

CRÉER LE FUTUR AVEC LES SYSTÈMES EMBARQUÉS

Alexandra-Paula MANEA

Departement Technologie Informationnelle, filière francophone, FI-231, Faculté d'Ordonneurs, Informatique et Microélectronique, Université Technique de Moldavie, Chisinau, Moldavie

Auteure correspondante: Manea Alexandra-Paula, alexandra-paula.manea@isa.utm.md

Îndrumătorul științific **Daniela ISTRATI**, lect.univ., daniela.istrati@ia.utm.md

Sommaire: *L'intelligence artificielle intervient dans les systèmes embarqués. Actuellement, le nombre de systèmes embarqués a largement dépassé celui des ordinateurs. Cette révolution constitue à la fois une opportunité et un défi. Sa mise en œuvre soulève de nombreuses interrogations. Pourtant, la plupart d'individus ne sont pas pleinement conscients de l'omniprésence de ces technologies et des implications qui en découlent. Les systèmes informatiques embarqués sont essentiels au fonctionnement des appareils et systèmes électroniques dans un grand nombre de secteurs. Par la suite, ils sont au cœur de nombreux produits, machines et opérations intelligentes, comme les applications d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle. Dans cet article de recherche, on analyse l'architecture, les avantages, les inconvénients et les défis des systèmes embarqués. De plus, dans cet article on examine les systèmes embarqués face à la révolution de l'intelligence artificielle. D'ailleurs, on analyse le champ varié d'application des systèmes embarqués, afin qu'on comprenne mieux leur impact sur divers secteurs.*

Mots Clés: *systèmes embarqués, intelligence artificielle, automatisation, sécurité, IoT, microcontrôleur, performance, fiabilité, optimisation des ressources, apprentissage automatique.*

Introduction :

Savez-vous quel est le point commun entre une imprimante, un satellite, une console de Jeu vidéo, un four à microonde, un smartphone et un ascenseur? Ils ont tous des systèmes embarqués, un des secteurs de technologies de l'information les plus porteurs.

Les systèmes embarqués occupent une position centrale dans de nombreux produits, dispositifs et applications intelligentes, y compris celles liées à l'apprentissage informatique et à l'intelligence artificielle. Leur utilité est étendue et essentielle dans divers domaines, contribuant de manière vitale au fonctionnement quotidien de véhicules, appareils ménagers, équipements médicaux et autres dispositifs interactifs omniprésents dans notre routine. Leur souplesse et leur capacité d'adaptation en font des éléments incontournables dans tous les aspects de notre vie moderne, étant désormais omniprésents dans chaque appareil intelligent. Il est difficile de trouver une seule portion de la vie moderne qui n'implique pas cette technologie. Par la suite, les systèmes intégrés sont un moteur majeur dans le développement du monde numérique, connecté et automatisé d'aujourd'hui.

Les systèmes embarqués sont partout, dans le domaine médical, dans les télécommunications, dans le transport, la consommation électronique, dans le militaire et l'aviation. Mais quelles sont les avantages et les inconvénients des systèmes embarqués? Est-ce que dans l'ère digitale il existe encore des défis liés de ce domaine?

L'architecture des systèmes embarqués :

Un système embarqué est un système informatique et électronique autonome ayant comme objectif l'exécution d'une tâche spécifique en temps réel. La première différence avec un ordinateur standard c'est le fait que l'ordinateur permet d'exécuter de nombreux types d'applications. Quand même, le système embarqué n'exécute qu'une seule fonction spécifique. Le

système embarqué est souvent invisible à l'utilisateur puisqu'il est intégré au sein d'une machine ou d'un appareil qui va lui-même remplir une fonction.

En outre, un système embarqué est initialement conçu pour exécuter un ensemble de fonctions spécifiques, allant de tâches simples telles que la surveillance de l'état d'un interrupteur électrique, à des missions plus complexes comme la gestion des mouvements d'un robot industriel de haute flexibilité [1].

En l'occurrence, les systèmes embarqués sont devenus une partie essentielle de nos vies, en fonctionnant avec une intervention humaine minimale. Leur taille compacte, leur conception simple et leur faible coût montrent que cette technologie est primordiale dans des secteurs comme l'aérospatiale, l'automobile, la santé et même les villes intelligentes. Il est nécessaire que les systèmes embarqués soient capables de s'intégrer dans des équipements et aient un prix convenable. D'ailleurs, ces systèmes sont souvent limités en termes de mémoire et de puissance de traitement disponibles. Le matériel et le logiciel sont donc développés pour répondre de manière précise aux exigences spécifiques [2].

En termes d'architecture, un système embarqué est constitué d'un microcontrôleur qui permet de résoudre un problème spécifique, souvent lié à des contraintes de temps et de taille. Le microcontrôleur est conçu afin qu'il réalise une opération spécifique, pour cela, il inclut un processeur. Le processeur fournit une puissance de calcul. En outre, le microcontrôleur a une mémoire, souvent assez limitée, contenant le programme et les données. Il a des capteurs jouant le rôle d'entrée pour recevoir une information concernant la température, les vibrations, l'humidité, la pression, de proximité ou de contact. Par la suite, les capteurs mesurent les grandeurs physiques caractéristiques de l'environnement afin de déterminer son état courant [3]. Ces données sont numériquement transformées afin d'être analysées par le système informatique, lequel générera un résultat en fonction des conditions environnementales. Ensuite, on va avoir des actionneurs jouant le rôle de sortie permettant aux systèmes embarqués de produire les actions prises au niveau du logiciel sur l'environnement extérieur. Alors, ce sont des laids, des écrans d'affichage, des haut-parleurs, des systèmes d'alarmes. Enfin, les systèmes embarqués ont des moyens de communications afin qu'ils communiquent via Internet avec l'extérieur. Ce phénomène s'appelle IoT (internet des objets) [4].

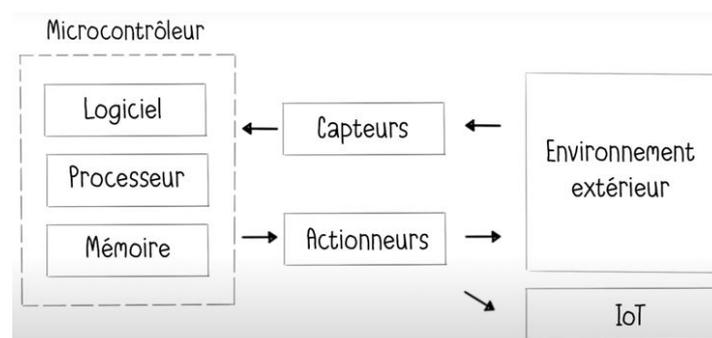


Figure 1. L'architecture des systèmes embarqués [4]

Les types de systèmes embarqués :

Il existe aujourd'hui une grande différence entre les différents systèmes embarqués en fonction de l'appareil dans lequel il est embarqué et de la complexité de la tâche du système embarqué. D'une cote, on a les systèmes embarqués de petite taille, avec du hardware et du software très simple, suffisant pour des taches basiques. On les retrouve par exemple dans la machine à café qui va transformer notre capsule en café. D'une autre coté, on a celui sophistiqués. Un exemple ou ils sont utilisés est l'avion, dont le système embarqué facilite le pilotage et améliore la sécurité.

Les systèmes embarqués les plus utilisés peuvent être classés en quatre catégories en tenant compte de leurs performances et de leurs exigences fonctionnelles. Tout d'abord, il y a les systèmes

"en temps réel", qui sont configurés et intégrés pour accomplir des tâches spécifiques dans des délais prédéfinis. Des exemples pour ce type sont le système de sonorisation d'un ordinateur et le système de contrôle d'un avion. Ensuite, on a le «**stand-alone**» - des systèmes autonomes capables d'accomplir des tâches sans nécessiter de système hôte tel qu'un processeur ou un ordinateur.

Ce sont les Four à micro-ondes, machines à laver, les consoles de jeux vidéo. Outre cela, on a le système «**en réseau**» qu'il soit câblé ou sans fil, pour réaliser les tâches qui lui sont attribuées et transmettre les résultats aux appareils connectés. Ce sont les Distributeurs automatiques de billets, les systèmes de sécurité domestique et les machines à glisser les cartes. Dernièrement, on a le système «**Mobile**» - qui est de taille réduite et qui est facile à utiliser. Des systèmes de contrôle embarqués mobiles sont les appareils photos numériques, les téléphones portables, les montres intelligentes, le traqueur de fitness [5].

D'ailleurs, voilà un exemple d'un contrôleur d'ascenseur simple. Le «**résolveur de requête**» résout les différentes demandes d'étage en un seul étage demandé. «**L'unité de contrôle**», déplace l'ascenseur à l'étage demandé. Une description partielle en français sera : «**Déplacez l'ascenseur vers le haut ou vers le bas pour atteindre l'étage demandé. Une fois arrivé à l'étage demandé, ouvrez la porte pendant au moins 10 secondes et laissez-la ouverte jusqu'à ce que l'étage demandé change. Veillez à ce que la porte ne soit jamais ouverte pendant le déplacement. Ne changez pas de direction à moins qu'il n'y ait pas de demandes plus élevées lorsque vous montez ou de demandes plus basses lorsque vous descendez...** » [6].

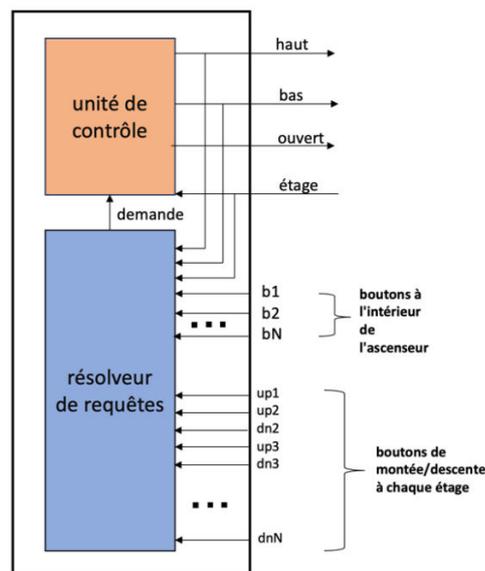


Figure 2. Un contrôleur d'ascenseur simple [6]

Les avantages des systèmes embarqués:

Les technologies embarquées se retrouvent au cœur d'une vaste gamme d'équipements et améliorent les performances à faible coût. Actuellement, les systèmes embarqués assistent et contrôlent des domaines importants de notre vie. Ils permettent aux entreprises d'être plus performantes et rendent la vie des citoyens plus pratique et plus satisfaisante. Certains systèmes, notamment pour le contrôle des automobiles et des avions, les systèmes médicaux et l'alimentation en énergie nucléaire, sont déjà essentiels à la vie humaine. Leur évolution sera si radicale que les générations futures connaîtront une omniprésence de "l'intelligence embarquée" qu'il est difficile d'imaginer aujourd'hui. On trouvera littéralement des systèmes intelligents intégrés, la vie et le bien-être des citoyens dépendront de ces systèmes dans une mesure inconcevable [7].

En l'occurrence, sûrement, les systèmes embarqués facilitent énormément la vie des personnes. Par la suite, ils sont utilisés pour automatiser diverses fonctions dans la maison, telles que l'éclairage, le contrôle de la température et la sécurité. D'ailleurs on les utilise pour automatiser les processus industriels, tels que les chaînes de montage, les systèmes de contrôle et les systèmes

de surveillance. En outre, ils sont utilisés dans les applications de santé, telles que les dispositifs médicaux, la surveillance à distance des patients et les systèmes d'administration de médicaments.

De plus, on les utilise dans les applications de transport, telles que les systèmes de navigation, les systèmes de contrôle des véhicules et les systèmes de surveillance des conducteurs, en nous facilitant exceptionnellement la conduite. Les systèmes embarqués représentent des majeurs avantages dans l'agriculture, on les applique dans les applications agricoles, telles que les capteurs d'humidité du sol, les systèmes d'irrigation automatisés et les systèmes d'agriculture de précision [7].

Concernant les avantages sur le fonctionnement de ces systèmes, on pourrait dire que, tout d'abord, les systèmes embarqués sont souvent très efficaces en termes de matériel et de logiciel. Ils sont adaptés aux exigences spécifiques de l'application et n'utilisent que les ressources nécessaires. Ensuite, ils sont généralement conçus pour être compacts et pour avoir un petit facteur de forme. C'est un avantage dans les applications où l'espace est limité. De nombreux systèmes embarqués sont également conçus pour fonctionner avec une consommation d'énergie minimale, ce qui les rend adaptés aux appareils alimentés par batterie et à faible consommation d'énergie. En plus, de nombreux systèmes embarqués sont conçus pour fonctionner en temps réel, en réagissant aux entrées et en produisant des sorties dans des délais précis. Ils présentent des niveaux élevés de fiabilité, une fois déployés, les systèmes embarqués ont souvent un cycle de vie plus long que les dispositifs informatiques à usage général [7].

Les défis, les systèmes embarqués face à la révolution de l'intelligence artificielle :

Ce qui est primordial de souligner c'est que le nombre d'appareils connectés dans le monde augmente exponentiellement chaque année, selon la statistique. Les développeurs de solutions embarquées sont confrontés à de nombreux problèmes spécifiques.

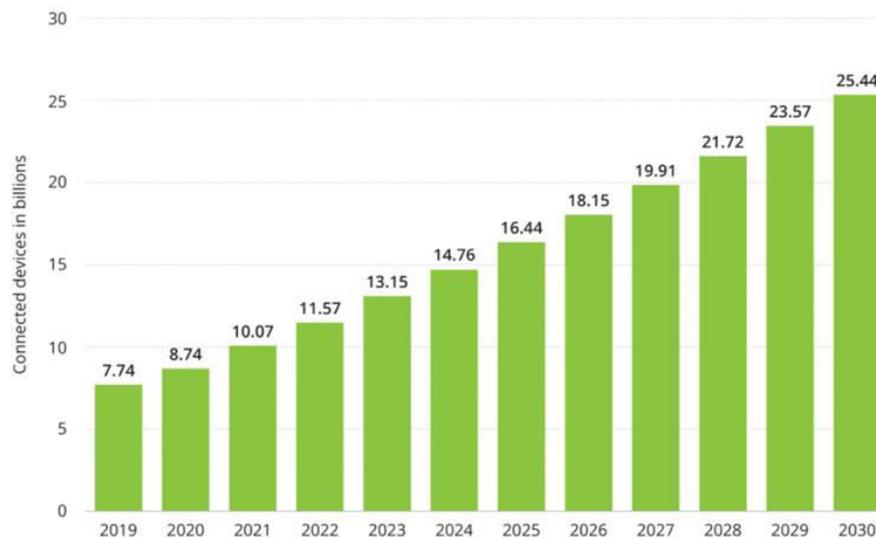


Figure 3. Le nombre d'appareils connectés dans le monde [8]

Premièrement, les systèmes embarqués peuvent être complexes et difficiles à développer et à entretenir. Deuxièmement, étant de plus en plus connectés, la demande en matière de sécurité augmente. Les systèmes embarqués sont souvent vulnérables aux cyberattaques, car ils disposent souvent de ressources limitées et ne sont pas conçus en tenant compte de la sécurité. En outre, ces systèmes peuvent être coûteux à développer et à fabriquer. D'ailleurs, les systèmes embarqués ont souvent des ressources limitées en énergie, ce qui peut limiter leur fonctionnalité. Il n'existe pas de normes uniques pour les systèmes embarqués, ce qui peut compliquer également le développement et la maintenance de systèmes complexes qui fonctionnent ensemble [9].

Conclusions

Pour clôturer, on pourrait affirmer que les systèmes embarqués sont des composants essentiels de la technologie moderne, et leur importance ne fera que croître à l'avenir. La conception et le développement de ces systèmes nécessitent une approche multidisciplinaire qui combine la conception de matériel et de logiciel. Il est nécessaire qu'on tire parti d'une évolution majeure dans les systèmes intelligents, un monde où tous les systèmes, toutes les machines et tous les objets sont intelligents, ou ils ont une présence dans le cyberspace, exploitent les informations et les services qui les entourent, communiquent entre eux, avec l'environnement et avec les personnes, et gèrent leurs ressources de manière autonome. Elles changeront notre façon de vivre en tant que citoyens et la manière dont nous faisons des affaires dans la nouvelle économie numérique. C'est une tendance qui s'accélère et son impact sur notre société deviendra plus profond que jamais.

Les systèmes intelligents embarqués seront littéralement partout dans l'avenir, la vie et le bien-être des citoyens dépendront de ces systèmes dans une mesure inconcevable.

Bibliographie:

- [1] Apneseth, C., *Technologie des systèmes embarqués*, ABB Nr. 2, 2006, Zurich, Suisse, pp 15-15, [accès le 07.03.2024].
- [2] Auteur: Bob Blumenscheid, directeur principal du marketing produit, Digi International, [accès le 07.03.2024] valable sur: <https://fr.digi.com/blog/post/examples-of-embedded-systems>.
- [3] Dimitry Solet, *Systèmes embarqués temps réel fiables et adaptables* (Thèse présentée et soutenue à Nantes).
- [4] Cookie connecté, *Systèmes embarqués : comprendre l'essentiel en 5 minutes*, lien: [accès le 07.03.2024] valable sur: <https://www.youtube.com/watch?v=kXCqqkkduo0&t=210s> .
- [5] Main Types of Embedded Systems Worth Knowing, [accès le 07.03.2024] valable sur: <https://www.velvetech.com/blog/types-of-embedded-systems/>.
- [6] Vahid, F. et Givargis, T., *Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Approach*, pp 90 (Chapter 8: Computation models).
- [7] Marwedel, P., *Embedded System Design Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things*.
- [8] Auteur: Lionel Sujay Vailshery, [accès le 07.03.2024] valable sur: <https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/>.
- [9] Glinos, K. *Le défi des systèmes embarqués*, ABB Nr. 2, 2006, Zurich, Suisse, pp 6-8 [accès le 07.03.2024].