

1. Transport de l'information

Les supports de transmission

Pour communiquer, les appareils ont besoin d'être interconnectés physiquement. Pour cela, il existe plusieurs possibilités :

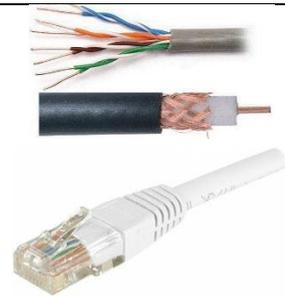
Transmission filaire par câble électrique

En fonction de la distance à parcourir et de la protection contre les interférences souhaitée, on utilise différents types de câbles.

Exemples : câble coaxial, paire torsadée, câble RJ45, ...

Avantages : cette technologie est facile à mettre en œuvre et peu coûteuse.

Inconvénients : ce type de transmission est sensible aux perturbations électromagnétiques. De plus, il y a une atténuation du signal tout au long de la ligne.

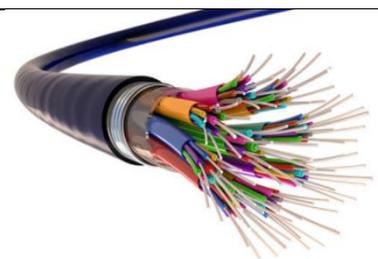


Fibre optique

Le message à transmettre est converti sous forme d'impulsions lumineuses.

Avantages : ce type de transmission permet un débit d'information très élevé et permet à l'information de parcourir de très grandes distances avec une faible atténuation.

Inconvénients : les brins de fibre optique sont fragiles, ce qui nécessite certaines précautions au moment de l'installation de la fibre.

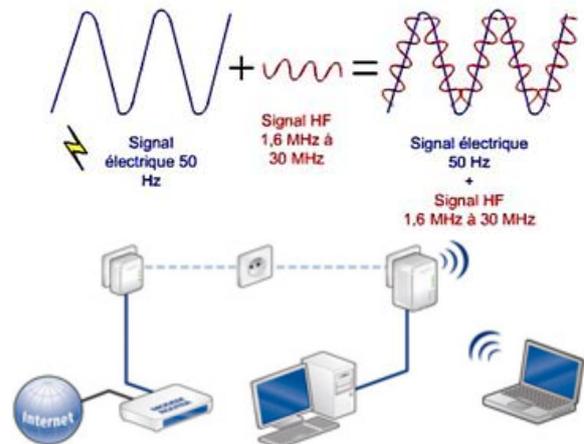


Courants porteurs en ligne (CPL)

Cette technologie permet de construire un réseau informatique sur un réseau électrique. Le principe des CPL consiste à superposer au courant électrique alternatif (50Hz) un signal à plus haute fréquence et de faible énergie. Ce deuxième signal se propage sur l'installation électrique et peut-être reçu et décodé à distance.

Avantages : ce type de transmission est peu coûteux car il utilise le réseau électrique existant. Il est très facile à mettre en œuvre ce qui en fait une solution idéale pour la domotique.

Inconvénients : la transmission est limitée au réseau électrique d'une habitation ou d'un bâtiment. Plus il y a de matériels connectés par le CPL, moins le débit est important.

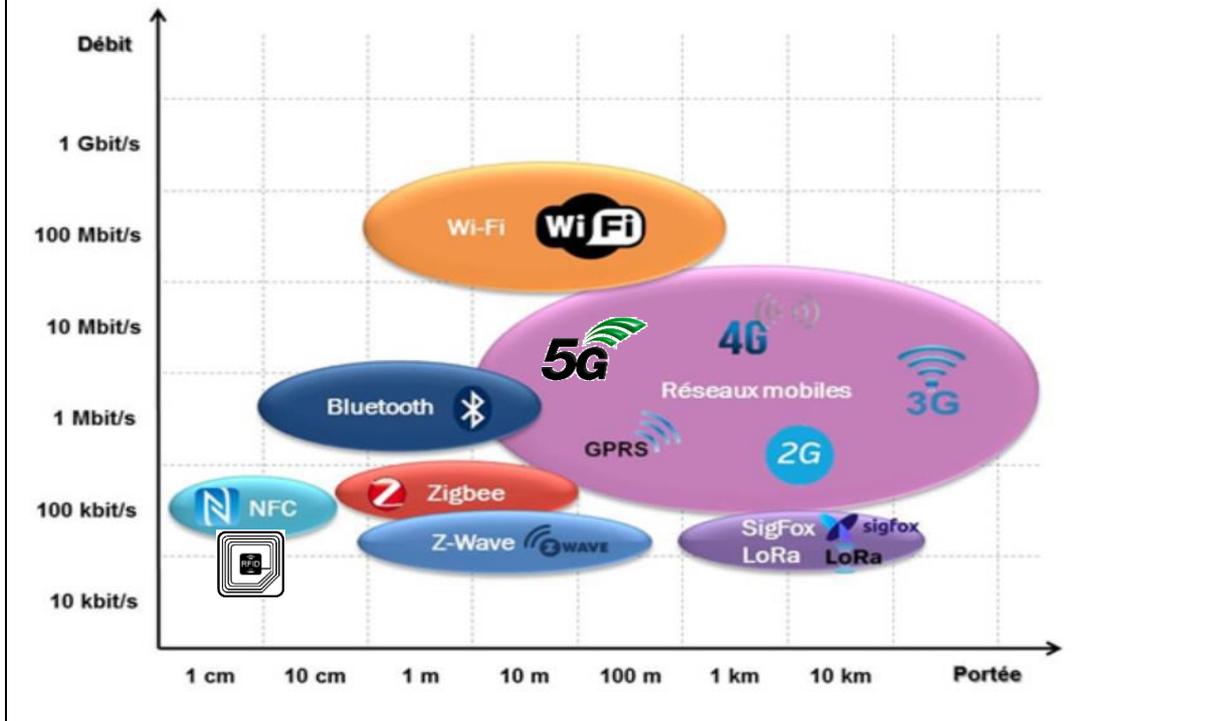


Liaison par radio fréquences

De très nombreuses solutions existent. On les choisit en fonction du débit d'informations à transmettre et de la portée souhaitée.

Les **portées** vont de quelques centimètres à plusieurs kilomètres.

Les débits vont de quelques kilobits par seconde à plusieurs centaines de mégabits par seconde.



Débit d'une communication

Le **débit binaire** d'une communication indique le nombre de bits qui sont transmis pendant une seconde.

Le débit s'exprime en bits par seconde (bit/s, b/s ou bps) ou un de ses multiples en employant les préfixes du Système international (SI) exemples: kb/s (kilobits par seconde), Mb/s (mégabits par seconde). La terminologie anglo-saxonne « *bit rate* » (ou « *bitrate* ») est fréquente.

Il arrive que le débit soit exprimé en octets par seconde. Un octet correspond à 8 bits.

On exprime parfois le débit binaire brut en **bauds**. Le débit binaire brut (bits par seconde) est le produit de la rapidité de modulation (bauds) par le logarithme en base 2 du nombre d'états possibles de l'élément de signal.

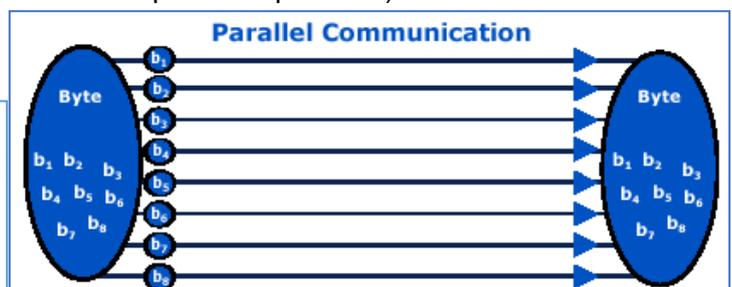
Un baud équivaut à un bit par seconde si la plus fine tranche temporelle possible du signal transmet un bit. Ce n'est pas le cas si la transmission distingue plus de deux niveaux, et notamment ce n'est pas le cas, en général, quand un modem effectue l'encodage.

Transmission série et transmission parallèle de l'information

Le **mode de transmission** désigne le nombre d'unités élémentaires d'informations (bits) pouvant être simultanément transmis par le canal de communication. Un processeur (unité de traitement de l'information) ne traite jamais un seul bit à la fois, il permet généralement d'en traiter plusieurs (8 bits, soit un octet mais aussi 16 bits, 32 bits ou 64 bits), c'est la raison pour laquelle la liaison de base sur un ordinateur est une liaison parallèle.

On désigne par liaison **parallèle** la transmission simultanée de N bits. Ces bits sont envoyés simultanément sur N voies différentes (une voie étant par exemple un fil).

Les câbles parallèles sont composés de plusieurs fils en nappe. Ce type de communication n'est utilisé que sur de courtes distances.



Dans une liaison en **série**, les données sont envoyées bit par bit sur la voie de transmission. C'est le type de communication utilisé pour relier des appareils en utilisant, par exemple les ports USB (Universal Serial Bus) de l'ordinateur.



2. Réseaux informatiques

Un réseau informatique est un ensemble d'équipements électroniques (ordinateurs, imprimantes, scanners, routeurs, serveurs, ...) interconnectés avec des câbles réseaux ou avec des technologies sans fils (wifi, Bluetooth, ...) capables de communiquer des informations et de partager des périphériques.

Il existe deux grandes catégories de réseaux informatiques. Ils fonctionnent sur des principes différents :

- **Réseau d'ordinateurs**

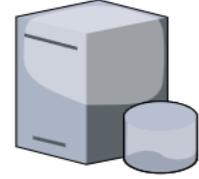
Il est, en général, construit sur le principe : **clients / serveur**

Plusieurs ordinateurs ont un besoin et font appel à un ordinateur central pour les aider. L'ordinateur central est appelé serveur car il est là pour rendre service aux autres (clients) mais doit attendre qu'on lui demande quelque chose.

- **Réseau entre modules industriels**

Dans ce type de réseau, nous rencontrons souvent le principe : **maître / esclaves**. Un des appareils (ordinateur ou automate) demande ou fournit, à tour de rôle, à tous les autres appareils une information (température, comptage, consigne vitesse, etc.). Il est le maître, les autres appareils sont nommés les esclaves.

Composants d'un réseau informatique

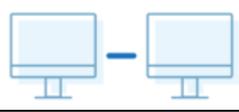
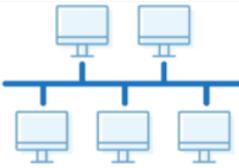
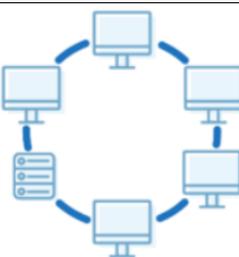
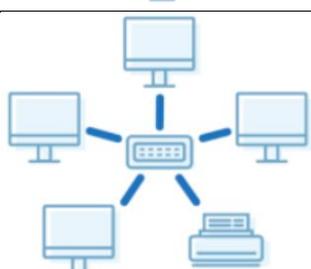
Nom	Fonction	Représentation
Poste client	C'est un ordinateur connecté au réseau par l'intermédiaire de cartes réseaux (avec ou sans fils) qui utilise les moyens informatiques partagés.	
Carte réseau	Carte connectée ou intégrée à la carte mère qui relie les machines aux canaux de transmission.	
Hub ou concentrateur	Appareil informatique permettant de rediffuser les informations à tous les postes qui lui sont connectés.	
Commutateur ou switch	Appareil informatique qui rediffuse les informations uniquement au bon destinataire, grâce à sa table contenant les adresses MAC.	
Serveur	Appareil informatique rendant des services ciblés (le partage de périphériques, l'accès aux messages électroniques (mails), l'accès à des bases de données, ...) en répondant aux requêtes des ordinateurs clients.	
Routeur	Appareil informatique qui dirige le trafic des réseaux à partir des adresses IP.	
Routeur Wi-Fi	Appareil informatique qui connecte des équipements de réseau grâce à des ondes radio. Il génère un sous réseau local qui lui est propre.	

Topologie des réseaux

La topologie désigne la représentation que l'on se fait d'un réseau sous deux points de vue :

- **topologie physique** (point de vue de l'emplacement et de la connexion des appareils) ;
- **topologie logique** (point de vue du parcours de l'information).

Un réseau peut avoir une topologie physique différente de sa topologie logique. On parle de **topologie mixte**.

Topologie	Principe	
Point à point	Deux éléments communiquent en étant directement reliés l'un à l'autre.	
Bus	Les machines sont connectées en série sur le bus. L'information circule, tous les postes la voient. Seuls ceux qui ont la bonne adresse de destination la lisent.	
Anneau	Les ordinateurs sont situés sur une boucle et communiquent à tour de rôle. Le répartiteur situé sur la boucle gère la communication entre les ordinateurs.	
Étoile	Tous les postes sont interconnectés grâce à un concentrateur. Les hôtes émettent vers ce concentrateur qui renvoie les données vers tous les autres ports réseaux (hub) ou uniquement au destinataire (switch).	

3. Protocoles de communication

Un **protocole de communication** est un ensemble de règles et / ou une série d'étapes à suivre pour permettre une communication entre plusieurs ordinateurs, périphériques ou objets connectés, reliés en réseau.

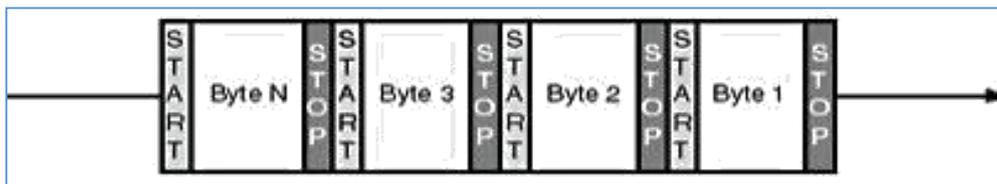
Le message à transmettre est « encapsulé » dans une trame. Le format de la trame est défini par le protocole utilisé.

Une trame est délimitée par un début et une fin, c'est-à-dire des signaux spécifiques qui permettent de déterminer à quel moment elle commence et à quel moment elle finit. Elle peut également contenir d'autres informations comme l'identification de l'émetteur, celle du récepteur, le contrôle des erreurs au niveau du transfert des informations, ...

4. Communication asynchrone

On met en place une communication asynchrone lorsque les données transmises le sont de façon irrégulière dans le temps (exemple : un utilisateur envoyant, en temps réel, des caractères saisis au clavier).

Chaque caractère à transmettre (par exemple un octet de données) est précédé d'une information indiquant le début de la transmission du caractère (l'information de début d'émission est appelée bit de START) et terminée par l'envoi d'une information indiquant la fin de la transmission (appelée bit de STOP, il peut éventuellement y avoir plusieurs bits STOP).



Il existe, à l'émission et à la réception, deux horloges qui doivent fonctionner à la même fréquence (exemple 9600 bits.s^{-1}). Ces fréquences peuvent différer de quelques % et les horloges n'ont pas besoin d'être synchronisées.

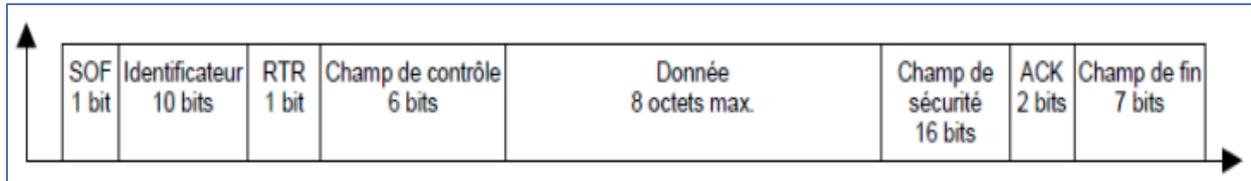
Format d'une trame d'un bus de terrain

Lorsque l'information à transmettre ne doit se faire que sur un "terrain" spécifique (véhicule, site de production...), on utilise un bus de terrain. Un bus de terrain permet de transmettre des messages courts, par exemple des informations issues de capteurs ou d'actionneurs, avec une grande fiabilité et un temps de réaction très court. Le bus de terrain est peu sensible aux perturbations extérieures.

Exemple: bus CAN (Controller Area Network):

Le bus CAN est un moyen de communication série. La transmission des données est effectuée sur une paire filaire différentielle. La ligne est donc constituée de 2 fils.

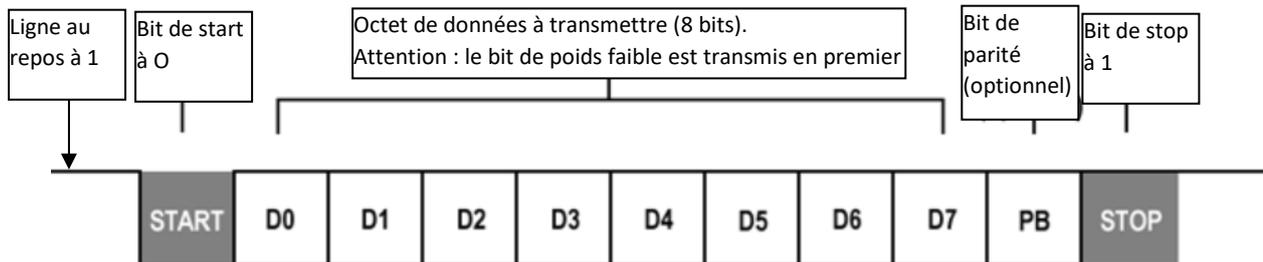
Le protocole est basé sur le principe de diffusion générale : aucun organe n'est adressé, par contre, chaque message envoyé sur le bus est clairement explicité, le ou les organes décident de l'ignorer ou non.



- SOF (Start Of Frame) : début de transmission sur 1 bit
- Identificateur : indique l'émetteur de la trame
- RTR (Remote Transmission Request) : indique s'il s'agit d'une trame de données ou d'une demande de message
- Champ de contrôle : indique la longueur de la donnée
- Champ de sécurité : permet de détecter une erreur dans la transmission
- ACK (ACKnowledge) : acquittement envoyé par le récepteur
- Champ de fin : signale la fin de la transmission.

La liaison série UART (émetteur-récepteur asynchrone universel)

L'émetteur envoie sur son fil Tx une trame et le récepteur la reçoit sur son fil Rx. Une trame est constituée de plusieurs bits (0 ou 1) qui sont envoyés les uns à la suite des autres à un rythme régulier.



Principe du bit de parité :

Ce bit permet de garantir (partiellement) la justesse de l'information transmise. Le principe consiste à compter le nombre de bits à 1 du champ de données. On rajoute dans le bit de parité un 1 ou un 0 pour obtenir la parité souhaitée.

Exemple : si une parité paire a été choisie et que l'on transmet l'octet de données suivant :

1	0	0	0	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

alors, il faut mettre le bit de parité à 1 (car 3 est un nombre impair mais 4 est un nombre pair).

La liaison série RS-232

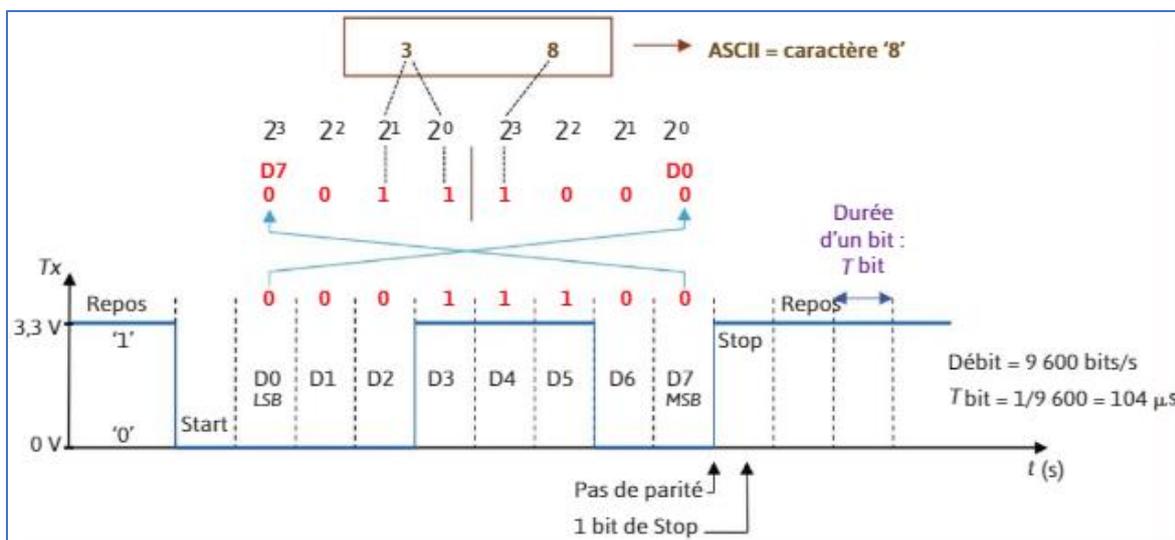
Les liaisons RS-232 sont fréquemment utilisées dans l'industrie pour connecter différents appareils électroniques (automate, appareil de mesure, etc.).

Le standard RS-232 permet une communication série, asynchrone et duplex (chacun des équipements peut émettre et recevoir de l'information sur la liaison).

La transmission série nécessite de 2 fils : l'un pour l'émission des données (Tx) et l'autre pour la réception des données (Rx).

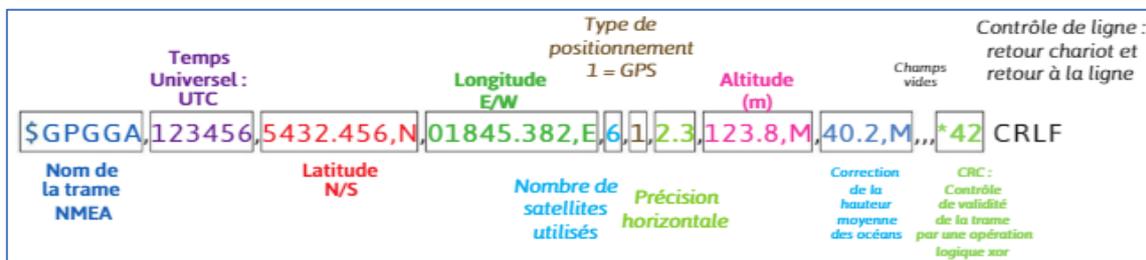
Exemple 1 : Pour transmettre le caractère « 8 », il faut l'encoder. Le code ASCII du caractère « 8 » est $38_{(16)}$ en hexadécimal. Cela correspond à $0011\ 1000_{(2)}$ en binaire.

Pour transmettre cet octet de données, il faut le faire précéder d'un bit de start et le faire suivre d'un bit de stop. Le protocole utilisé impose de transmettre l'octet de données en commençant par les bits de poids faible (lsb). Ce qui donne la trame ci-dessous :



Exemple 2 : Un module GPS (*Global Positioning System*) reçoit les ondes radio des satellites GPS et transmet des trames, sous forme de caractères, via un protocole RS-232.

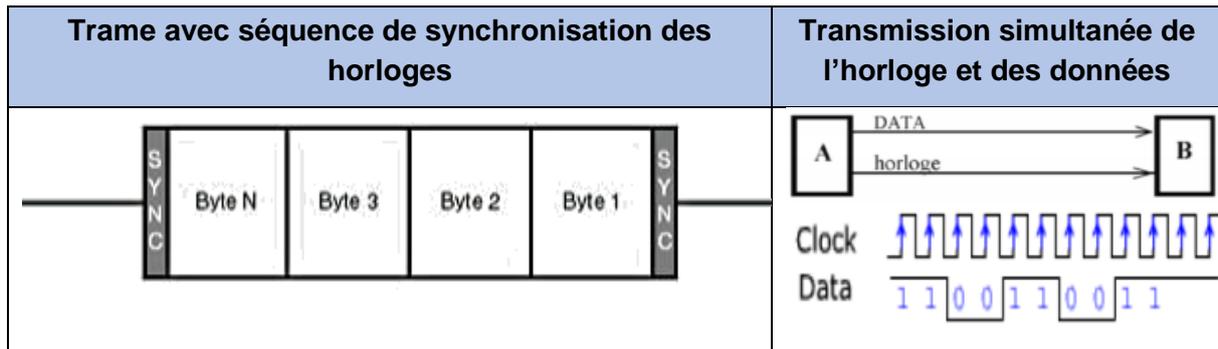
Ces trames sont au format NMEA. Elles contiennent les informations suivantes :



La communication est asynchrone (il n'y a pas d'horloge transmise), mais les deux modules doivent préalablement initialiser leurs vitesses avant les échanges, par exemple, à 9 600 bit/s.

5. Communication synchrone

Dans une communication synchrone, soit le début du message comporte une séquence de bits permettant la synchronisation des horloges entre l'émetteur et le récepteur, soit le signal d'horloge est transmis en même temps que les données.

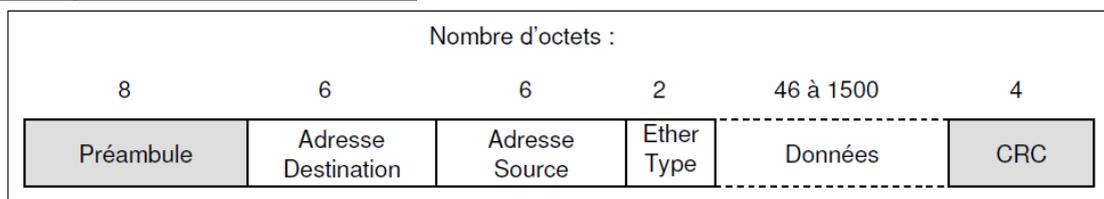


Les protocoles synchrones supportent des débits de transfert de données plus importants que les protocoles asynchrones.

Format d'une trame Ethernet

Le protocole Ethernet est utilisé entre des systèmes possédant une carte réseau.

Exemple de trame Ethernet V2 :



- Préambule (8 octets) : annonce le début de la trame et permet la synchronisation.
- Adresse destination (6 octets) : adresse physique de la carte Ethernet (adresse MAC) destinataire de la trame.
- Adresse source (6 octets) : adresse physique de la carte Ethernet (adresse MAC) émettrice de la trame.
- Ether type ou type de trame (2 octets) : indique quel protocole est concerné par le message.
- Données (46 à 1500 octets) : sur la station destinataire de la trame, ces octets seront communiqués à l'entité (protocole) indiqué par le champ « Ether type ». La taille minimale des données est 46 octets. Des octets à 0, dits de « bourrage », sont utilisés pour compléter des données dont la taille est inférieure à 46 octets.
- CRC (Cyclic Redundancy Code) : champs de contrôle de la redondance cyclique. Permet de s'assurer que la trame a été correctement transmise et que les données peuvent donc être délivrées au protocole destinataire.

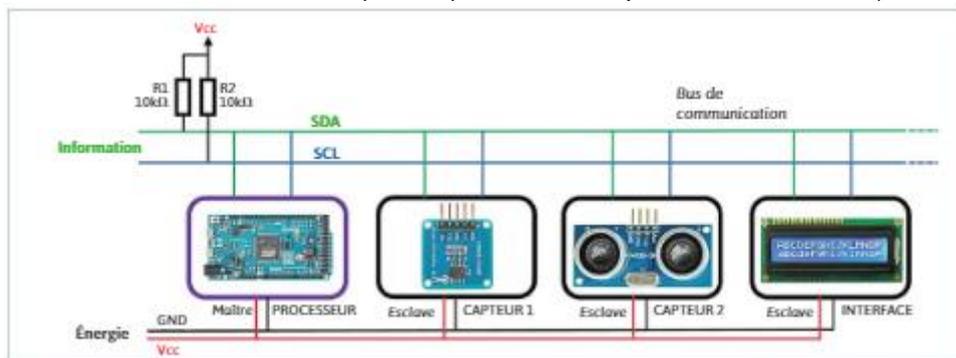
La liaison I²C (Inter-Integrated Circuit)

Le bus I²C est un bus de type série synchrone ne nécessitant que deux signaux.

- SDA (Serial Data Line), le signal de données ;
- SCL (Serial Clock Line), le signal d'horloge.

Ce bus permet la communication entre un circuit maître et un circuit esclave. Le montage peut comporter plusieurs maîtres et plusieurs esclaves. Le maître est le circuit qui émet le signal d'horloge de synchronisation, un seul maître peut envoyer ce signal. Les données peuvent circuler dans les deux sens sur le fil des données, de sorte que chaque circuit, qu'il soit maître ou esclave peut servir d'émetteur ou de récepteur de données.

Les différents circuits sont placés en parallèle sur les lignes SDA et SCL comme sur le schéma suivant d'une carte Arduino (maître) avec des capteurs et un écran (esclaves)



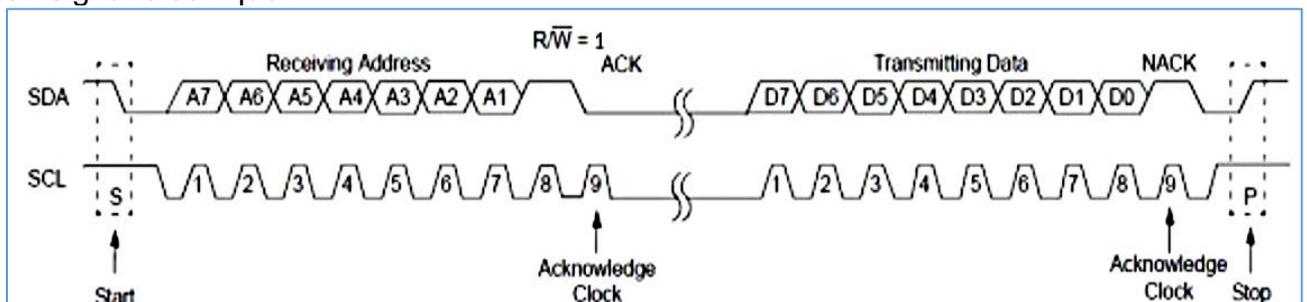
Exemple de chronogramme dans le cas où le maître (Master) ne fait que lire ce que l'esclave (slave) envoie.

- 7 bits sont utilisés pour l'adresse de l'esclave (slave).
- Les données transmises sont codées sur 8 bits (1 octet).



avec :

en signal électrique :



6. Identification des appareils sur un réseau informatique

a) Adresse MAC

Une **adresse MAC** (*Media Access Control*), parfois nommée « **adresse physique** » identifie de façon unique une carte réseau. Elle est composée d'une suite de 6 octets en hexadécimal séparés par des « : ».

Exemple : 08 :00 :27 :5c :10 :0a

b) Adresse IP

Une adresse IP est un numéro d'identification attribué de façon permanente ou provisoire à chaque appareil connecté à un réseau informatique.

Norme IPv4

L'adresse comporte 4 valeurs comprises entre 0 et 255 séparées par un point.

Exemple : 172.20.1.32

L'adresse se décompose en deux informations : l'adresse réseau (Net Id) et l'adresse machine (Host Id).

Classes	Net Id	Host Id	Etendu de la plage.	Masque de réseau
A	8 bits / 1 octet	24 bits / 3 octets	De 1.x.x.x à 127.x.x.x	255.0.0.0 ou /8
B	16 bits / 2 octets	16 bits / 2 octets	De 128.0.x.x à 191.255.x.x	255.255.0.0 ou /16
C	24 bits / 3 octets	8 bits / 1 octet	De 192.0.0.x à 223.255.255.x	255.255.255.0 ou /24
D	Adresse de diffusion (multicast)		De 224.0.0.0 à 239.255.255.255	

Masque réseau

Pour **trouver l'adresse réseau**, on fait un ET logique entre l'adresse IP et le masque de sous réseaux, exprimés en binaire.

Exemple : 132.90.114.1 (classe B) associé au masque de sous-réseau 255.255.0.0

Adresse : 132.90.114.1	s'écrit en binaire:	10000100 . 01011010 . 01110010 . 00000001
Masque : 255.255.0.0	s'écrit en binaire:	11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000
ET binaire :		-----
		10000100 . 01011010 . 00000000 . 00000000

L'adresse du réseau est donc : 132.90.0.0

Pour **trouver le numéro de machine**, on fait un ET logique entre l'adresse IP et le masque de réseau inversé, exprimés en binaire.

Adresse : 132.90.114.1	s'écrit en binaire:	10000100 . 01011010 . 01110010 . 00000001
Masque inversé : 0.0.255.255	s'écrit en binaire:	00000000 . 00000000 . 11111111 . 11111111
ET binaire :		-----
		00000000 . 00000000 . 01110010 . 00000001

Le numéro de poste est donc : 0.0.114.1

Adresses spécifiques :

Adresse réseau :

Lorsque l'on annule la partie **host-id**, c'est-à-dire lorsque l'on remplace les bits réservés aux machines du réseau par des zéros (par exemple 194.28.12.0), on obtient ce que l'on appelle l'adresse réseau.

Cette adresse ne peut être attribuée à aucun des ordinateurs du réseau.

Adresse de broadcast :

Lorsque tous les bits de la partie host-id sont à 1, l'adresse obtenue est appelée l'adresse de diffusion (en anglais **broadcast**). Il s'agit d'une adresse spécifique, permettant d'envoyer un message à toutes les machines situées sur le réseau spécifié par le **netID**.

Cette adresse ne peut être attribuée à aucun des ordinateurs du réseau.

Adresse de loopback :

L'adresse 127.0.0.1 est appelée adresse de "**rebouclage**" et permet de tester en local la pile TCP/IP. Pour vérifier si une carte réseau fonctionne, il suffit d'effectuer un ping sur cette adresse de loopback, si les paquets sont bien reçus, alors la carte réseau fonctionne.

Les adresses privées / adresses publiques :

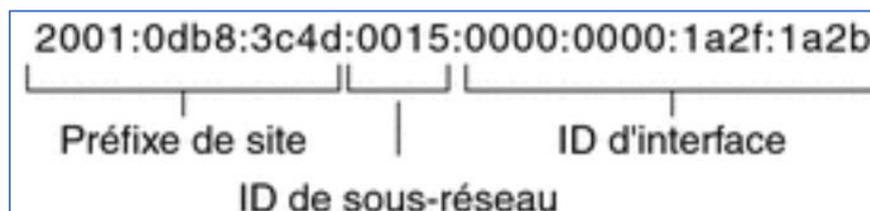
Les adresses IPv4 sont dites **publiques** si elles sont enregistrées et routables sur Internet, elles sont donc uniques mondialement (par exemple, l'adresse d'une box Internet). À l'inverse, les adresses **privées** ne sont utilisables que dans un réseau local, et ne doivent être uniques que dans ce réseau.

Norme IPv6

Une adresse IPv6 est longue de 128 bits, soit 16 octets, contre 32 bits pour IPv4. On dispose ainsi d'environ $3,4 \cdot 10^{38}$ adresses ($2^{128} = 3,4 \cdot 10^{38}$). Cela équivaut à un nombre quasiment illimité puisque pour saturer le système, il faudrait placer plus de 667 millions de milliards d'appareils connectés à internet sur chaque millimètre carré de surface terrestre.

IPv6 a été principalement développé en réponse à la demande d'adresses Internet qu'IPv4 ne permettait pas de contenir.

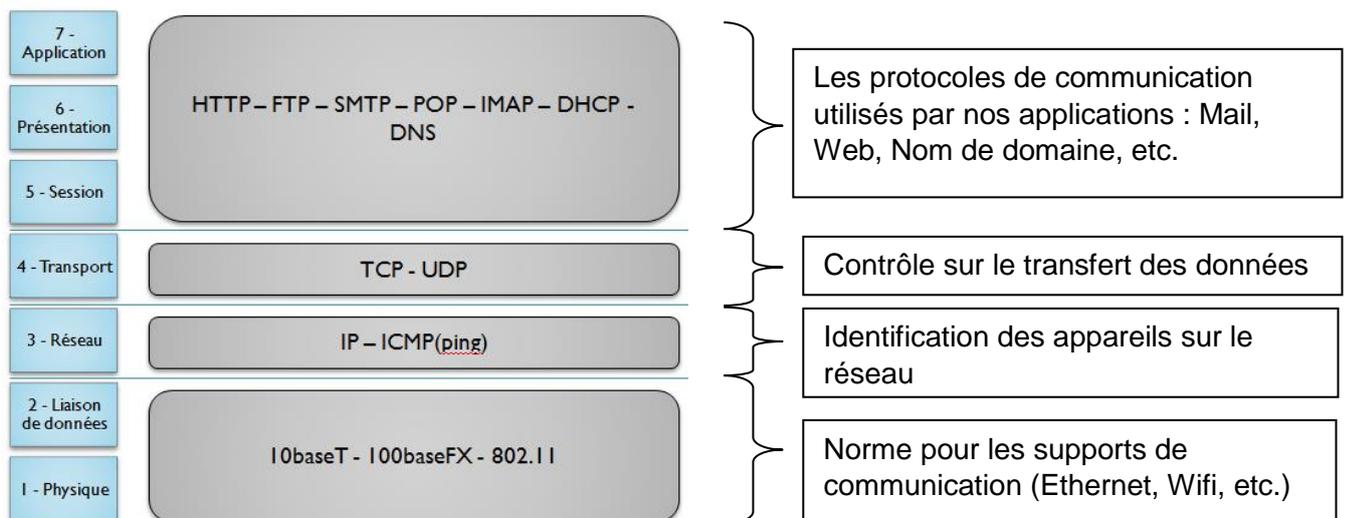
Exemple :



7. Protocoles et standards de communication sur Internet

Le modèle OSI

Le modèle OSI a été créé dans le but d'avoir un cadre général pour la conception des protocoles et standards de communication sur les réseaux.



Les protocoles TCP et UDP

TCP	UDP
La priorité est donnée au fait que tous les paquets de données soient reçus et que s'il en manque, ils soient redemandés.	La priorité est donnée à la vitesse de transmission.
Les transferts sont fiables mais lents.	Le protocole vise à éviter le décalage temporel entre l'émission et la réception. Il n'y a pas de vérification concernant le nombre de paquets reçus.
Applications : <ul style="list-style-type: none"> ○ transferts de fichiers ; ○ navigation sur des sites web ; ○ mails. 	Applications : <ul style="list-style-type: none"> ○ VoIP (Voice over IP : téléphone sur IP) ; ○ streaming ; ○ jeux vidéo en ligne.

Le système DNS

Le DNS (*Domain Name System*), que l'on peut traduire par « système de noms de domaine », est le service informatique utilisé pour traduire les noms de domaine Internet en adresse IP.

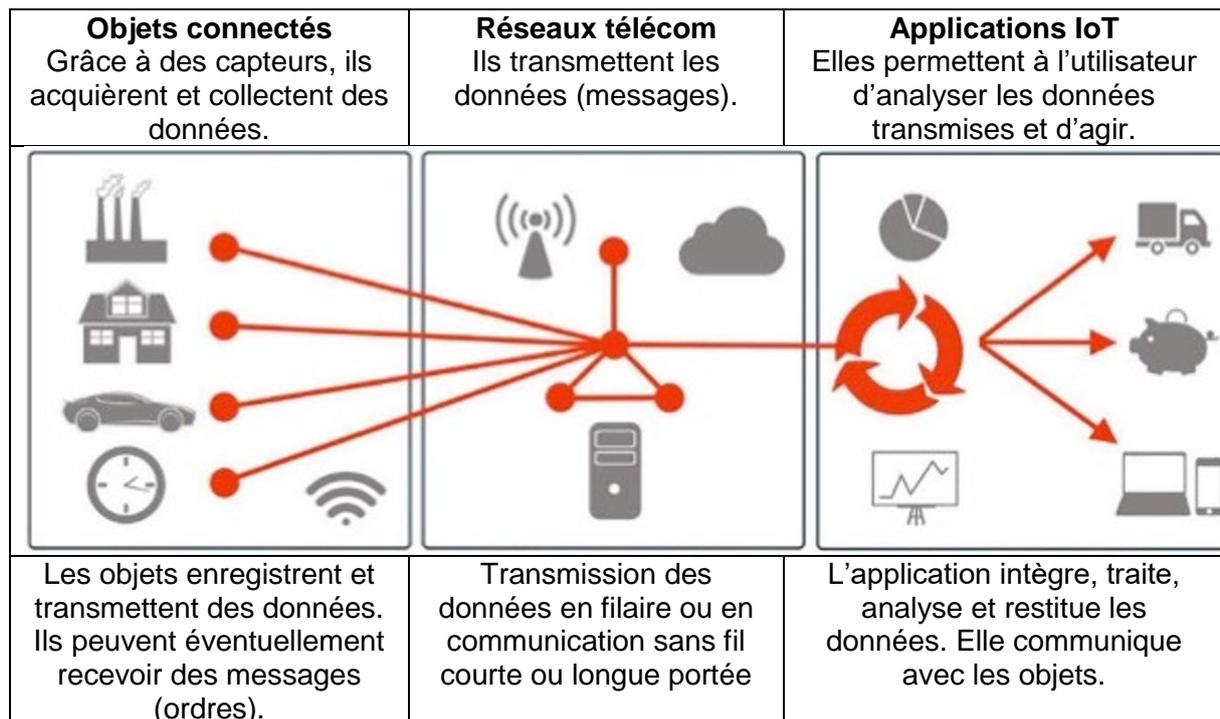
Grâce au système **DNS**, il est possible d'associer des noms en langage courant aux adresses numériques.

8. Internet des objets

L'Internet des objets (IdO), ou *Internet of Things* (IoT), est une infrastructure mondiale qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication.

La définition de ce qu'est l'Internet des objets n'est pas figée. Elle recoupe des dimensions d'ordres conceptuel et technique.

- **D'un point de vue conceptuel**, l'Internet des objets caractérise des objets physiques connectés ayant leur propre identité numérique et capables de communiquer les uns avec les autres.
- **D'un point de vue technique**, l'IdO consiste en l'identification numérique directe et normalisée (adresse IP, protocoles smtp, http...) d'un objet physique grâce à un système de communication sans fil qui peut être une puce RFID, Bluetooth ou Wi-Fi.



9. Diagramme de séquence

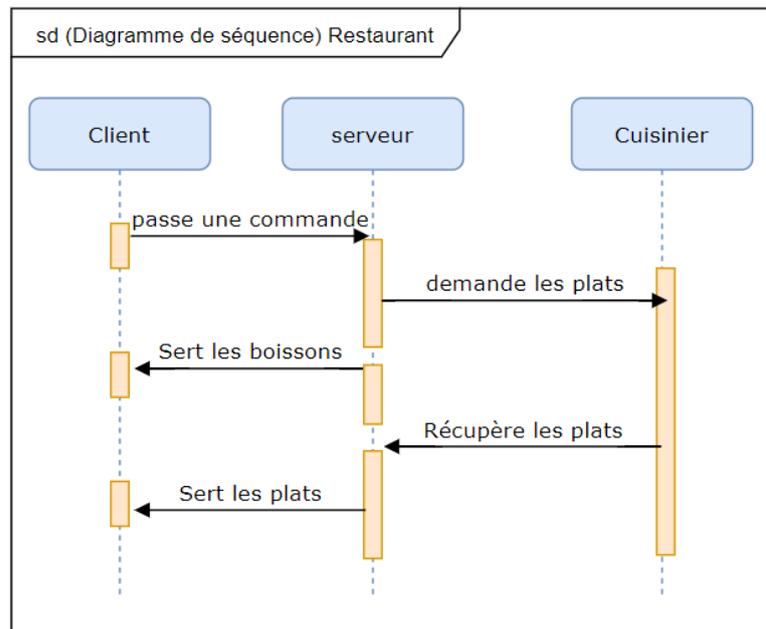
Objectif du diagramme

Les diagrammes de séquences sont la représentation graphique des interactions entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique.

La dimension verticale du diagramme représente le temps, permettant de visualiser l'enchaînement des actions.

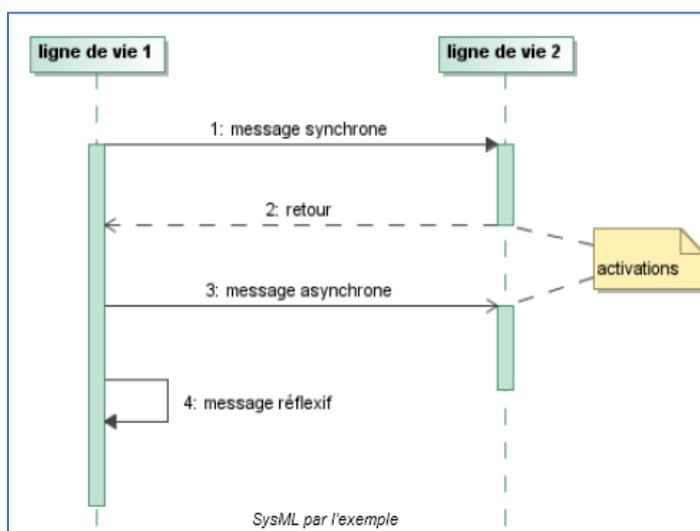
Les périodes d'activité des objets sont symbolisées par des rectangles, et ces objets dialoguent à l'aide de messages.

L'exemple ci-contre montre la succession, dans le temps, des types de messages échangés au cours d'une commande prise dans un restaurant.



Éléments constitutifs du diagramme

Les messages



Le message synchrone :

C'est un message qui attend une réponse du destinataire. Tant que le destinataire n'a pas répondu, l'émetteur est bloqué et attend.

Le message de réponse :

Il répond à un message synchrone et libère ainsi le blocage de son destinataire.

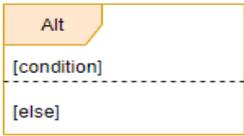
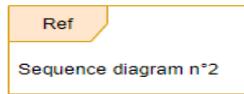
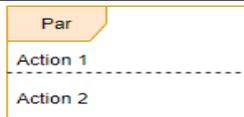
Le message asynchrone :

L'émetteur envoie un message sans attendre de réponse de la part du récepteur

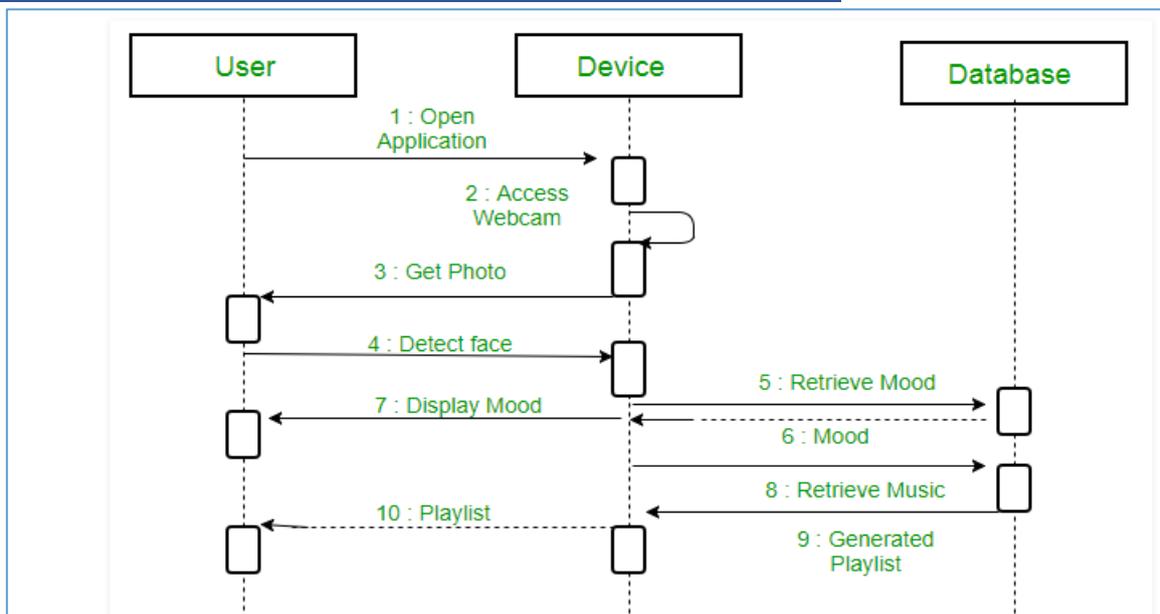
Le message réflexif :

La flèche qui boucle (message réflexif) permet de représenter un comportement interne.

Les fragments

Alt Alternative		L'une ou l'autre des alternatives sera réalisée. Le choix se fera grâce à la condition de garde (condition entre crochets).
Loop Boucle		Ce qui est dans le fragment combiné est réalisé en boucle tant que la condition de garde (entre crochets est vraie).
Opt Optionnel		Ce qui est dans le fragment est optionnel. Il ne sera exécuté que si la condition de garde (entre crochets) est vraie.
Ref Référence		Le fragment fait référence à un autre diagramme de séquence pour alléger le diagramme en cours.
Par Parallèle		Des actions sont exécutées en parallèle.

Exemple : une play-list musicale basée sur les émotions



Description des différents messages :

1. L'utilisateur ouvre l'application sur son appareil.
2. L'appareil active la webcam.
3. La webcam prend une photo de l'utilisateur.
4. L'appareil utilise des algorithmes pour détecter le visage et identifier les émotions.
5. L'appareil interroge la base de données des différentes émotions.
6. Une émotion de la base de données est identifiée comme correspondant à celle de l'utilisateur, au moment de la photo.
7. L'application indique à l'utilisateur l'émotion identifiée.
8. La musique associée est choisie dans la base de données.
9. Une play-list est générée et montrée à l'utilisateur.