures, dans le monde entier, plus de recherches sur le Raspberry Pi que sur Lady Gaga. Nous avons produit et vendu plus d'un million de Raspberry Pi au cours de notre première année, faisant du Raspberry Pi l'ordinateur dont la croissance a été la plus rapide de tous les temps, à l'échelle mondiale. Et le succès ne se dément pas : nous produisons plus de 300 000 Raspberry Pi par mois, et en avons vendu plus de 10 millions en un peu plus de quatre ans, et il n'y a pas de ralentissement à l'horizon. Si nous en étions restés à nos plans initiaux, nous aurions construit une centaine de machines pour les journées portes ouvertes de l'université, et nous en serions restés là.

À NOTER

Les premiers Raspberry Pi ont été produits en Chine, mais en 2012 nous avons réussi à rapatrier toute la production au Royaume-Uni. Votre Raspberry Pi est maintenant produit dans le sud du Pays de Galles, une région fière de son héritage industriel, mais avec peu d'industries actives. Aussi incroyable que cela puisse paraître, nos coûts sont plus faibles au Pays de Galles qu'en Chine. Nous pouvons gérer la production sans problème de langue ou de culture et, si nécessaire, nous pouvons même décider d'aller sur place car ce n'est qu'à quelques heures de voiture.

Je ne connais rien qui fasse monter la pression artérielle comme se retrouver accidentellement à la tête d'un géant de l'informatique!

QUE PEUT-ON FAIRE AVEC LE RASPBERRY PI ?

Ce livre explore un certain nombre de choses que vous pouvez faire avec votre Raspberry Pi: prendre le contrôle du matériel via Python, vous en servir comme media center, préparer des projets faisant appel à de la vidéo, ou concevoir des jeux en langage Scratch. La beauté de la chose, c'est que vous le faites avec un ordinateur, certes très petit, mais capable de faire les mêmes choses qu'un ordinateur standard (il sera peut-être un peu plus lent pour certaines applications de bureau, mais bien meilleur pour d'autres). De plus, les bonnes capacités multimédia et 3D du Raspberry Pi permettent de le transformer en plateforme de jeux, et nous aimerions beaucoup voir s'étendre sa ludothèque.

Nous pensons aussi que l'informatique concrète (on crée des systèmes avec des capteurs, des moteurs, de la lumière et des microcontrôleurs) est souvent négligée au profit de projets purement logiciels, et c'est dommage, parce que l'informatique concrète est vraiment une discipline très amusante. Au début de ce projet, toutes les réactions positives du côté des enfants ont été liées à ce mouvement de l'informatique concrète. Les tortues du langage LOGO de mon enfance, championnes de l'électronique d'alors, ont fait place à des robots de combat, des quadricoptères ou des détecteurs d'approche des parents, et ça nous plaît. Toutefois, l'absence de port GPIO (entrées-sorties à usage général) sur les ordinateurs courants est un vrai handicap pour ceux qui veulent se lancer dans un projet robotique. Avec le Raspberry Pi, tout est prévu et vous pouvez vous mettre au travail immédiatement.

Les idées émanant de la communauté sont pour moi une source permanente de surprises qui ne m'auraient jamais effleuré l'esprit: je pense au projet d'une école australienne pour suivre des météorites, au robot des scouts de Boreatton au Royaume-Uni, qui est contrôlé par un système à électroencéphalogramme (une première mondiale: un robot contrôlé par des ondes cérébrales de scouts); on peut évoquer aussi cette famille qui construit un aspirateur robotisé, et Manuel, l'élan bavard de Noël. Et puis, étant moi-même passionné par la conquête spatiale, entendre dire qu'on va envoyer des Raspberry Pi en orbite proche, avec des ballons et des fusées, ça me donne des frissons.

Dans la première édition de ce livre, j'écrivais que ce serait une réussite si chaque année, un millier de nouveaux étudiants s'inscrivaient en informatique dans les universités du Royaume-Uni. Ce serait non seulement bénéfique pour le pays, le secteur du logiciel et des composants électroniques, et l'économie, mais encore plus avantageux pour chacun des étudiants qui, je l'espère, découvrirait tout un monde de possibilités et éprouverait beaucoup de plaisir. Dans la deuxième et la troisième édition, j'étais un peu plus ambitieux et je souhaitais voir cette expérience trouver un écho dans l'ensemble des pays développés.

Face à la croissance du Raspberry Pi, je me suis pris d'une ambition plus grande encore: je veux que chaque enfant, partout, puisse avoir accès à un ordinateur programmable et libre, qu'il ait les mêmes opportunités d'apprentissage de la programmation que celles qui m'ont été offertes avec mon micro-ordinateur de la BBC dans les années 1980. C'est un objectif ambitieux, mais déjà nous voyons des labos Raspberry Pi éclore dans les endroits les plus improbables, comme ce labo dans un village du Cameroun, sans réseau électrique, où les Raspberry Pi sont alimentés grâce à de l'énergie solaire, des générateurs ou des batteries, ou bien encore ce lycée, perché dans les montagnes du Bhoutan.

Construire un robot quand vous êtes un gamin peut vous mener dans des contrées inimaginables. Je le sais, car c'est ce qui m'est arrivé!

Eben Upton



1

MISE EN ROUTE

/> CHAPITRE 1 À la découverte du Raspberry Pi	21
/> CHAPITRE 2 Mise en route du Raspberry Pi	33
/> CHAPITRE 3 Administration système Linux	55
/> CHAPITRE 4 Dépannage	77
/> CHAPITRE 5 Configuration du réseau	85
/> CHAPITRE 6 Outil de configuration du Raspberry Pi	97
/> CHAPITRE 7 Configuration avancée du Raspberry Pi	113



CHAPITRE 1

À LA DÉCOUVERTE DU RASPBERRY PI

Votre carte Raspberry Pi est une merveille de miniaturisation, qui intègre une puissance de calcul considérable sur une surface pas plus grande qu'une carte de crédit. Le Pi est capable de réaliser des prouesses, mais avant de vous aventurer sur cette terre inconnue, il est préférable de commencer par apprendre quelques petites choses.

ASTUCE

Si vous ne pouvez vraiment pas attendre et souhaitez commencer tout de suite, passez directement au chapitre suivant pour savoir comment connecter votre Raspberry Pi à un écran, un clavier et une souris, puis installer un système d'exploitation, ce qui vous permettra d'utiliser immédiatement votre Pi.

TOUR DU PROPRIÉTAIRE DE LA CARTE

Depuis son lancement où il n'y avait que deux modèles (les modèles A et B qui ne sont plus commercialisés aujourd'hui), la famille Raspberry Pi s'est considérablement agrandie. La gamme actuelle se compose de cinq modèles principaux : le Raspberry Pi modèle A+, le Raspberry Pi modèle B+, le Raspberry Pi 2, le Raspberry Pi 3 (figure 1.1) et le Raspberry Pi Zéro. Mis à part le Raspberry Pi Zéro, qui est un modèle d'entrée de gamme, spécialement conçu pour être le moins cher possible et avoir une taille minimale, tous les modèles partagent une conception à peu près similaire qui ne se différencie que par des caractéristiques comme le nombre de ports USB, la présence ou l'absence de ports réseau et la puissance de leur processeur. La gamme compte également un sixième modèle qui est moins courant : le Raspberry Pi Compute Module. Conçu pour un usage industriel sur des cartes personnalisées, le Compute Module s'exécute sous le même logiciel que les autres cartes de la famille, mais son étude dépasse le cadre de cet ouvrage.

Si vous êtes l'heureux propriétaire du premier modèle de Raspberry Pi, le modèle B ou le modèle A, nous vous adressons nos félicitations car vous détenez un objet de collection. L'essentiel des informations contenues dans ce livre est tout à fait applicable à ces anciens modèles de cartes, même s'il existe certaines différences, notamment l'impossibilité d'utiliser les modules additionnels conformes à la norme HAT (*Hardware Attached on Top*), qui est étudiée au chapitre 16. Si vous vous trouvez dans la situation où vous avez besoin de fonctionnalités qui font défaut aux premières cartes Raspberry Pi, vous pouvez envisager de les remplacer par un modèle A+ ou B+, voire des modèles plus puissants comme le Pi 2 ou le Pi 3. Si votre budget ne vous le permet pas, vous pouvez vous tourner vers le Raspberry Pi Zéro qui est moins cher.



Figure 1.1 Raspberry Pi 3

Au centre de toutes les cartes Raspberry Pi, il y a un *semi-conducteur* carré, que l'on appelle en général circuit intégré ou puce. Il s'agit d'un SoC (*system-on-chip*: en français, système sur une puce) qui fournit au Pi des fonctionnalités générales de traitement, d'affichage et d'entrée/sortie. Selon le modèle, la carte accueille le BCM2835 original de chez Broadcom, le BCM2836 qui est plus rapide avec ses quatre cœurs, ou bien encore le BCM2837 qui est plus puissant avec son architecture 64 bits. Dans le cas des modèles, A+, B+ et Zéro, il y a un autre semi-conducteur qui est empilé sur cette puce et qui fournit au Pi de la *mémoire* pour le stockage temporaire des données lors de l'exécution des programmes; sur le Raspberry Pi 2 et 3, cette puce est plutôt située sous la carte. Ce type de mémoire est connu sous le nom de *mémoire vive* (en anglais, RAM, pour *Random Access Memory*), parce que l'ordinateur peut lire ou écrire sur n'importe quelle partie de la mémoire à n'importe quel moment. La mémoire vive est *volatile*, ce qui signifie que ce qui est stocké dans la mémoire est perdu lorsque le Pi est mis hors tension.