

INFORMATIQUE EMBARQUEE



1

L'INFORMATIQUE EMBARQUÉE

Aujourd'hui, l'informatique embarquée est présente partout : appareils électroménagers, smartphones, caisses enregistreuses automatisées des commerces ou encore véhicules de transport (voitures, trottinettes, satellites, avions, etc.).

1

Les systèmes embarqués

Un système embarqué est un **système électronique et informatique autonome**, intégré dans un équipement matériel et dédié à une tâche précise. Il s'agit le plus souvent d'une partie d'un système plus global, dont il permet d'améliorer le fonctionnement. On en trouve dans des objets très variés : avions, trains, voitures, routeurs, box Internet, téléphones, appareils électroménagers, Hi-Fi, télévisions, robotique industrielle, imprimantes et photocopieurs, terminaux de paiement, caméras, consoles de jeux, etc.



▲ Le système embarqué dans la ligne 14 du métro parisien (Météor) permet un fonctionnement sans conducteur.

2

Le secret de la puissance

Dans les premiers avions, **le pilote devait utiliser sa force physique** sur le manche et les pédales (le palonnier) pour orienter les gouvernes de direction et de profondeur guidant le vol. Rapidement, les avions sont devenus trop lourds pour être actionnés par des tringles et des câbles. Des systèmes hydrauliques sont alors apparus pour démultiplier la force du pilote, remplacés ensuite par des moteurs électriques. L'apparition de calculateurs numériques a tout bouleversé. Auparavant, le pilote devait déterminer le mouvement des gouvernes et en contrôler les effets grâce à ses instruments de

bord. Désormais, non seulement la commande ne nécessite plus d'effort physique, mais surtout le calculateur prend en charge les mouvements de gouverne nécessaires en fonction de l'altitude, de la vitesse, etc., et peut même interdire certains mouvements à risque. Le secret de la puissance repose donc sur la capacité de traitement du calculateur. Les **microprocesseurs** jouent souvent ce rôle dans les objets par la miniaturisation de ce qui fait le cœur d'un système informatique, la capacité d'interpréter des instructions et de traiter les données d'un programme.



VOCABULAIRE

Microprocesseur

Processeur (partie d'un ordinateur qui exécute les instructions et traite les données des programmes) dont tous les composants ont été suffisamment miniaturisés pour être regroupés dans un unique boîtier.

▲ L'Airbus A320, construit en 1984, est le premier avion équipé de commandes électriques informatisées.

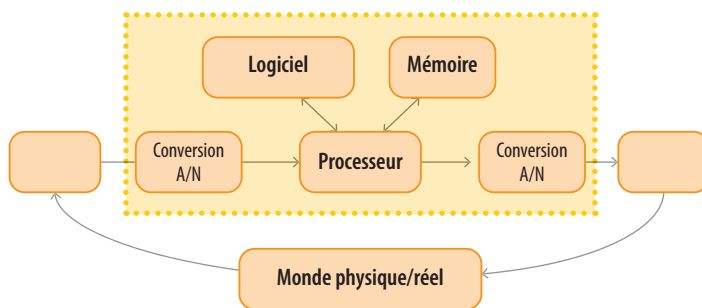
3

Un système en boucle

Un système embarqué peut être décrit comme **une chaîne d'opérations en boucle** entre le monde réel, les **interfaces homme-machine** (IHM) ou les capteurs, le traitement et les actionneurs, qui a simplifié et décuplé la possibilité de commander des machines.

Le fonctionnement est le suivant :

- **les capteurs permettent de recueillir des informations** du « monde physique » et de les transmettre à un système décisionnel ;
- **les actionneurs permettent** au système décisionnel **d'agir sur le monde physique** en modifiant son état.



▲ Fonctionnement d'un système embarqué.

VOCABULAIRE

Interface homme-machine

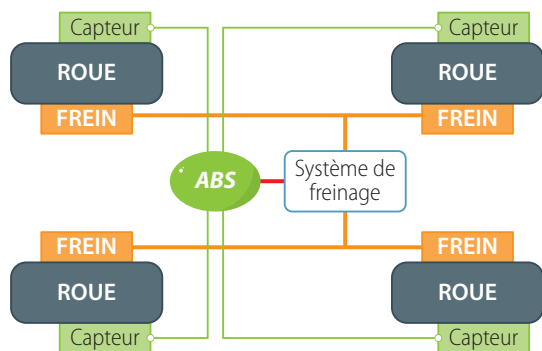
Ensemble des dispositifs matériels et logiciels permettant à un utilisateur (Homme) d'interagir avec un système interactif (machine).

4

Le système antiblocage ABS

Muni du système antiblocage ABS (de l'allemand *Antiblockiersystem*), un véhicule est équipé de capteurs (un sur chaque roue) qui relèvent en **temps réel** la vitesse de rotation des roues. Lorsque ces capteurs détectent que la vitesse de rotation d'une roue est nulle, ils transmettent l'information au

calculateur, qui va alors commander de relâcher la pression des freins afin que la roue en question puisse tourner. Le système va effectuer cette tâche jusqu'à vingt-quatre fois par seconde en bloquant et débloquant les freins. Ce sont ces réajustements répétés que le conducteur ressent sous sa pédale de freinage.



◀ Principe de fonctionnement du système ABS.

VOCABULAIRE

Temps réel

On parle de système temps réel lorsque ce système est capable de contrôler (ou piloter) un procédé physique à une vitesse adaptée à l'évolution du procédé contrôlé.

2

LES OBJETS CONNECTÉS

De plus en plus, les objets contenant un système informatique embarqué peuvent communiquer entre eux via les réseaux. C'est ce que l'on appelle l'Internet des objets. Cette révolution technologique a un fort impact économique : le marché des objets connectés ne cesse de croître dans le monde.

1

L'histoire d'une rencontre

L'émergence de l'**Internet des objets** a pu se faire grâce à la rencontre entre le monde du Web et celui des systèmes embarqués. L'Internet des objets amplifie de façon considérable le développement des technologies embarquées. Les objets sont désormais connectés : ils possèdent la capacité d'échanger des données avec d'autres entités physiques ou numériques et accèdent aux données du Web.

L'Internet des objets est un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant.

P.-J. Benghozi, S. Bureau, F. Massit-Folléa, L'Internet des objets, éditions MSH, 2009.

VOCABULAIRE

Internet des objets

Interconnexion entre Internet et des objets, des lieux ou des environnements physiques.

En anglais, on parle d'*Internet Of Things* (IoT).



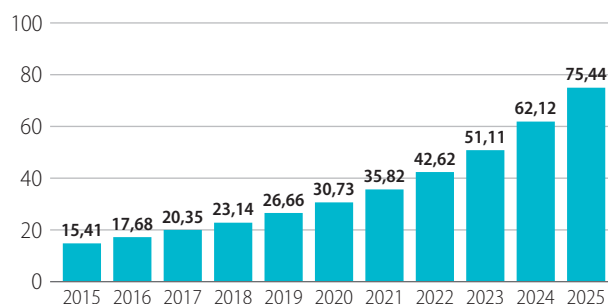
▲ Les objets dotés d'une connexion forment l'Internet des objets.

2

Le nombre d'objets connectés

En 2019, les appareils connectés seraient au nombre de 26,66 milliards dans le monde. En 2019, en France, une personne posséderait en moyenne trois objets connectés. Le marché des objets connectés regroupe les appareils pour la maison, complété par les assistants personnels ou enceintes vocales, les objets portables comme les montres connectées et le bracelet d'activité (également appelé *wearable*), ainsi que les objets connectés pour le bien-être et la santé.

Nombre d'appareils connectés dans le monde de 2015 à 2025* (en milliards)



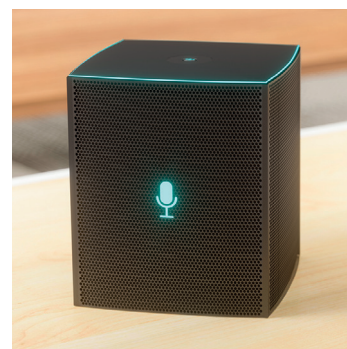
* À partir de 2018, les données sont des prévisions.

© Statista 2019.

3

Les enceintes connectées

Les enceintes connectées ont du succès en France. Avec 1,7 million d'enceintes, la France a un taux d'équipement supérieur à celui des États-Unis rapporté à la population. Les acheteurs sont principalement des hommes âgés de moins de 40 ans, appartenant aux catégories socio-professionnelles supérieures. L'usage qu'ils en font est, dans l'ordre décroissant : écouter de la musique en streaming, consulter la météo, écouter la radio en direct. Ainsi, ces enceintes sont utilisées presque comme des enceintes classiques mais que l'on pourrait commander par la voix. Ces usages ne correspondent pas à ce qu'avaient prévu les constructeurs, qui imaginaient des consommateurs passant directement leurs commandes Internet vocalement. En revanche, les utilisateurs ne semblent pas gênés par le fait d'être enregistrés par leur enceinte.



▲ Une enceinte connectée.

4

La maison connectée

La maison connectée est la version moderne de la **domotique**.



VOCABULAIRE

Domotique

Ensemble des techniques visant à intégrer à l'habitat tous les automatismes en matière de sécurité, de gestion de l'énergie, de communication, etc.

ZOOM SUR...

Les protocoles domotiques

La domotique utilise des protocoles d'émission des signaux afin que les appareils puissent communiquer entre eux sans fil. En France, quelques fréquences seulement sont autorisées, comme 433 MHz, 868 MHz ou encore 2,4 GHz. Utiliser deux protocoles différents, c'est comme parler deux langues différentes. Les systèmes utilisant des protocoles différents pourront s'entendre mais pas se comprendre. L'information est « audible » mais malheureusement « incompréhensible ».

3

LA VOITURE CONNECTÉE ET AUTONOME

L'IoT est en train de bouleverser le monde de l'automobile, obligeant les constructeurs à conclure de nouvelles alliances avec les entreprises qui collectent les données et développent des applications connectées. Ces nouveaux usages soulèvent des questions éthiques et de sécurité.

1

L'autonomie d'une voiture

Avant d'arriver à ce que l'on appelle la voiture autonome, il existe des niveaux d'autonomie à franchir.

Niveau 0 Conduite manuelle. Toutes les tâches sont réalisées par l'homme.

Niveau 1 Conduite assistée : cogestion du contrôle de la voiture par l'usager et la machine.

Niveau 2 Conduite partiellement automatisée : la trajectoire de la voiture (mouvements longitudinaux et latéraux) est assurée par la machine.

Niveau 3 Conduite conditionnellement automatisée : la trajectoire est gérée automatiquement, la voiture est capable de surveiller son environnement de conduite et possède la capacité d'alerter le conducteur si une situation nécessitant sa reprise en main impérative et immédiate survient.

Niveau 4 Conduite hautement automatisée : la trajectoire est gérée automatiquement et la voiture surveille son environnement pour garantir la sécurité même en cas de défaillance ou d'événement imprévu.

Niveau 5 Conduite totalement automatisée : la voiture est totalement automatisée sur tout type de route.

D'après cea.fr, « L'essentiel sur... la voiture autonome », novembre 2017.

VOCABULAIRE

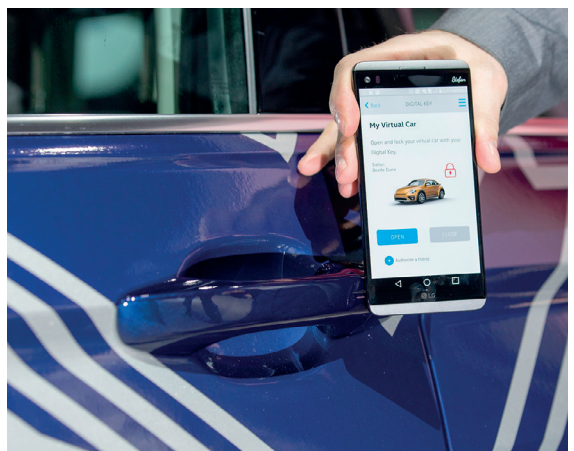
Voiture autonome

Au sens strict, « voiture autonome » signifie sans intervention du conducteur. Pour cela, elle doit être connectée : elle doit pouvoir communiquer avec son environnement, devenir un terminal connecté (au même titre que le smartphone ou la tablette numérique).

2

La clé virtuelle et connectée

Les constructeurs automobiles investissent aujourd'hui beaucoup d'énergie dans la mise au point d'une clé connectée. Ils imaginent une clé de voiture virtuelle et numérique qu'il serait possible d'envoyer à quelqu'un depuis un smartphone. Elle serait capable d'ouvrir la voiture et de fonctionner pendant une durée limitée, d'indiquer le niveau d'essence et la nécessité de faire le plein. Couplée avec un système de reconnaissance faciale, elle pourrait détecter les signes de fatigue. Elle permettrait une transmission sécurisée des données comme dans le paiement en ligne.



Principe de fonctionnement de la clé connectée. ►

3

Les IHM des voitures

Les **interfaces homme-machine** des voitures, qui composent leur nouveau tableau de bord, sont devenues aujourd'hui très sophistiquées. Les constructeurs investissent beaucoup dans le IHM, notamment pour :

- **la délégation des fonctions au pilotage automatique**, en confiant au calculateur l'analyse des conditions de circulation pour déterminer le moment opportun, celui d'un trafic régulier et fluide. La facilité de reprise est essentielle car le pilote automatique doit avertir lorsqu'il se sent dépassé par la situation ;
- **les nouvelles activités à bord** : regarder un film, lire ses courriels ou consulter Internet supposent de nouvelles interfaces et, pour l'instant, **la possibilité de reprendre le contrôle** du véhicule à tout moment, gardant les mains sur le volant ;
- **les dispositifs d'interaction**, aujourd'hui limités à de simples boutons et manettes, assez rudimentaires par rapport à la démultiplication annoncée des fonctions.



▲ **Vision futuriste du tableau de bord d'une voiture autonome.**

Écrans tactiles, reconnaissance vocale, commandes par le geste sont à l'étude mais doivent atteindre une fiabilité absolue pour être mis en œuvre.

4

Une autre vision



L'entreprise britannique ScanLAB Projects a réalisé pour le *New York Times Magazine* une vidéo présentant ce que « voit » une voiture autonome. Elle a compilé pour cela les données recueillies par un Lidar (appareil de mesure à distance par laser) monté sur une Honda CR-V lors d'un parcours au cœur de Londres. La voiture était conduite par un humain, mais le Lidar est l'un des capteurs clés des voitures autonomes, ce qui permet de reproduire l'environnement tel qu'il est perçu par ces véhicules.

◀ **Une image de la vidéo *The Dream Life of Driverless Cars*, de ScanLAB Projects.**

4

SUCCÈS ET ÉCHECS DES OBJETS CONNECTÉS

Les chiffres donnent l'impression d'une croissance irrépessible des objets connectés dans le monde, dont le nombre devrait atteindre 30 milliards en 2020. Pourtant, des échecs retentissants ont eu lieu pour des objets annoncés comme des succès.

1

Des robots militaires aux aspirateurs

L'entreprise américaine iRobot est aujourd'hui principalement connue pour son aspirateur Roomba, mais a débuté son activité par la fabrication de robots militaires.

1990 Colin Angle, Helen Greiner et Rodney Brooks, experts en robotique du Massachusetts Institute of Technology (MIT), cofondent la société iRobot.

1991 Développement du robot Genghis™, conçu pour l'exploration spatiale.

1996 Développement d'Ariel™, robot démineur pour les zones sensibles.

1998 iRobot obtient un contrat du gouvernement américain pour concevoir un robot tactique mobile, qui donnera le PackBot®.

2001 Packbot explore le World Trade Center après les attentats du 11 septembre 2001.

2002 PackBot® est déployé auprès des forces armées des États-Unis.

2012 Plus de 5 000 robots destinés à la défense et à la sécurité sont livrés dans le monde entier.

2017 Plus de 20 millions de robots domestiques sont vendus dans le monde entier.

D'après l'historique, irobot.fr.



▲ Roomba® est le premier aspirateur lancé par iRobot, en 2002. Il deviendra connecté en 2015.

2

Les Google Glass

Issues d'un projet Google X Lab et lancées en phase de test en 2012, les Google Glass ont été les premières lunettes de réalité augmentée. [...] Affrontant de nombreuses critiques, le projet est un échec et mis au point mort dès l'automne 2014 avant d'être suspendu début 2015. Google a cependant réorienté son projet et a lancé, cette année, un autre modèle destiné aux professionnels qui rencontre, lui, un véritable succès. [...] Les Google Glass EE ont rapidement prouvé tout leur potentiel en augmentant de près de 20 % la productivité chez certains industriels, en proposant un meilleur suivi du travail, en limitant les erreurs, en offrant une assistance en temps réel, etc. Les Google Glass EE sont aussi de plus en plus utilisées par les professionnels de la médecine. Cette nouvelle orientation a offert une seconde vie aux Google Glass et le succès commercial qu'elles attendaient.

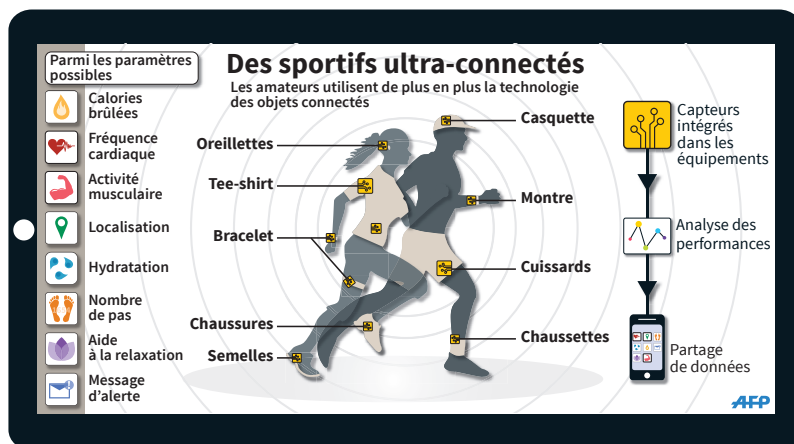
« Google Glass : de l'échec au succès – analyse de la transformation », par Pierrick LABBE, 11 septembre 2017, realite-virtuelle.com.



▲ Les Google Glass, version 2013.

3

Les objets connectés et le sport



4

L'échec des objets connectés

Les objets connectés devaient être le Graal de la high-tech française. Il y a deux ans, les start-up tricolores pavoisaient dans les allées du Salon de Las Vegas. Enfin un secteur où la french touch s'imposait ! C'est certain, l'Internet des objets serait la troisième révolution numérique, après Internet et le mobile. Les instituts multiplient alors les études prometteuses : l'institut GfK prévoit 30 objets connectés par foyer en 2020, le cabinet Gartner annonce 30 milliards d'objets connectés dans le monde, tandis que son rival IDC prédit un volume d'affaires de 1.700 milliards de dollars...

Au grand désespoir des fabricants, cette nouvelle catégorie de produits n'a toujours pas trouvé son public. La montre connectée, mêlant horlogerie chic et technologie de pointe, a symbolisé cette industrie naissante. Les résultats sont loin d'être au rendez-vous. Même Apple n'a pas réussi à rendre désirable son nouveau



▲ **Les bracelets connectés n'ont pas rencontré le succès escompté.**

produit-phare, l'Apple Watch. Motorola a jeté l'éponge sur ce même segment, et Pebble, précurseur en 2012, vient d'être avalé par Fitbit, le géant américain des objets connectés. Quant à Jawbone, pionnier dans les trackers d'activité, il a frôlé le crash financier. En France, les distributeurs, tels la Fnac et Darty, ont réduit la voilure sur leurs espaces dédiés. Préférant redéployer les objets connectés par rayons - comme les jouets connectés au rayon enfants.

Challenges.fr, « La vérité sur... l'échec des objets connectés », fév. 2017.

**CONTRO
VERSE**

LA FIN DE LA VIE PRIVÉE ?

Le respect de la vie privée est au fondement du respect des libertés dans les démocraties. L'Internet des objets bouleverse le débat sur la question du fait de l'explosion du nombre de capteurs et de notre propre consentement à une vie privée connectée et exposée.

1

La naissance de la vie privée

L'Internet des objets connectera tout et tous dans un réseau mondial intégré. Pour alimenter en big data son système nerveux planétaire, on fixe déjà des milliards de capteurs sur les ressources naturelles, les chaînes de production, le réseau électrique, les réseaux logistiques, les flux de recyclage, et on en implante dans les logements, les bureaux, les magasins, les véhicules et même les êtres humains. [...] Connecter tout et tout le monde à un système nerveux planétaire, c'est faire passer l'humanité de l'ère de la **vie privée** – l'une des caractéristiques essentielles de la modernité – à l'ère de la transparence. Si la vie privée est depuis longtemps tenue pour un droit fondamental, elle n'a jamais été un droit naturel. De fait, pendant toute l'histoire de l'humanité jusqu'à l'époque moderne, on a vécu plus ou moins en public [...]. Dans la quasi-totalité des sociétés que nous connaissons avant l'époque moderne, les gens se baignaient ensemble, urinaient et déféquaient fréquemment en public, mangeaient à une table commune, avaient souvent des rapports sexuels en public et dormaient en groupe, serrés les uns contre les autres. Ce n'est qu'au début de l'ère capitaliste que les gens ont commencé à se retirer derrière des portes closes.

J. Rifkin, *La Nouvelle Société du coût marginal zéro*, éd. Les liens qui libèrent, 2014.

VOCABULAIRE

Vie privée

L'article 9 du code civil stipule que « chacun a droit au respect de sa vie privée ». Toutefois, le juge n'a pas donné une définition légale de celle-ci. Il identifie seulement des domaines concernés (vie familiale, vie sentimentale, vie sexuelle, etc.) tout en reconnaissant des exceptions possibles à l'État (enquêtes, perquisitions, etc.) et avec notre consentement.

2

Le nœud du problème

D'après les révélations récentes du journaliste Glenn Greenwald, le nombre d'Américains surveillés par le gouvernement atteint le chiffre colossal de 1,2 million de personnes. Quand l'Internet des objets sera devenu réalité, ce nombre pourra facilement s'étendre à l'ensemble de la population. Car un système qui peut vous rappeler d'acheter le dessert en route sait aussi qui vous êtes, où vous êtes, ce que vous venez de faire et avec qui. L'Internet des objets crée les conditions idéales pour renforcer la surveillance de l'État.

C'est là le nœud du problème : le système convertit en données notre corps, notre identité et notre environnement. [...] « Plus vous en dites au monde sur vous-même, et plus le monde peut vous fournir ce dont vous avez envie », écrit Sam Lessin, le directeur du *Identity Product Group* de Facebook. Une conviction partagée par Scoble* et Israel* : « Cela peut vous donner l'impression angoissante que Big Data vous regarde. Mais dans la très grande majorité des cas, nous pensons que le jeu en vaut la chandelle ».

« Faut-il avoir peur des objets connectés ? », par Sue M. Halpern, publié dans le magazine Books, mai 2015.

* Journalistes spécialisés dans les nouvelles technologies.

ZOOM SUR...

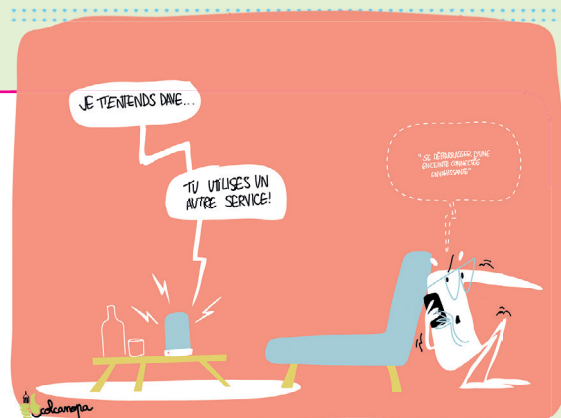
Big Data et Big Brother

Big Brother est un personnage de fiction du roman *1984* de George Orwell, devenu le symbole d'un État qui surveillerait ses citoyens à chaque instant en les observant. De nombreux auteurs ont rapproché la naissance des Big Data et l'apparition de *Big Brother*.

3

Les arguments de la défense

Le 24 mai 2017, une habitante de Portland, aux États-Unis, rapporte que son enceinte connectée Echo (Amazon) a enregistré sa conversation privée avec son mari, puis l'a envoyée à un contact de son carnet d'adresses à son insu. C'est le destinataire de ce mail involontaire qui l'a prévenue. Le groupe américain Amazon explique qu'il s'agit d'une situation rarissime. Selon lui, des mots prononcés ont été interprétés par l'enceinte comme des commandes qu'elle aurait strictement respectées : Echo se serait réveillée après avoir entendu un mot de la conversation qui sonnait comme « *Alexa* ». Elle aurait interprété la suite de la conversation comme la demande « *Envoie un message* ». À ce moment, *Alexa* a répondu à voix haute « *À qui ?* ». L'enceinte a



ensuite interprété la conversation comme le nom d'un contact. *Alexa* a alors prononcé à voix haute le nom du contact, puis une demande de confirmation « *C'est bien ça ?* ». Après quoi, *Alexa* a interprété la suite de la conversation comme « *C'est bien ça* ». Cette justification n'a pas convaincu la plaignante.

4

Les couches connectées

Les parents inquiets vont pouvoir se rassurer en achetant des couches connectées pour leur bébé ! Le dispositif *Tweet Pee* fonctionne grâce à un capteur d'humidité. Placé sur la couche du bébé, il envoie une alerte au smartphone des parents via Bluetooth lorsque la couche est mouillée. Ce projet n'est pour l'instant qu'à l'étude mais il pourrait devenir très rapidement une réalité.

