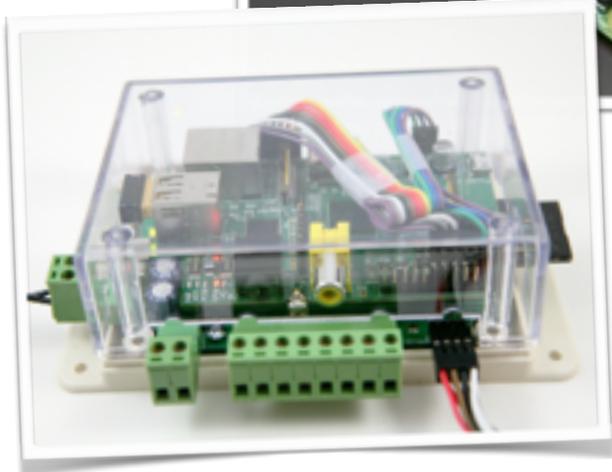


# Raspberry Pi et Arduino...



... pour  
l'Enseignement  
Agricole

# Raspberry Pi et Arduino...

## ... pour l'Enseignement Agricole

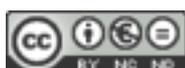
Ce document présente deux plateformes de développement, prototypage et apprentissage de la programmation, permettant de communiquer avec le « monde réel » via des capteurs et de concevoir et réaliser des dispositifs interactifs autonomes, des objets communicants, ou de contribuer à l'« internet of things ».

Leurs champs d'application qui intéressent l'enseignement agricole sont nombreux, en particulier dans le domaine des Technologies de l'Informatique et du Multimédia, des Agro-équipements, des Sciences Physiques, de l'Education Socio-Culturelle... et peuvent trouver leur place dans les référentiels d'enseignement de ces disciplines pour la plupart des classes.

Nous allons tout d'abord présenter ces deux matériels et expliciter ce qui les différencie et nous illustrerons ensuite leurs utilisations possibles dans l'Enseignement Agricole au travers d'exemples de projets ou d'activités pédagogiques.

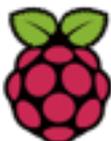
Nous présenterons en annexe des configurations types permettant de conduire ces activités ainsi que les budgets d'équipement correspondants.

Enfin, une webographie succincte donnera des références utiles ainsi que des pointeurs vers les acteurs incontournables du domaine.



# Présentation du matériel

## Raspberry Pi



Le Raspberry Pi est un nano-ordinateur monocarte à processeur ARM. Cet ordinateur, qui a la taille d'une carte de crédit, est destiné à encourager l'apprentissage de la programmation informatique ; il permet l'exécution de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux et des logiciels compatibles. Il est fourni nu (carte mère seule, sans boîtier, alimentation, clavier, souris ni écran) dans l'objectif de diminuer les coûts et de permettre l'utilisation de matériel de récupération.

Son prix de vente très réduit le destine en particulier au monde de l'éducation, mais aussi aux pays en voie de développement. Début 2015, plus de cinq millions de Raspberry Pi ont été vendus.

Le Raspberry Pi est une carte électronique d'environ 9 cm x 6 cm, intégrant toute la connectique d'un ordinateur classique (écran ou TV par HDMI, clavier et souris par USB, réseau filaire par RJ45, audio jack).

Le stockage est assuré par une carte mémoire micro-SD et peut-être complété par un disque dur externe USB. L'accès au réseau sans fil (wifi ou 3G) peut être réalisé par un dongle USB.



L'alimentation électrique passe par un connecteur micro-USB permettant l'utilisation d'un cordon et d'un chargeur basiques de téléphone portable.

L'ensemble peut être complété d'un boîtier de protection et par un grand nombre d'accessoires, certains spécifiques comme la webcam miniature, d'autres classiques dans le monde PC (haut parleurs, microphone, clé USB...).

Il faut noter que la plupart des périphériques utilisés par le Raspberry sont tout à fait standards et qu'il est bien souvent possible de réutiliser des éléments déjà présents dans un parc informatique.

Enfin, un port GPIO est dédié au pilotage de montages électroniques : une rampe de connecteurs permet la connexion, par de simples cordons ou une nappe, à une plaque de prototypage ou un circuit imprimé. De la sorte, le Raspberry Pi peut recevoir les valeurs mesurées par des capteurs ou actionner des commandes (allumer une lampe ou démarrer un moteur par exemple).

D'un point de vue logiciel, l'installation du système d'exploitation GNU/Linux se fait depuis un PC sur la carte mémoire du Raspberry Pi. Par la suite, les mises à jours et l'installation de nouveaux programmes se font directement sur le Raspberry.

De très nombreux programmes sont disponibles, essentiellement des logiciels libres. Citons par exemple de nombreux environnements de programmation (C, Python, Java, Perl, PHP, Scratch...), des serveurs (de fichiers, web, ftp...), des bases de données (MySQL, PostgreSQL...), des outils multimédia (lecteurs audio et video, montage audio...). Depuis peu, le programme de calcul formel Mathematica est disponible gratuitement.

Les performances du Raspberry Pi sont parfaitement adaptées aux logiciels cités ci-dessus. Ainsi, il est tout à fait indiqué de l'utiliser pour un serveur web, y compris connecté à une base de données (blog, wiki...), pour pratiquer la programmation ou pour réaliser un media-center connecté à une TV (grâce à son processeur de décodage vidéo).

En revanche, pour une utilisation comme station de travail classique (bureautique et internet), le Raspberry Pi est limité par la puissance de son processeur et sa mémoire (seulement 1 Go dans la version la plus puissante). En pratique, les logiciels actuels destinés au poste de travail sont devenus tellement lourds qu'ils nécessitent des configurations plus musclées (pour comparaison, voir les spécifications d'un PC permettant de faire fonctionner confortablement Windows 8, LibreOffice et Firefox).



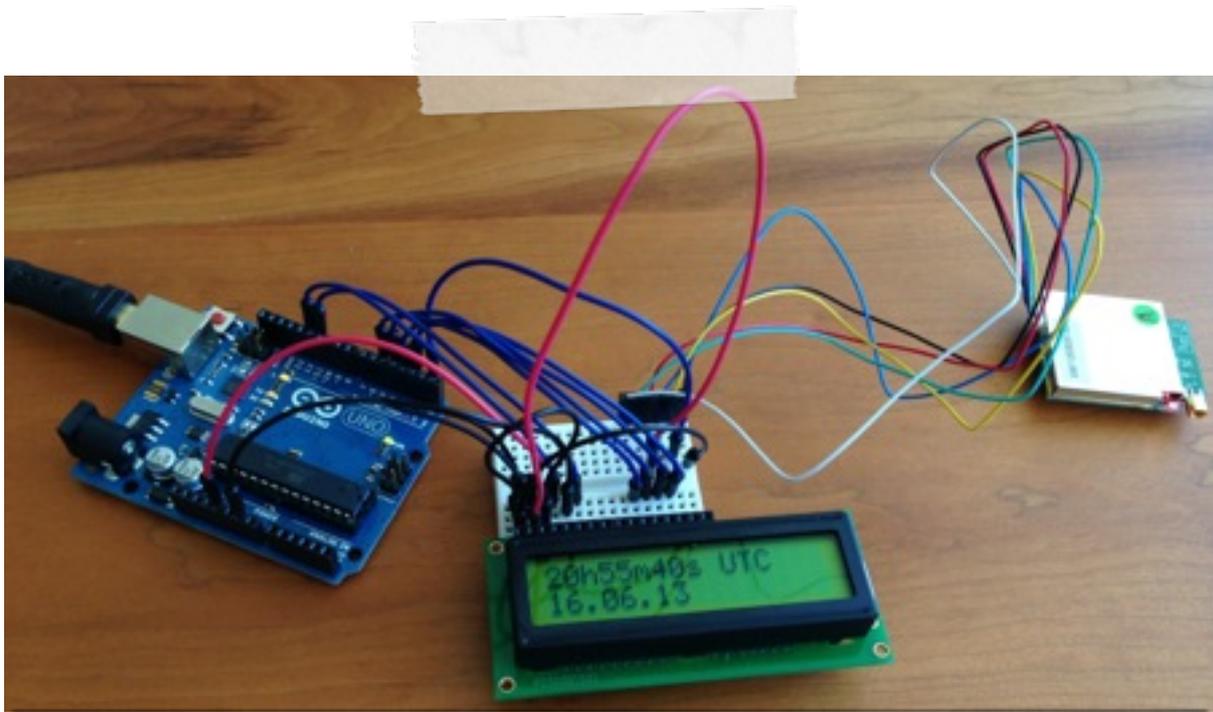
## Arduino



Arduino est un circuit imprimé sous licence libre portant un microcontrôleur et la connectique d'entrées/sorties permettant de lui connecter toutes sortes de capteurs et de composants électroniques. A l'origine, il a été conçu pour la programmation multimédia interactive en vue de spectacles ou d'animations artistiques, et est ainsi devenu un équipement incontournable dans le domaine de l'art numérique.

Par la suite, ses performances et sa simplicité de mise en oeuvre lui ont apporté un grand succès pour la réalisation de projets domotiques et de commande d'automatismes ou de robots. Il existe aujourd'hui différentes cartes qui diffèrent par leur microcontrôleur, leur mémoire et leur ports d'entrées/sorties.

Un écosystème s'est progressivement constitué autour des cartes Arduino, sous la forme d'un très grand nombre de capteurs et d'équipements très divers (écrans LCD, moteurs, GPS...), facilité par l'architecture matérielle de la carte. Des extensions peuvent être réalisées sous la forme de « shields » ou cartes additionnelles empilables sur les connecteurs d'extension. De nombreuses entreprises se sont créées dans ce secteur d'activité et on trouve aujourd'hui une offre pléthorique de composants destinés à la réalisation de projets à base d'Arduino.



Il est important de noter l'état d'esprit qui prévaut depuis l'origine : très inspirés du logiciel libre, les concepteurs ont toujours réalisé des produits ouverts, entièrement documentés, et sous licence de type « matériel libre ». Les entreprises qui se sont créées dans cette mouvance perpétuent cette volonté en mettant à disposition de manière très exhaustive toute l'information utile pour réaliser des projets (tutoriels superbement réalisés, ressources pédagogiques, vidéos, documentation).

En fait, une véritable communauté s'est constituée autour des cartes Arduino, dans l'esprit du DIY (Do It Yourself) ou des « makers ». La même remarque s'applique au Raspberry Pi dont on parlé plus haut, qui fédère une large communauté de passionnés qui partagent leur savoir faire sur de multiples sites, blogs ou forums.

D'un point de vue logiciel, la plateforme Arduino s'utilise essentiellement depuis un environnement de développement intégré opensource, basé sur le langage Java.

Il existe fondamentalement deux manières d'utiliser une carte Arduino :

- la carte est autonome : on développe un programme (appelé « sketch ») sur ordinateur, depuis l'environnement dédié, et on le télécharge ensuite sur la carte par le cordon USB. La carte est désormais autonome, dès son démarrage elle exécute le sketch téléchargé.

- la carte est pilotée depuis un ordinateur : on utilise sur l'ordinateur un environnement de programmation doté de bibliothèques qui lui permettent d'interagir avec une carte Arduino connectée en USB. Il suffit préalablement d'installer sur la carte un sketch qui assure la communication avec l'ordinateur (« Firmata »).

Le programme principal est exécuté sur l'ordinateur, il communique avec la carte pour récupérer des mesures de capteurs ou alimenter des dispositifs externes (moteurs, électro-vannes par exemple). Différents environnements de programmation disposent de bibliothèques de communication avec Arduino. Citons l'environnement Processing, très utilisé dans le domaine de l'art numérique, mais également des environnements très classiques, comme Python, C, C++, Java, etc. Enfin, l'environnement de programmation graphique Pure Data qui dispose également de bibliothèques de communication avec Arduino est particulièrement approprié à une utilisation pédagogique.



## Comparaison entre les deux plateformes

Avant toute chose, il est bon de rappeler un point important : le Raspberry Pi est un ordinateur, Arduino n'en est pas un ! Partant de là, on entend bien que l'on n'attendra pas la même chose des deux plateformes.

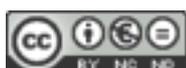
Le Raspberry Pi peut être vu comme une machine généraliste, qui excelle dans les fonctions de serveur « léger » et de plateforme d'apprentissage de la programmation, et sur laquelle on dispose d'un port d'entrées/sorties numériques qui permet un certain niveau de communication avec le monde extérieur.

Les cartes Arduino quant à elles n'offrent pas les fonctions que l'on attend d'un ordinateur en général et d'un serveur en particulier, et ne sont d'ailleurs pas dotées par défaut d'interface réseau. En revanche, ces cartes excellent dans le traitement des entrées/sorties numériques comme analogiques.

Le tableau ci-dessous résume l'adéquation des deux plateformes à différentes typologies de projets.

Application	Raspberry Pi	Arduino
Serveur web statique	*****	
Serveur web dynamique	**** (1)	
Serveur de fichiers	**** (1)	
Apprentissage de la programmation	*****	****
Apprentissage du système GNU/Linux	*****	
Entrées/Sorties numériques	***	*****
Entrées/Sorties analogiques	*	*****
Pilotage d'un robot	****	*****
Pilotage d'une serre ou d'un système d'arrosage	****	*****
Media-center	*****	
Station météo	***	****
Station de travail	** (1)	

(1) Modulo les performances du Raspberry Pi en termes de puissance de calcul, accès simultanés, etc.



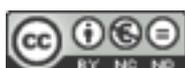
## Utilisation conjointe des deux plateformes

Il est tout à fait envisageable d'utiliser simultanément les deux plateformes dans un projet : en utilisant un Arduino en mode piloté par un Raspberry Pi.

Le premier apporte ses performances dans le traitement des entrées/sorties analogiques et numériques, le second la souplesse d'un ordinateur dans le stockage des données, leur transmission en réseau et leur visualisation. On peut même réaliser assez simplement une interface web sur le Raspberry permettant de visualiser ou de manipuler les entrées/sorties de l'Arduino.

Les champs d'application sont infinis, citons un seul exemple : une interface web permettant d'ouvrir et fermer des relais depuis son téléphone mobile. On réalise de la sorte une « télécommande » pour une installation domotique, d'arrosage, un automatisme de portail...

Le recours au Raspberry au lieu d'un ordinateur de bureau permet d'éviter de monopoliser un PC, coûte beaucoup moins cher, consomme beaucoup moins d'électricité, est utilisable sur le terrain, peut-être alimenté sur batterie ou sur panneau solaire...



# Intérêt pour l'Enseignement Agricole

Les plateformes que nous venons de décrire présentent de grands atouts pour le monde de l'éducation en général, mais nous allons voir que l'Enseignement Agricole pourrait y trouver un intérêt tout particulier.

## Raspberry Pi : un serveur pour l'enseignant

Les fonctions de serveur du Raspberry Pi trouvent particulièrement leur place dans la salle de classe : un wiki, un serveur de ressources ou de médias, qui tient dans la poche et peut fonctionner en wifi permettent à l'enseignant une grande autonomie pour proposer des ressources et des modalités de travail collaboratif aux élèves.

Par ailleurs, cette solution apporte une réponse pragmatique à la problématique du BYOD (« Bring your own device ») en constituant un réseau dans la salle de classe indépendant du réseau de l'établissement, et isolé de l'internet : les élèves accèdent, depuis leur mobile ou leur tablette, aux ressources mises à disposition par l'enseignant sans pour autant obérer la sécurité du Système d'Information de l'établissement.

Plus généralement, lorsqu'il s'agit de mettre en place rapidement un petit<sup>1</sup> serveur (un wiki pour les élèves par exemple), le Raspberry offre une solution efficace pour un coût modique.

## Apprentissage de la programmation

Le Raspberry Pi intègre d'origine les environnements de programmation les plus courants dans le monde de l'éducation : Scratch pour le niveau école élémentaire - collège ; Python, PHP, Perl, Java, JavaScript, C, C++ pour le niveau collège - lycée ; Mathematica pour le niveau lycée - prépa. Le Raspberry est cité par les experts du Conseil National des Programmes dans le cadre de la refonte des programmes du collège (Informatique, cycle 4).

La plateforme Arduino permet également une découverte de la programmation : le pilotage d'un automate (arrosage par exemple) par le biais d'une maquette pédagogique comprenant une simple électro-vanne nécessite de mettre en oeuvre les concepts fondamentaux de l'algorithmique et de s'initier à un langage de programmation.

---

<sup>1</sup> soumis à des conditions de charge et d'accès simultanés modérées, et pour lequel des contraintes de robustesse et de sauvegarde des données ne se posent pas.



## Agro-équipement

Dans le domaine des agro-équipements, les deux plate-formes se prêtent tout particulièrement à l'apprentissage des automatismes. L'enseignant peut concevoir et réaliser, ou faire réaliser à la classe, des maquettes pédagogiques répondant à certains objectifs des référentiels de formations. Par exemple, une maquette typique permettrait d'appréhender tous les aspects de la commande d'un système d'arrosage intégré. Un Raspberry Pi ou un Arduino peut commander différentes électro-vannes et recevoir les informations de capteurs externes (pluviomètre, humidité du sol...). De la même manière, un système d'automatisme destiné à une serre prendrait les mesures d'un thermomètre et d'un anémomètre extérieur pour ouvrir ou fermer des volets (commande de moteurs).

Un autre champ d'application est celui de l'agriculture de précision : la mesure du rendement en temps réel lors de la récolte (trémie de moissonneuse par exemple) couplée à un GPS permet une localisation géo-référencée sur la parcelle. Bien entendu les modules GPS additionnels que l'on peut utiliser dans un montage électronique n'offrent pas la précision centimétrique nécessaire à une application réelle, mais cela reste un outil d'apprentissage largement suffisant.

## Sciences-physiques

Dans le domaine des sciences-physiques, c'est dans le cadre de la physique des capteurs et des mesures physiques que l'on trouvera les champs d'application les plus intéressants. De très nombreux capteurs sont disponibles, en tant que composants isolés et donc à un coût réduit. On pourra ainsi expérimenter toutes sortes de thermomètres, hygromètres, capteurs de pression, de distance, de CO2 etc...

A titre d'exemple, une utilisation assez courante est la réalisation d'un système de monitoring de la consommation électrique d'une installation en temps réel.

Enfin, le domaine de la météo est un support très intéressant à la pluridisciplinarité entre sciences expérimentales et informatique. On peut ainsi concevoir avec les élèves une station météo autour d'un micro-contrôleur, dont les mesures sont archivées et traitées lors d'une activité sur le tableur.

## Education Socio Culturelle

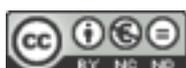
C'est pour le domaine de l'art numérique que les cartes Arduino ont été conçues initialement. En effet, le pilotage d'une installation artistique interactive requiert un micro-contrôleur qui produit des sorties (sons, lumières, mouvements... ) en fonction d'entrées liées à son environnement (présence, nombre et position du public, température, mouvement... ).

Là encore, une activité avec la classe peut s'appuyer sur la découverte de ce domaine de l'art contemporain et la mise en oeuvre concrète d'un système interactif réalisé par les élèves : par exemple faire varier l'ambiance lumineuse et sonore d'un local en fonction de la position et du nombre des visiteurs. Ou bien, réaliser un instrument de musique à l'aide de capteurs reliés à des objets banals qui génèrent un son ou une note lorsqu'on les manipule.

## Information géographique

Nous avons parlé plus haut des modules GPS qui permettent d'obtenir les coordonnées géographiques du point d'observation en temps réel. Le fait de manipuler le composant électronique, relié à un montage, est un bon moyen de comprendre plus intimement son fonctionnement : il s'agit de l'alimenter, de lui laisser le temps de capter le signal satellitaire et d'observer et comprendre les informations qu'il retourne (heure, coordonnées, qualité du signal). On peut ainsi réaliser une horloge pilotée par satellite, un « data logger » pour géo-localiser des photos, un système de mesure de l'aire d'une parcelle, un jeu basé sur le « geo caching »...

Une activité pluridisciplinaire très riche peut ainsi démarrer, comme, par exemple, celle prévue dans le cadre du M6 du Bac Technologique STAV (ESC, Sciences Eco, Géographie, TIM).



# Equipement et budget

Les tarifs donnés ci-dessous sont indicatifs en date de mai 2015. Le choix des capteurs à acheter dépend bien entendu du projet considéré.

## Raspberry Pi

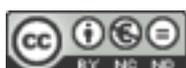
1 Raspberry Pi 2 Modèle B	45 €
1 Boitier plastique	9 €
1 Alimentation 5V 2A	10 €
1 Carte micro-SD 16 Go	16 €
1 Dongle Wifi	15 €
<b>Total</b>	<b>95 €</b>

## Arduino

1 Arduino Uno rev 3	<b>20 €</b>
---------------------	-------------

## Exemples de capteurs et composants

1 Starter kit (plaque et câbles de prototypage, capteurs et composants divers)	45 €
1 Capteur ultrasons	15 €
1 Capteur luminosité	10 €
1 Capteur humidité du sol	6 €
1 Thermo-hygromètre pro	15 €
1 Accéléromètre	10 €
1 Détecteur de mouvement à infra-rouge	9 €
1 Shield à 4 relais	18 €
1 GPS	40 €
<b>Total</b>	<b>168 €</b>



# Webographie

## Sites officiels

(en) Site officiel Raspberry Pi <http://www.raspberrypi.org/>

(en) Site officiel Arduino <http://www.arduino.cc/>

## Do It Yourself

(en) Make: <http://makezine.com>

(en) Instructables - Raspberry Pi <http://www.instructables.com/howto/raspberry+pi/>

(en) Instructables - Arduino <http://www.instructables.com/howto/arduino/>

(en) Adafruit / Blog <http://blog.adafruit.com/>

(fr) Snootlab / Blog <http://blog.snootlab.com/>

(fr) Electronique amateur <http://electroniqueamateur.blogspot.fr/>

(fr) Framboise 314 <http://www.framboise314.fr/>

(fr) Raspberry Pis <http://raspberrypis.net/>

## Tutoriels

(fr) Snootlab / Forum <http://forum.snootlab.com/>

(en) Adafruit / Learn <http://learn.adafruit.com/>

(fr) Forum français Arduino <http://forum.arduino.cc/index.php?board=33.0>

(en) Sparkfun / Tutorials <http://learn.sparkfun.com/tutorials/>

(fr) Forum français Raspberry Pi <http://www.raspberrypi.org/forums/viewforum.php?f=65>

## Education / enseignement

(en) Sparkfun / Edu blog <http://learn.sparkfun.com/blog/>

(en) Google... par exemple  
« raspberry pi education » [http://www.google.fr/?gws\\_rd=ssl#q=raspberry+pi+education](http://www.google.fr/?gws_rd=ssl#q=raspberry+pi+education)

(fr) La malinette <http://reso-nance.org/malinette/fr/home/>

## Revendeurs

(fr) Snootlab <http://snootlab.com/>

(en) Adafruit <http://www.adafruit.com/categories/>

(fr) Kubii <http://www.kubii.fr/>

