

Thème 6 – Informatique embarquée et objets connectés

Ouverture, page 139

50 milliards

C'est le nombre estimé d'objets connectés présents en 2020 dans le monde. En France, 5,2 millions ont été vendus en 2017, soit une hausse de 33 % en un an, dont 1,6 million de « wearables », ces objets connectés ou intelligents qui se portent sur soi. Les appareils pour la maison connectée représentent la plus grande part des ventes avec 2,9 millions d'objets (57 %).

Document c : De l'informatique embarquée dans les objets

L'internet des objets est un réseau d'objets physiques connectés et capables de communiquer les uns avec les autres. Embarquer l'informatique dans les objets simplifie leur fonctionnement tout en leur donnant plus de possibilités d'usage et de sûreté. On peut leur ajouter de nouvelles fonctionnalités simplement en modifiant leur logiciel. Entre le réel et le virtuel, les objets connectés produisent de grandes quantités de données pour fonctionner. Leur traitement participe à ce que l'on appelle le **Big Data**. Les objets connectés sont présents dans tous les domaines de notre vie : l'environnement, la santé et le bien-être, en domotique (maison connectée) et bien d'autres encore. Leur utilisation participe à l'évolution des modes de vie et à une nouvelle conception de notre monde.

Unité 1 – Les Systèmes Informatiques Embarqués

Document b page 140

Améliorer la sécurité routière : le freinage automatique d'urgence

Le freinage automatique d'urgence repose sur différents **capteurs** qui détectent l'environnement autour du véhicule. Grâce au **logiciel** intégré au système, le **microprocesseur** interprète les **données** issues des **capteurs** en temps réel. S'il anticipe une collision imminente avec un obstacle, il prendra le contrôle de la voiture, à l'aide d'**actionneurs**, et la forcera à s'arrêter automatiquement.

En France, un tiers des véhicules neufs sont équipés de ce dispositif. La Commission européenne envisage d'ailleurs de rendre cette technologie obligatoire à court terme, ce qui pourrait sauver 10 500 vies sur 10 ans.

Vocabulaire page 140

Capteur : système permettant de détecter un phénomène physique (son, lumière, accélération...) et de le transformer en signal électrique exploitable par le système.

Actionneur : transforme un signal électrique reçu en un phénomène physique (son, lumière, mouvement...).

Microprocesseur : circuit intégré permettant de traiter des informations.

Logiciel : programme nécessaire au fonctionnement d'un système informatique.

Mémoire : permet de conserver les informations (programmes et données).

Interface Homme-Machine (IHM) : permet à l'homme et à la machine de communiquer entre eux.

Point info page 140

Les objets connectés possèdent des capteurs dont ils traitent les données et échangent ces dernières avec un smartphone ou via internet. Tous les objets connectés sont donc des systèmes informatiques embarqués.

Document e page 141

L'architecture d'un système informatique embarqué

Un **système informatique embarqué** est une **machine**, dédiée à une tâche définie. Elle est composée d'un **microprocesseur** qui interprète le programme stocké dans sa **mémoire**. Le programme permet de traiter les **données** issues des **capteurs** ou de l'**Interface Homme-Machine**, puis de renvoyer des données vers les **actionneurs** et l'Interface Homme-Machine.

Les systèmes informatiques embarqués obéissent à un cahier des charges contraignant :

- l'espace est compté, avec une mémoire parfois limitée ;
- le système doit réagir quasi-instantanément, on parle de système « temps réel » ;
- la consommation énergétique doit être faible ;
- la sûreté de fonctionnement est primordiale.

Unité 2 – Les Interfaces Homme-Machine

Document a page 142

De 1801 à 1960 : la carte à perforations

Joseph Marie Jacquard met au point le premier métier à tisser automatique. Il fonctionne grâce à des cartes perforées par des hommes qui imposent à la machine de croiser des fils de laine selon un motif préétabli. Les orgues de Barbarie utilisent aussi des cartes perforées jouant le rôle de la partition de musique. Plus tard, les premiers ordinateurs seront programmés à l'aide de cartes perforées.

Document b page 142

Les années 60 et leurs innovations

Au cours des années 60, on développe les premiers claviers pour ordinateur, qui vont vite se démocratiser.

Pour piloter les machines on crée également des télécommandes, dont les premières utilisent des ultrasons avant d'être remplacées par des télécommandes utilisant des rayons infrarouges.

L'imprimante, tout comme l'appareil de télévision, permet de visualiser une image produite à partir de signaux électriques. Ainsi, la machine peut transmettre des informations à l'Homme.

Document c page 142

Des interfaces actuelles : les années 2000

La souris (créée en 1963) et le joystick apparaissent avec l'invention du curseur qui se déplace à la surface de l'écran et du clic qui valide une instruction exécutable. Les

dernières générations de souris offrent six degrés de liberté (avec une coque pivotante) afin de naviguer plus intuitivement dans les environnements logiciels 3D (conception, médical...). Un joystick peut servir de dispositif de pointage, pour les jeux vidéo, mais aussi dans l'industrie comme les grues, machines agricoles ou commandes d'avion.

D'après Wikipedia

Vocabulaire page 142

Interface : limite commune entre deux entités. Une Interface Homme-Machine permet à un être humain de donner ou de recevoir des informations d'une machine et de la contrôler.

Document d page 143

L'écran tactile et le smartphone

L'écran tactile permet d'interagir avec le téléphone, les bornes interactives et bien d'autres objets, en gérant à la fois l'affichage et le pointage. Un smartphone est un système informatique embarqué comportant un grand nombre de composants. C'est l'objet connecté le plus utilisé aujourd'hui en tant qu'IHM.

Document e page 143

Un casque de réalité augmentée

Partant du principe que « la limite fondamentale dans la technologie n'est pas sa taille ou son coût ou sa vitesse, mais comment nous interagissons avec elle », Leap Motion a conçu un casque à large vision capable de percevoir les mains de son utilisateur. Le système retransmet les mouvements sur une plateforme de réalité

augmentée. Par cette prouesse, cette IHM promet à terme d'affiner les possibilités de l'expérience utilisateur.

D'après *Les numériques*

Point info page 143

L'idée géniale du « pincer-pour-zoomer » est apparue en 1983, mais c'est en 2007 qu'elle s'est popularisée avec la sortie du premier iPhone, incorporant cette technologie.

Unité 3 – Réaliser une IHM pour smartphone

Document a page 144

Tout le monde peut créer des applications qui changent le monde (MIT App inventor)

Premières étapes :

1. Créer un compte gmail de travail pour chaque élève, sous la forme pseudo_personnel@gmail.com.
2. Se connecter sur le site proposé par le MIT (Massachusetts Institute of Technology) : <http://ai2.appinventor.mit.edu/>

Protocole :

1. Via le menu « projet »/« importer un projet (.aia) de mon ordinateur », charger l'application nommée « prise_en_main.aia ».
2. Observer les composants de cette application dans les onglets « Designer » et « Blocs », accessibles en haut de l'écran, à droite de la barre Test.
3. Rechercher sur un site d'images libres de droits quelques photographies de votre choix et les importer dans votre projet. Pour ce faire, charger le fichier dans la fenêtre Média sous la fenêtre Composants.
4. En vous inspirant des boutons déjà existants, créer les boutons nécessaires pour vos images. Associer dans la fenêtre « Blocs » un comportement à ces boutons.
5. Tester votre travail sur votre appareil en passant par le menu « Construire » pour déposer votre application sur le store du MIT où elle restera disponible durant 2 heures.

Document b page 144

Conseils pour réussir son application

L'**ergonomie** est l'étude des conditions de travail et des relations entre l'être humain et la machine. Elle a pour but de faciliter la traduction entre ce que l'individu veut obtenir et ce que la machine va exécuter. Elle demande d'appliquer quelques principes :

- Simplicité de l'interface et distinction et de ses boutons cliquables.
- Organisation et hiérarchisation des éléments de la page et des pages.
- Respect des conventions du web pour que la navigation soit intuitive.
- Adaptabilité du contenu aux différentes surfaces d'utilisation (smartphone, tablette, PC...).
- Nécessité de donner confiance et répondre aux besoins de l'utilisateur.

Point info page 144

Au premier trimestre 2018, les plateformes Google Play et App Store proposent un peu plus de 6,2 millions d'applications disponibles. 27,5 milliards (19,2 milliards sur Google Play et 8,2 milliards pour l'App Store), c'est le nombre d'applications téléchargées sur cette période.

Point info page 145

On estime que les utilisateurs de smartphone passent plus de 3 heures par jour sur les applications et en utilisent près de 40 par mois.

Vocabulaire page 145

Application : programme qui fonctionne sur une tablette ou un smartphone.

Store : espace sur lequel des applications gratuites ou payantes peuvent être téléchargées.

Unité 4 – La barrière automatique

Vocabulaire page 146

Microcontrôleur : circuit qui regroupe les composants essentiels d'un ordinateur : entrées/sorties, processeur, mémoire.

Servomoteur : moteur pilotable par un microcontrôleur.

Potentiomètre : bouton rotatif dont on peut mesurer l'angle.

Point info page 147

Portillons dans les stades, aéroports et au-delà : les barrières automatiques peuvent aussi être des barrières virtuelles (émetteur et récepteur en face), comme un compteur de passage par exemple.

Unité 5 – Le vélo à assistance électrique

Document a page 148

Le VAE : un système informatique embarqué

Le VAE est un vélo classique auquel sont ajoutés :

- un moteur électrique qui peut être situé dans la roue avant ou arrière, dans le pédalier et quelquefois déporté par courroie. La loi limite sa puissance à 250 W et sa vitesse à 25 km/h ;
- une batterie qui, selon la technologie utilisée, apporte une autonomie plus ou moins importante ;
- un contrôleur électronique qui permet de réguler les différents composants ;
- un indicateur, qui permet à l'utilisateur de connaître l'état de la batterie, le kilométrage, etc. ;
- un détecteur de pédalage.

La législation du VAE stipule que le moteur n'est qu'une assistance au pédalage.

L'utilisateur doit donc toujours assurer la rotation du pédalier pour activer l'assistance électrique.

D'après *Avem.fr*

Point info page 148

En 1895, l'Américain Ogden Bolton Jr. posait un brevet pour un vélo dont une roue était équipée d'un moteur. De nombreux inventeurs ont tenté d'améliorer le concept sans réel succès, jusqu'en 1990 où la marque Giant s'y est intéressée. Poussés par les crises pétrolières successives et les enjeux écologiques, plusieurs fabricants suivent le mouvement. En 1995, les premiers VAE sont commercialisés en France,

mais il a fallu attendre 2003 pour voir la mise en vente du vélo à batterie électrique tel que nous le connaissons.

Document c page 149

L'assistance par rotation du pédalier

C'est le système le moins coûteux et le plus courant. Situé au niveau du pédalier, un capteur détecte la rotation de celui-ci et donc le pédalage, mais non la pression exercée sur la pédale. Le moteur libère la totalité de sa puissance instantanément. Une fois lancés, les vélos électriques dotés de ce type de capteur permettent ce qu'on appelle le « pédalage symbolique » : il suffit de faire tourner les pédales, sans aucun effort réel, et de laisser le moteur prendre complètement en charge l'avancement du vélo.

D'après Portailveloelectrique.fr

Document e page 149

Principe de l'assistance par capteur de pression

Le moteur démarre dès qu'il mesure la pression exercée sur la pédale. Plus l'utilisateur appuie sur les pédales, plus le moteur l'aide, même si sa cadence de pédalage est faible. Tant que l'on appuie sur la pédale, le moteur fonctionne.

Unité 6 – Le véhicule autonome

Document a page 150

Qu'est-ce qu'une voiture autonome ?

Le véhicule est équipé de capteurs qui servent à modéliser son environnement en trois dimensions et à identifier les éléments qui le composent (signalisation, bâtiments, véhicules, piétons...). L'ensemble des informations est traité par un programme qui analyse les données et décide des manœuvres à effectuer. Les actionneurs permettent ensuite de contrôler les fonctions de la voiture (direction, freinage, accélération, clignotants...) afin qu'elle puisse progresser sur la route tout en respectant les règles de circulation et éviter les obstacles.

Point info page 150

En 1983, le VAL (Véhicule Automatique Léger) de Lille est le premier métro automatique du monde à être mis en service. Dès 2016, les navettes autonomes apparaissent dans plusieurs villes de France.

Vocabulaire page 150

Centrale à inertie : capteur qui mesure les déplacements d'un objet mobile afin d'estimer son orientation et sa position.

Odomètre : appareil mesurant la vitesse et la distance parcourue par une voiture grâce au nombre de rotations d'une roue et en fonction de sa circonférence.

Intelligence artificielle : ensemble de programmes informatiques complexes capables de reproduire certains traits de l'intelligence humaine (raisonnement, apprentissage, créativité).

Redondance : plusieurs capteurs distincts fonctionnant sur des principes différents mesurent la même chose.

Point info page 150

Un véhicule d'essai actuel génère 5 à 10 To de données par jour ! C'est l'équivalent de la réalité virtuelle de son environnement, d'où un fort coût écologique dû au stockage et à l'échange de cette quantité d'informations.

Document d page 151

La prise de décision

Les informations brutes collectées par tous les capteurs sont acheminées vers le **microprocesseur**. C'est lui le pilote. Le **logiciel** analyse et recoupe les **données en temps réel**. Son analyse et repose sur une **intelligence artificielle**.

Ce logiciel a effectué au préalable une phase d'apprentissage pour pouvoir analyser correctement l'environnement extérieur et reconnaître par exemple un visage ou un panneau de signalisation. Il a mémorisé de nombreux scénarios, comme l'arrêt brutal d'une voiture, pour être capable d'adapter sa réponse en toutes circonstances.

Unité 7 – Programmer un robot autonome

Document a page 152

Le robot Thymio™

Thymio™ est un robot éducatif doté de nombreux capteurs et actionneurs. Ces éléments sont contrôlés par un microcontrôleur programmable à l'aide de différents langages, allant d'une interface graphique à un environnement textuel. On peut ainsi programmer ce robot pour qu'il agisse de façon autonome et qu'il suive une ligne, se déplace dans un labyrinthe, émette de la musique ou encore trace une ligne au sol.

Unité 8 – Enjeux éthiques et sociétaux des objets connectés

Document a page 154

Impacts des véhicules autonomes sur la société

L'arrivée des véhicules autonomes aura beaucoup d'impacts sur la société. C'est une vraie révolution qui s'annonce, accompagnée de nombreuses questions. Certes, des personnes âgées ou handicapées pourront regagner en autonomie, mais des métiers ne vont-ils pas disparaître ? D'autres se créer ? L'impact sur l'environnement sera-t-il positif ou négatif ?

La voiture autonome promet notamment d'améliorer la sécurité routière en réduisant le nombre d'accidents graves. Cependant, la place de l'intelligence artificielle au volant pose une question d'ordre éthique. Lors d'un accident, quelle décision prendrait le programme entre sauver un piéton qui traverse au rouge ou sauvegarder la sécurité des passagers ? Cela pose la question de la responsabilité des algorithmes et de leurs concepteurs aussi, car ce sont eux qui décident de la hiérarchisation des priorités au moment de la programmation.

Document b page 154

Quand nos smartphones sont espionnés

Vincent Roca (membre de l'équipe Privatics de l'Inria) nous parle des applications et du respect de la vie privée en compagnie de Joanna Jongwane. Quel modèle économique se cache derrière le service rendu par une application ? Comment les smartphones se comportent-ils avec nos données ? Comment protéger sa vie privée et ses données ?

Document c page 154

Une véritable aide pour les personnes en situation de handicap

Tout comme les téléphones mobiles et les SMS ont changé la vie des sourds et des malentendants, les enceintes intelligentes peuvent faciliter le quotidien des malvoyants et des aveugles, ou rassurer une personne âgée qui peut appeler à l'aide en cas de chute, par exemple. Des bracelets ou vêtements connectés peuvent également mesurer des paramètres vitaux en permanence et prévenir les secours en cas de malaise. Toutefois, la collecte de données personnelles ne se fait-elle pas au détriment de la liberté de la personne ?

Point info page 154

La Convention de Vienne stipule que le conducteur doit toujours rester maître de son véhicule mais autorise depuis 2016 les systèmes automatisés « à condition qu'ils puissent être contrôlés voire désactivés par le conducteur ».

Document d page 155

Des utilisations des drones

Aujourd'hui, les drones servent entre autres à la prise de vue aérienne ou à l'examen de zones inaccessibles. Ils sont employés dans un nombre croissant d'usages très spécialisés et parfois insolites. Un drone peut par exemple scanner un ouvrage d'art ou un bâtiment pour assurer le suivi de sa maintenance et ainsi prévenir sa détérioration.

En septembre 2018, lors d'un exercice de secours à Lescun (64), les pompiers ont testé l'utilisation d'un drone pour repérer les victimes, mais également transmettre aux équipes près d'elles une corde pour les redescendre.

Les drones peuvent aussi intervenir à la suite d'avalanches, pour guider les recherches des survivants sous la neige à l'aide d'une caméra thermique. Les drones de loisirs sont quant à eux assez décriés car ils peuvent être utilisés pour filmer n'importe où. La difficulté de neutraliser les drones occasionne parfois des conséquences lourdes comme à l'aéroport de Gatwick (Londres) en décembre 2018. Des drones volant aux alentours ont provoqué l'annulation et le détournement d'un millier de vols.

Le Mag' des SNT, pages 156-157

Grand angle

En 2018, au centre de recherche grenoblois Clinatec, un patient tétraplégique est parvenu à commander un **exosquelette** par sa pensée, grâce à des capteurs implantés à la surface de son cerveau. Depuis, le même miracle se reproduit régulièrement. « Nous n'imaginions pas que nous irions si vite », s'enthousiasme le Pr Alim-Louis Benabid, le neurochirurgien à l'origine du projet BCI (Brain Computer Interface). Grâce à un entraînement intensif, le jeune homme paralysé est arrivé à placer ses bras dans trois positions différentes et à faire pivoter ses poignets. Par la suite, il est arrivé à déclencher et arrêter le mouvement de la marche, celle-ci étant gérée par le système robotisé incorporé dans l'exosquelette. L'équilibre n'est pas encore parfait mais le jeune homme réussit déjà à synchroniser plusieurs mouvements. Avec encore un peu d'entraînement, il pourra accomplir ces gestes de manière automatique, tout comme chez une personne valide qui n'a pas besoin de « penser » à bouger le bras pour attraper un livre sur une étagère !

Vocabulaire page 156

Exosquelette : équipement motorisé et articulé, fixé sur le corps, qui permet d'aider les muscles, ou de s'y substituer.

Voir ! *Iron Man 3*

Iron Man 3 présente l'affrontement entre l'impétueux, mais brillant, Tony Stark et un ennemi qui n'a aucune limite. Le corps d'Iron Man est celui d'un homme lambda, rendu surpuissant par une armure de haute technologie. Conçue à l'aide des impressionnantes compétences scientifiques de Stark, elle lui confère une force et

une résistance surhumaine grâce à ses multiples armes, capteurs et systèmes électroniques. Confronté cette fois à une force destructrice qui le dépasse, Stark va devoir confier à son seul génie la mission de sauver la situation et de protéger son entourage. Dans cette quête de vengeance il sera amené à répondre à une question qui le hante : **est-ce l'homme qui fait l'armure ou l'armure qui fait l'homme ?**

Et demain ?

Commander une machine directement par le cerveau ne relève plus de la science-fiction ! Un peu partout dans le monde, les « **interfaces cerveau-machine** » suscitent l'enthousiasme et motivent les chercheurs. Un jour prochain, c'est sûr, la recherche redonnera de l'autonomie aux personnes portant de lourds handicaps. Aujourd'hui, on commence à travailler sur l'implantation de capteurs directement au contact de l'encéphale.

En attendant, les derniers résultats s'avèrent spectaculaires. En Californie, un quinquagénaire tétraplégique arrive à sélectionner des lettres au rythme de 38 caractères par minute. Dans l'Ohio, un étudiant parvient même à jouer de la guitare électrique très simplifiée, grâce à des électrodes posées simplement sur son bras. Pour les aveugles, des prototypes d'œil bionique voient le jour et permettent de distinguer à nouveau les formes. Dans un futur très proche, le casque immersif reliera l'utilisateur à l'ordinateur via une interface neuronale directe. Celle-ci détecte l'activité neuronale du cerveau (**les signaux EGG**), mais aussi les contractions des muscles du visage. Quand on pense par exemple à marcher en avant, le casque se calibre en détectant le type de signal produit par le cerveau. Il l'interprète et envoie l'instruction « marcher » dans une application, comme un jeu vidéo.

Métier : ergonome IHM

« [C'est un métier] un peu hybride entre la créativité, la technique, et la psychologie. L'ergonomie de l'OBJET, ça consiste à concevoir sa forme, sa texture, son poids, etc., pour que l'objet soit facile à utiliser. Mon cœur de métier, c'est de faire des maquettes pour des logiciels. Mais pour ça je rencontre des utilisateurs, je leur fais tester nos interfaces, on fait des ateliers avec eux pour comprendre leurs besoins, etc. Et puis il y a toutes les interactions avec les autres équipes, le développement, les testeurs, les graphistes... » Lors du développement, la conception de l'interaction représente plus de la moitié du coût et pendant la maintenance, deux tiers des demandes concernent des changements d'interface demandés par les utilisateurs.

D'après *Mademoizelle.com*

En bref

1. La vie éternelle ?

Les interfaces cerveau-machine pouvant être unidirectionnelles aussi bien que bidirectionnelles, permettent au cerveau d'envoyer des données à un ordinateur, qui peut potentiellement les stocker. L'épisode "San Junipero" de la série Black Mirror, décrit un monde utopique dans lequel les humains en fin de vie ont la capacité de télécharger leur conscience et de vivre dans une sorte de paradis virtuel pour l'éternité.

2. Le cerveau, objet de cyberattaques

Dans les cinq années à venir, des scientifiques pensent pouvoir enregistrer sous forme électronique les signaux cérébraux qui créent les souvenirs, puis les enrichir,

voire les réécrire avant de les réimplanter dans le cerveau. D'ici vingt ans, la technologie pourrait permettre une prise de contrôle poussée des souvenirs. Parmi les nouvelles menaces : la manipulation de populations par l'implantation ou l'effacement de souvenirs relatifs à des événements politiques, des conflits ou des vols. Des entreprises spécialisées en cybersécurité comme Kaspersky Lab entreprennent déjà des recherches et le développement de ces technologies.