

INF2 Principes des Systèmes Informatiques

INF2

Principes des Systèmes Informatiques

le port USB

Olivier Ridoux

Plan

- Motivations
- Le port USB

Motivation

Connecter

- Ajouter à un ordinateur des composants pas prévus par le constructeur
 - il faut les **connecter** à l'ordinateur
- Seul le **mode de connexion** est prévu par le constructeur
- Le constructeur prévoit un système **ouvert**

Difficulté (1)

- Il existe de nombreux modes de connexion électrique, réseau, vidéo, télé, SATA, PATA, série, parallèle, ...

- Problème si

$\text{mode}_{\text{composant}} \neq \text{mode}_{\text{ordinateur}}$

Difficulté (2)

- Plusieurs modes mécaniques
 - forme des connecteurs
- Plusieurs modes électriques
 - alimentation
 - signaux échangés via le connecteur
- Plusieurs modes informatiques
 - logiciel de contrôle du nouveau composant

Difficulté (3)

- Le nouveau composant peut nécessiter de lui allouer des **ressources** de l'ordinateurs
 - électricité
 - mémoire
 - temps de calcul
- Cohabiter avec les autres composants
- Ne pas surcharger l'ordinateur

Standard de connexion

- Un mode de connexion a des aspects
 - mécaniques
 - électriques
 - informationnels
 - informatiques
- Le port USB est l'un d'eux

Le port USB

Universal Serial Bus

- ***Universal***
 - pour tous les usages
- ***Serial***
 - liaison série
- ***Bus***
 - nom générique des équipements qui permettent de connecter des périphériques à un ordinateur
 - plus à voir avec la **ligne de bus** qu'avec le **véhicule**

Toujours plus d'objets USB !

- clés USB, disques, imprimantes
- claviers, souris, *joysticks*
- téléphones, appareils photo, caméras
- chauffe-tasse, éclairage de vélo
- ...

Avantages

- Le port USB...
 - ...gère la compatibilité électrique
 - ...démultiplie le nombre et la variété des appareils connectés
 - ...automatise l'installation et le pilotage des appareils connectés

Plug and Play

Histoire du port USB

- 1996, USB 1.0
 - consortium industriel
- 2000, **USB 2.0**
- 2008, USB 3.0



Caractéristiques

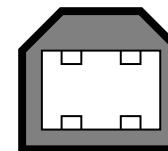
- Liaison série
- Connexion en cascade
- Connexion alimentée
- Gamme de services prédéfinis...
...mais très large

Aspects mécaniques (1)

- Câble à deux extrémités mâles
 - A côté ordinateur
 - B côté appareil connecté
- Câble à 4 fils, donc 4 contacts



A

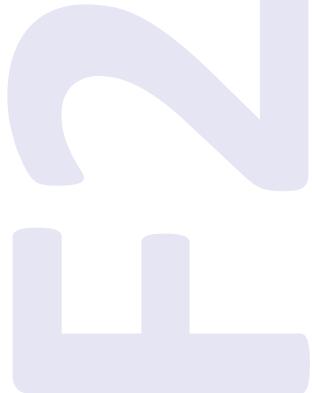


B

- En principe, pas de câble mâle-femelle

Aspects mécaniques (2)

- Prise femelle de type **A** côté ordinateur
- Prise femelle de type **B** côté appareil connecté
- Asymétrie **hôte-périphérique**



Aspects mécaniques (3)

- Possibilité de connexion en **cascade**
 - un appareil connecté peut porter un ou plusieurs connecteurs femelles **A**
 - possibilité de constituer une **grappe**
 - pas plus de **5** niveaux
 - pas plus de **127** appareils connectés

Aspects mécaniques (4)

- Certains périphériques n'ont qu'un rôle de **concentrateur** pour construire des grappes



Aspects électriques

- **2 fils** d'alimentation électrique
 - V_{BUS} et GND
- Les capacités électriques sont **partagées** entre tous les appareils d'une même grappe
- Certains périphériques ont leur **propre** alimentation



max 500 milli-Ampères
 \equiv max 2,5 Watts

Aspects informationnels (1)

- **2 fils** de données
 - liaison **série**
 - les bits d'un messages sont envoyés les uns après les autres
 - codage **différentiel**

Aspects informationnels (2)

- Série / parallèle
 - plus facile à réaliser
 - moins de fils
 - pas d'interférence électromagnétique entre fils
 - pas de décalage temporel entre fils





Aspects informationnels (3)

- Défense contre le bruit du canal
- Codage différentiel
 - 2 signaux électriques redondants...
...dont seule la différence est significative

5 V et 0 V → 5 V

0 V et 5 V → -5 V

- si parasite, $V_1 - V_2$ devient $(V_1 + p) - (V_2 + p)$
qui produit la **même** différence

Aspects informationnels (4)

- 3 vitesses
 - **Low Speed** – 1,5 Mbits/s
 - **Full Speed** – 12 Mbits/s (1,5 Mo/s)
 - **High Speed** – 480 Mbits/s (60 Mo/s)
- Les capacités informationnelles sont **partagées** entre tous les appareils d'une même grappe



Aspects informatiques (1)

- Protocole **maître-esclave**
 - le maître : l'ordinateur ou **hôte**
toujours à l'origine des échanges
 - l'esclave : l'appareil connecté
ne parle jamais sans qu'on lui ait demandé



Aspects informatiques (2)



- Protocole de base

maître : **je veux recevoir des données
du périphérique N**

esclave N : **voici les données : ...**

maître : **bien/mal reçu**

ou bien

maître : **je veux envoyer des données
au périphérique N**

maître : **voici les données : ...**

esclave N : **bien/mal reçu**

Aspects informatiques (3)

- Le numéro d'un esclave est appelé un **jeton**
- Chacun des messages du protocole est appelé un **paquet**
1024 octets à High Speed
- Le message « Bien / mal reçu » est appelé un **acquittement**
8 bits de parité

Aspects informatiques (4)



- Au sein d'une grappe,
tout le monde reçoit tous les messages
 - seul répond l'esclave désigné par le jeton
- Les numéros sont alloués au moment
de la connexion matérielle
 - ils sont **arbitraires**
 - l'hôte doit maintenir un **dictionnaire**
 - 7 bits, donc 127 périphériques + 1

Qui a l'initiative ? (1)

- Ce que voit **l'utilisateur**
 - JE clique sur MA souris, et l'application s'ouvre...
...donc l'ordinateur répond à MON initiative de cliquer
- Ce que voit le **protocole USB**
 - l'hôte demande répétitivement à MA souris

As-tu cliqué ?



...en général, la souris répond **non**

– JE clique sur MA souris

...la souris répond **oui**

...l'ordinateur ouvre l'application

Qui a l'initiative ? (2)

- **Retournement de causalité** très fréquent

– clavier

– crayon optique

– serveur web

...

Connexion d'un périphérique USB (1)

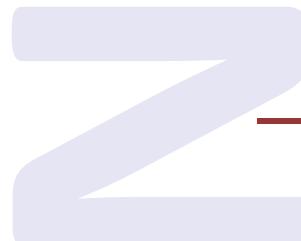
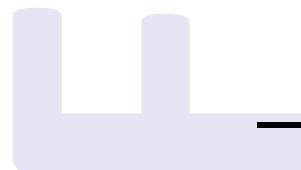
- On branche un périphérique USB
 - l'hôte détecte un changement de tension électrique sur son port USB
 - l'hôte envoie un message d'accueil avec le **jeton 0**
 - phase **d'énumération**
 - le périphérique est installé

Connexion d'un périphérique USB (2)



- Problème d'œuf et de poule
 - l'hôte s'adresse toujours aux esclaves via un jeton arbitraire

**comment s'adresser à l'esclave nouveau venu,
sans jeton, pour lui en attribuer un ?**
 - un jeton **conventionnel** (jeton 0) pour nouveau venu



Connexion d'un périphérique USB (3)

- L'énumération

- attribuer un numéro de jeton au périphérique

- découvrir son **identité**

- découvrir sa **classe**

- stockage, audio, interface, ...



- découvrir ses **besoins**

- débit, alimentation, ...

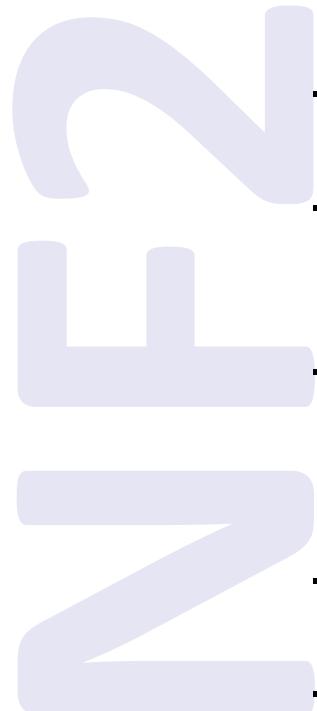
- **négocier** ses besoins

Classes (1)

- Interface avec humain
- lecture audio / vidéo
- stockage de masse
- tous les périphériques

...





Classes (2)

- Interface avec humain

Human Interface Device (HID)

clavier, souris, joystick



- débit demandé faible
- alimentation demandé faible
- vitesse de scrutation suffisante pour donner l'illusion que l'humain a l'initiative
- ne pas perdre de clic ou de frappe
- utilisable par d'autres périphériques lents

Classes (3)

- Lecture audio / vidéo
 - débit nominal demandé important, et stable
contrainte de débit externe
 - perte de données tolérable
les oreilles ou les yeux compensent



Classes (4)

- Stockage de masse



Mass Storage (UMS)

disque dur, clé USB

- échange de gros volumes de données
- le plus vite possible, mais sans vitesse minimale
- pas le droit de perdre des données

Classes (5)

- Tous les périphériques
 - échange de commandes / réponses
énumération, déplacement du bras d'un disque, ...
 - débit faible
 - correction exigée

Transfert (1)

- À chaque classe correspond...
 - ...un type de transfert de données
 - ...un aménagement du protocole de base
- Transfert d'interruption
- Isochrone
- En bloc
- De commande



Transfert (2)

D'interruption

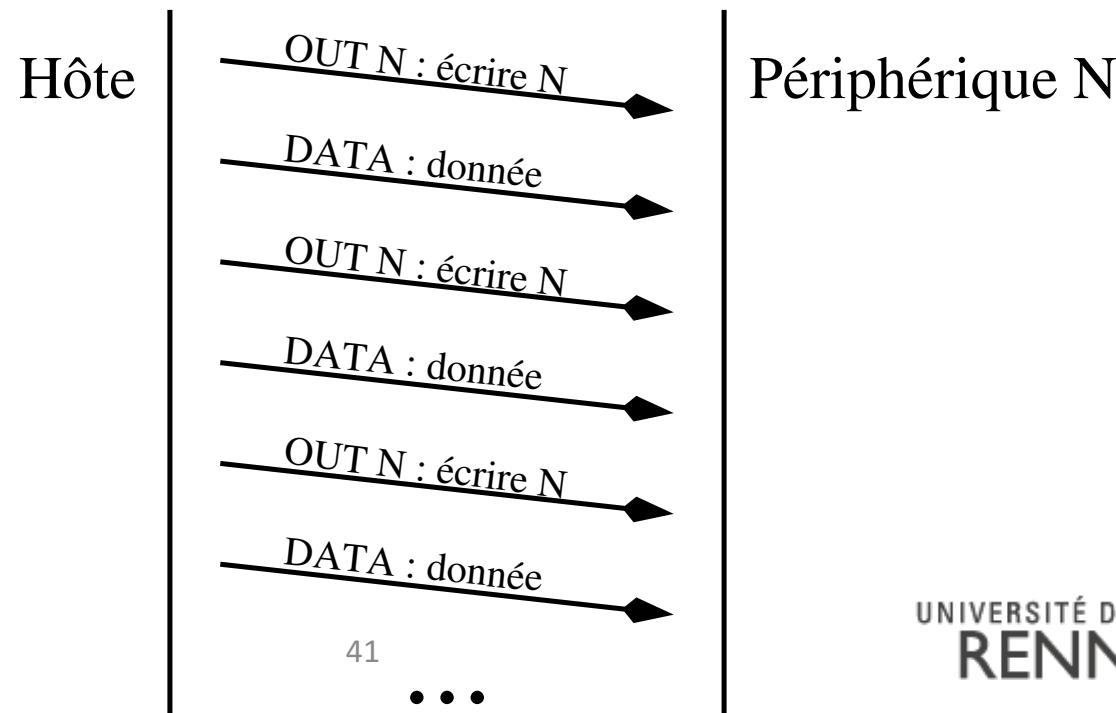
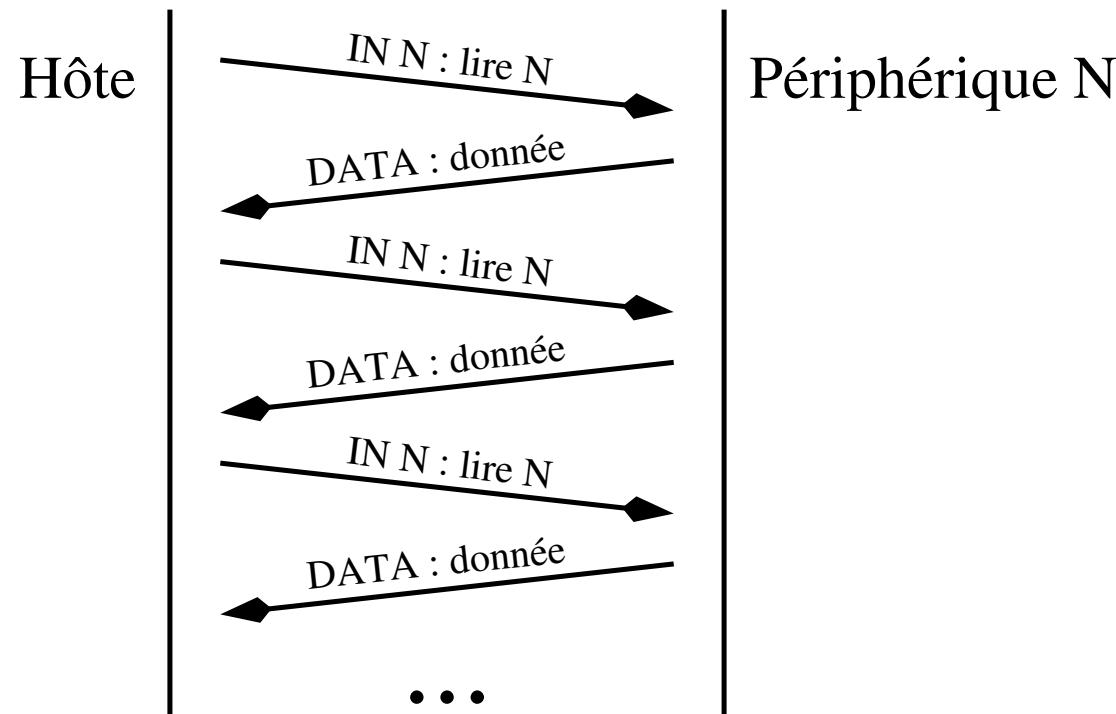
- caractérisé par vitesse de scrutation spécifiée par le périphérique

$$\text{vitesse}_{\text{joystick}} > \text{vitesse}_{\text{clavier}}$$

Transfert (3)

- Isochrone
 - caractérisé par vitesse de lecture nominale
 - stabilité exigée
 - erreurs de transmission tolérées
 - pas d'acquittement

Transfert isochrone en image

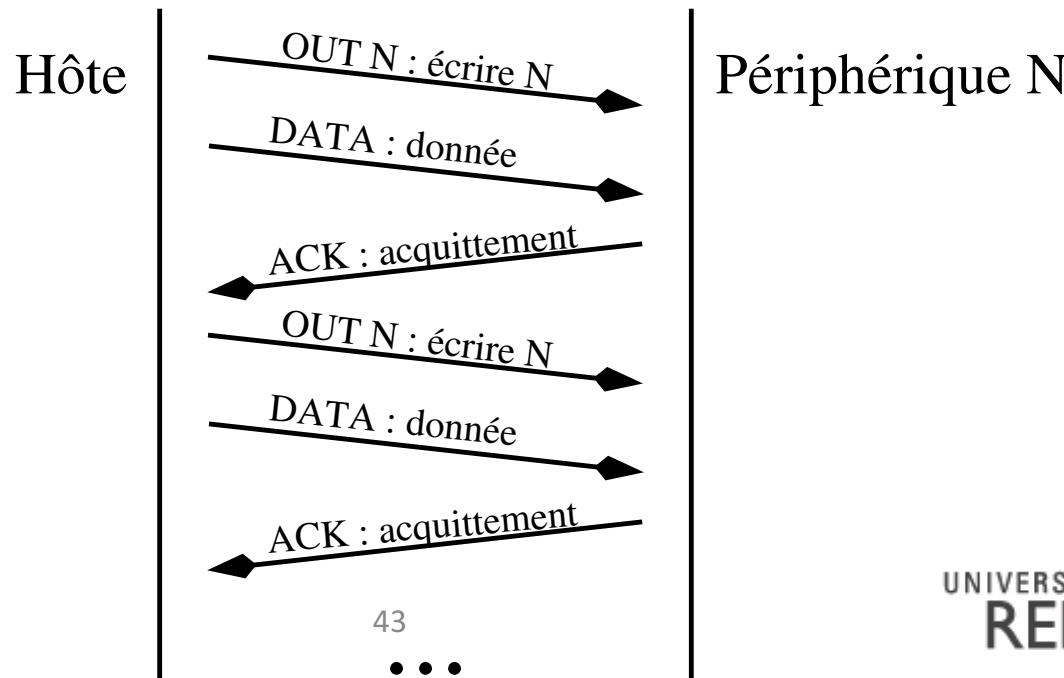
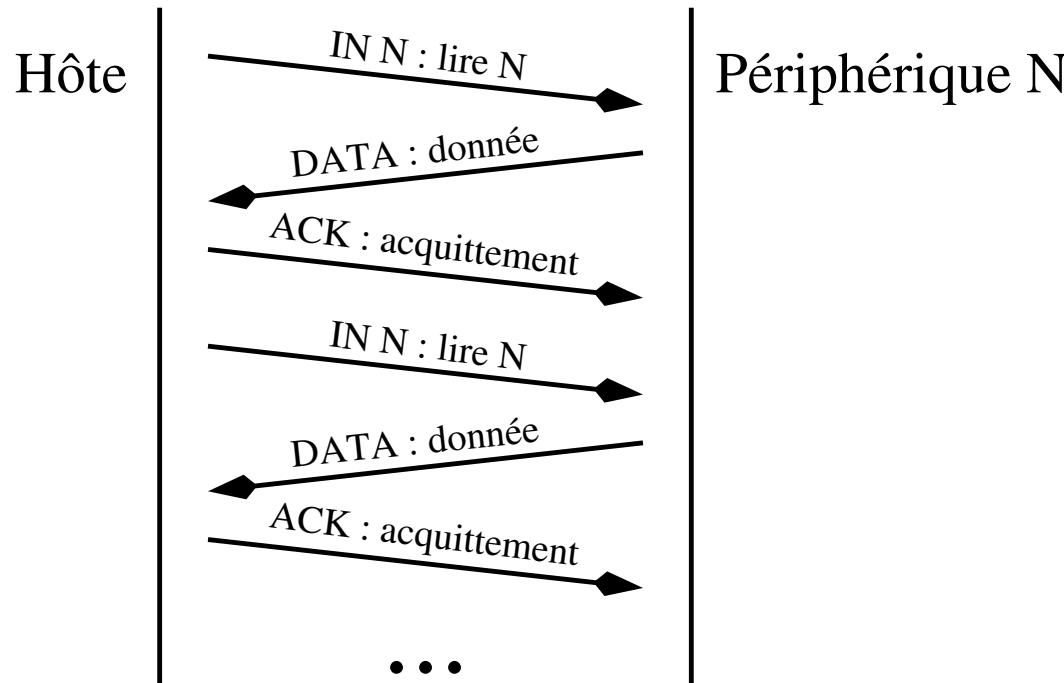


Transfert (4)

- En bloc

- caractérisé par faire le plus vite possible,
sans erreur

Transfert en bloc en image



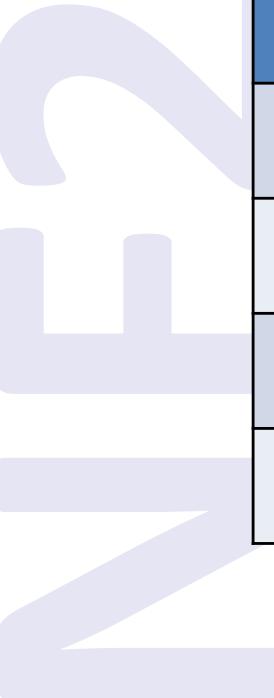
Transfert (5)

- De commande
 - protocole de base

Canaux logiques (1)

- Un périphérique peut avoir plusieurs modes de fonctionnement dans plusieurs classes
 - lecteur MP3
 - lecture audio → transfert isochrone
 - stockage de masse → transfert en bloc
 - énumération → transfert de commande
- Un **canal logique** par mode

terminaison USB ou end-point



Canaux logiques (2)

- Description d'un lecteur MP3

canal	transfert	caractéristique
0	de commande	
1	isochrone	débit audio
2	de bloc	
...		

Allocation des ressources

- Transferts **isochrone** et
d'interruption prioritaires...

< 80 % de la capacité totale

...puis transfert de **commande**

...puis transfert en **bloc**

Régime établi (1)

- L'hôte scrute les périphériques selon leur type de transfert...
...et leur adresse un jeton selon le protocole de base
- La suite dépend du type de transfert

Régime établi (2)

- La bande passante totale ne sert pas qu'aux données

Type de transfert (Ko/s)	Low speed	Full speed	High speed
Commande	12	832	15 872
Interruption	0,8	64	24 576
Bloc		1 216	53 248
Isochrone		1 023	24 576
Capacité brute	187	1 500	60 000

Déconnexion (1)

- Débranchement pur et simple...
...mais attention aux applications qui utilisent le périphérique

typiquement, les systèmes de fichiers

Déconnexion (2)

- Prévoir un débranchement logique avant le...
...débranchement pur et simple

Parasites USB (1)

- Certains objets USB ne cherchent pas à jouer le protocole USB...
...ils cherchent juste l'alimentation !
- Ce sont des parasites USB
chauffe-tasse, lampe de vélo, ...
- Ils ne répondent pas au protocole

Parasites USB (2)

- Certains connecteurs USB de type A ne sont pas sur un vrai système hôte
 - prise multiple avec connecteur USB
 - strictement pour alimentation électrique
 - aucun protocole USB

Conclusion (1)

- Un protocole très largement répandu
 - 2 milliards de périphériques USB / an
- Un protocole assez efficace
- Simple d'usage
 - *plug and play* et
 - difficile de se tromper avec les branchements

Conclusion (2)

- Principe **maître-esclave**
 - inversion de la causalité
- Principe de la **redondance**
 - détection des erreurs de transmissions
 - plus généralement,
lutte contre le bruit du canal
 - **blindage** du câble
 - codage **différentiel**
 - **parité**

Conclusion (3)

- Principe du ***bootstrap***
 - briser un cercle vicieux en adoptant une situation conventionnelle pour démarrer
 - **jeton 0**
 - **énumération** (négociation des ressources)
- Principe du ***nommage***
 - nommage arbitraire des périphériques