

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Voies de transmission

*C'est par là que ça passe !*

Luc Lavoie  
Département d'informatique  
Faculté des sciences  
luc.lavoie@USherbrooke.ca

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 1

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Plan

- Modèle
- Liaisons câblées
  - Câbles, fils et brins
  - Câble électrique
  - Paire torsadée
  - Câble coaxial
  - Fibre optique
- Liaisons non câblées
  - Ondes radio
  - Micro-ondes
  - Infrarouge
  - Lumière visible
  - Satellites
- Les connecteurs
- Les antennes
- Les problèmes
  - voies câblées
  - voies hertziennes

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 2

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Modèle

- Modèle ondulatoire
  - signal
  - électromagnétique
  - lumineux
- Limites
  - Shanon, Nyquist et les autres
- Transmission
  - analogique
  - numérique

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 3

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Modèle

### Signal et onde

- Signal
  - Un *signal* est une variation dans le temps d'un phénomène physique
- Onde
  - Les signaux sonores, électromagnétiques et lumineux peuvent être modélisés par une onde
  - Un signal ondulatoire est caractérisée par
    - amplitude
    - période
    - phase
  - Une onde porteuse est caractérisée par
    - vitesse de propagation
    - atténuation

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 4

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Modèle Perturbations

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 5

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Modèle Perturbations - définitions

- ❑ **affaiblissement** ou **atténuation** : le signal arrive plus faible et, lorsque l'affaiblissement dépend de la fréquence, le signal subit des distorsions non linéaires qui créent diverses interférences harmoniques.
- ❑ **amortissement** : le canal résiste aux changements brusques de niveau de voltage, ce qui arrondit l'épaulement des signaux et peut causer une mauvaise lecture.
- ❑ **retard** : le signal arrive en plusieurs copies avec décalage entre les copies ; ou bien les diverses composantes du signal n'arrivent pas en même temps. Dans tous les cas, la partie en retard interfère avec les éléments qui le suivent.
- ❑ **interférence** (avec d'autres signaux sur le même support) sur le même câble ou sur câbles voisins : diaphonie causée par des perturbations électromagnétiques diverses (*crosstalk*), interférences des échantillons suivants sur un support multi-canaux TDM.
- ❑ **auto-interférence** : écho, repliement du signal sur lui-même suite à une numérisation mal filtrée ;
- ❑ **bruit blanc et impulsionnel** : variations aléatoires continues ou occasionnelles du signal (bruit thermique, atmosphérique, cosmique ou provenant d'autres composants de l'appareil ou d'autres appareils) ;
- ❑ **bruit de numérisation** : lorsque le signal traverse un réseau qui numérise le signal émis.

*numérisation == quantification*

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 6

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Modèle

### Les limites

---

- Tout canal est limité par
  - propriétés physiques
  - théorie de l'information
- Travaux de Shannon, Nyquist, etc.
- Hors cours

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 7

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Types de transmission

### Présentation

---

- Transmission analogique
  - mise en relation de deux phénomènes physiques (variation de pression d'air et variation de courant)
- Transmission numérique
  - mise en relation d'une grandeur abstraite et de niveaux d'intensité d'un phénomène physique (nombre et seuils de tension)

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 8

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Types de transmission

### Définition

---

- ❑ **Analogique** : le signal représente directement la valeur de l'information analogique qu'elle transmet, soit par les variations de la tension du signal, de la fréquence du signal ou par les variations d'une autre caractéristique physique.
- ❑ **Hybride** : le signal présente une succession de valeurs analogiques échantillonnées (non quantifiées). Chaque intervalle de temps véhicule une valeur analogique qui demeure stable pour la durée dudit intervalle. Ce signal est analogique en amplitude (ou autre paramètre) mais discret dans le temps. Ce type particulier de signal sert en téléphonie pour transmettre simultanément plusieurs conversations sur un même support.
- ❑ **Numérique** : le signal est constitué d'une séquence de signaux élémentaires transmis les uns après les autres, chacun durant une brève période de temps. Les signaux sont choisis parmi un ensemble fini de valeurs ou formes prédéfinies (voltage, fréquence, etc.)  
Si l'ensemble ne comporte que 2 éléments, on a une transmission binaire ; si l'ensemble est plus riche, les éléments supplémentaires servent alors soit à transporter plusieurs bits par élément, soit à inclure de la redondance afin d'aider à la synchronisation ou à la correction des erreurs de transmission.

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 9

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Types de transmission

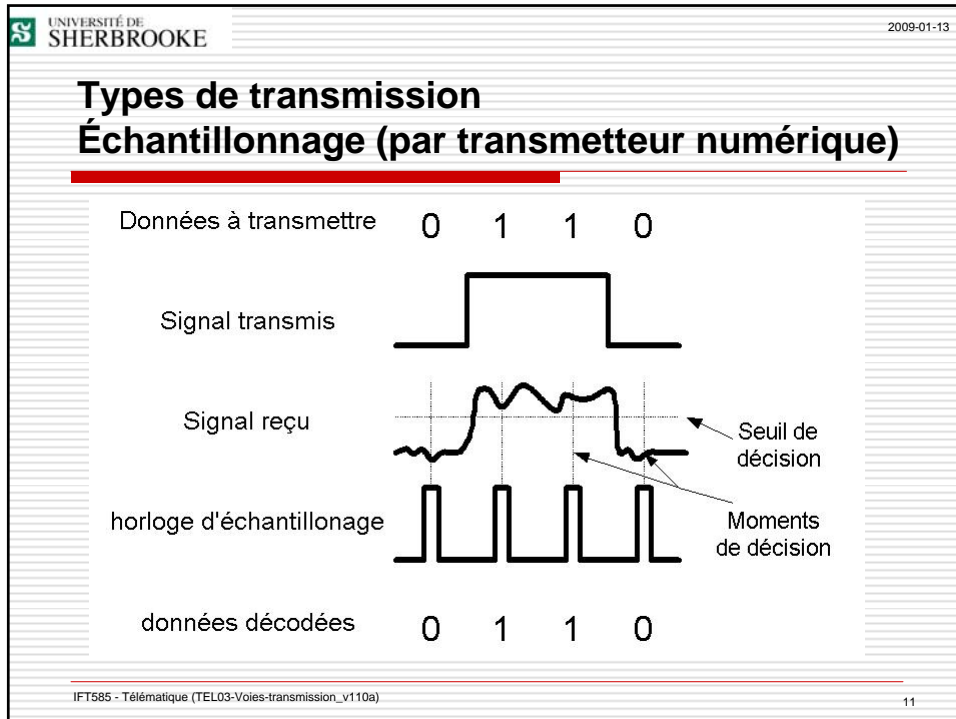
### Transformation (numérique <-> analogique)

---

- ❑ **Codec** : (codeur / décodeur) transforme de l'information analogique en signaux numériques, par exemple pour transmettre des signaux de télévision sur une fibre optique, et, reconvertit les signaux numériques en information analogique à l'arrivée.
- ❑ **Transmetteur numérique** : transforme des données numériques en signaux numériques, par exemple pour transmettre sur un canal Ethernet.
- ❑ **Modem** : (modulateur / démodulateur) transforme des données numériques en signaux numériques *modulés*. À la réception, reconvertit les signaux numériques modulés en données numériques.

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 10



UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Types de transmission

### Le point

Qu'avez-vous compris sur les types de transmission ?

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 12

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Modes de transmission numérique

### Définition

---

Il y a deux modes principaux de transmission

- Transmission en bande de base (sans modulation)
  - lorsque les éléments de signal prennent la forme de séquences simples de variation des caractéristiques physiques
- Transmission à bande large (avec modulation)
  - lorsque les éléments de signal sont modulés par une onde porteuse

*... avec tout ça, « il » ne nous dit toujours pas ce que veut dire moduler*

*C'est utiliser une onde porteuse comme signal de référence et « encoder » les valeurs à transmettre comme déformation de cette onde porteuse. La transmission est donc continue (contrairement à la technique de la bande de base).*

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 13

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Modes de transmission numérique

### Utilisation (pourquoi et quand moduler)

---

- Bande de base (sans modulation)
  - facile à produire et à utiliser
  - sensible aux perturbations
  - sous-utilisation de la capacité de transmission
- Bande large (avec modulation)
  - plus difficile à produire et à utiliser
  - moins sensible aux perturbations
  - pleine utilisation de la capacité de transmission

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 14

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Modes de transmission numérique Modulation en amplitude

---

a) Transmission n-aire à 16 niveaux

b) Transmission binaire (à 2 niveaux)

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a)
15

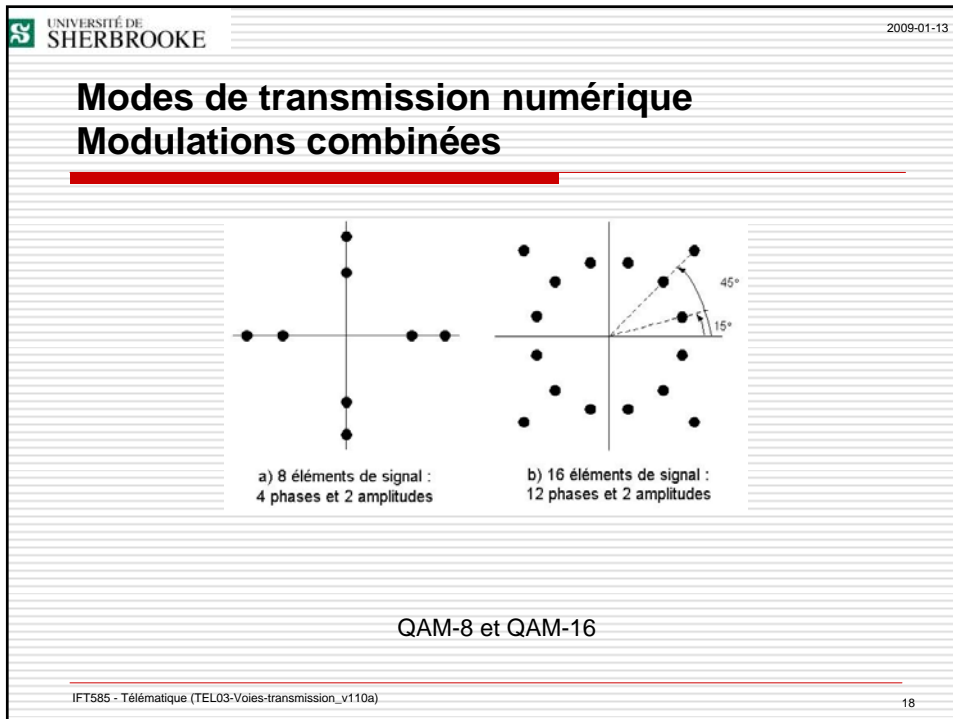
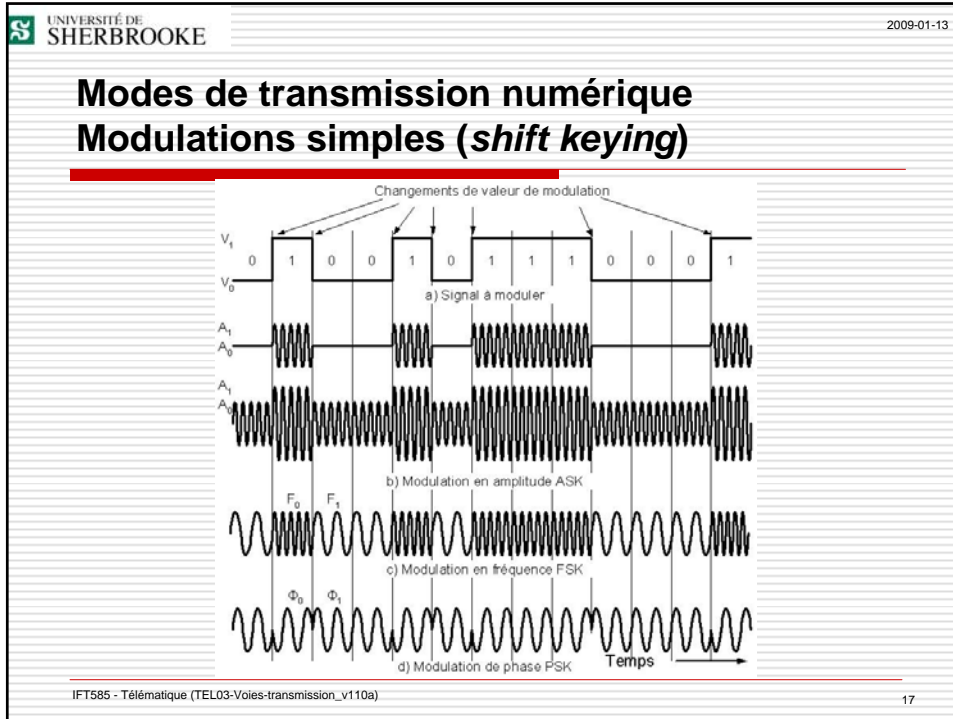
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Modes de transmission numérique Modulation en fréquence

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a)
16





UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Modes de transmission numérique

### Le point

---

- Qu'avez-vous compris des modes de transmission numérique ?

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 19

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Multiplexage

### Définition [GDT]

---

- Opération qui consiste à combiner en un seul signal composite plusieurs signaux provenant de sources différentes, afin de pouvoir les transmettre simultanément sur une seule voie de communication.
- Notes :
  - Le multiplexage permet de reconnaître à chaque signal sa propre origine, soit en lui attribuant une fréquence propre à l'intérieur d'une bande de fréquences, soit en lui réservant un intervalle de temps de transmission, ou soit encore en lui attribuant un code d'identification.
  - Une opération de multiplexage est normalement suivie d'une opération de démultiplexage.

---

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 20

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Multiplexage Multiplexage en fréquence

(a) (b)

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 21

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Multiplexage Le point

Qu'avez-vous compris du multiplexage ?

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 22

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission

### Présentation

---

#### Éléments

- passif
  - câbles
  - connecteurs
  - antennes
- semi-actif
  - amplificateur
  - répéteur
  - etc.
- actif
  - aiguilleur
  - proxy
  - garde-barrière
  - etc.

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 23

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission

### Câbles, fils et brins

---

- câbles
  - mono-conducteurs
  - multi-conducteurs
- câbles
  - cylindriques
  - plats
- gaines
  - mécaniques
  - isolantes
- composition des fils
  - mono-brins
  - multi-brins
- agrégation des fils
  - droits
  - torsadés

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 24

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission

### Câble électrique

- Bruit environnant très élevé et instable
  - fort bruit impulsionnel : démarrage et arrêt d'appareils électriques
- Réglementation limitative quant aux fréquences et à l'amplitude maximale de l'émetteur.
  - on ne peut pas émettre plus fort pour compenser le bruit.
- Bande passante partagée avec des appareils « polluant » l'espace fréquentiel
  - par exemple, moniteur de bébé
- Impédance de la ligne passe d'un extrême à l'autre et souvent de façon cyclique
  - par exemple, switching transformer
- Deux prises qui semblent voisines sont souvent très « loin » l'une de l'autre
  - incidence de la topologie de câblage et de la distribution de phase
- Connectivité asymétrique
  - si A entend B cela n'implique pas que B entend A
- Réseau local d'une maison est généralement couplé avec celui de tous ses voisins
  - du moins, jusqu'au prochain transformateur

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 25

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission

### Paires torsadées

- « Annulation »
  - courant induit
- Interconnexion
  - 2
  - N
  - RJ-10, 12, 45
- Modes
- Gains
- Types
  - UTP
  - STP
  - FTP
  - SFTP
- Catégories
  - 1..7, 5e

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 26

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission Paires torsadées - l'offre

Cat.	Type	Débit (Mbps)	Distance (mètres)	Utilisés par
1	UTP	1	90	Modem
2	UTP	4	90	Token-Ring-4
3	UTP et STP	10	100	10 Base T Ethernet
4	UTP	16	100	Token-Ring-16
5	UTP et STP	100	200	100 Base T
5e	UTP et FTP	< 1 Gbps	< 200	1000 Base T ; 155 Mbps ATM
6	UTP, STP et FTP	< 1 Gbps	< 600	1000 Base TX
7	SFTP	< 10 Gbps	< 600	10 Gigabit Ethernet et plus

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 27

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission Paires torsadées - un bilan

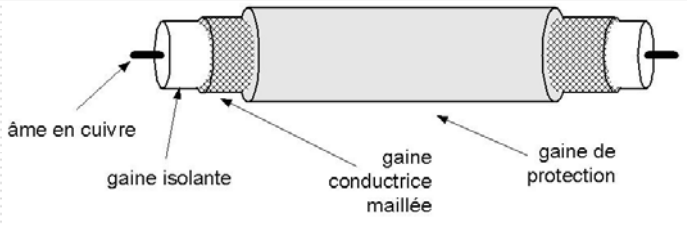
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie bien développée. Grande polyvalence.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensible aux interférences électromagnétiques externes. Taux d'erreur très élevé.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Support le moins coûteux pour installer un réseau local.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les paires torsadées sont plus sensibles aux intempéries. Si le câble doit passer à l'extérieur, il doit être protégé contre la foudre et la corrosion.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Technique de connexion des appareils bien maîtrisée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Génère des ondes magnétiques et électriques qui peuvent être interceptées (UTP).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Installation rapide et facile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diaphonie entre deux fils, surtout à leurs extrémités, qui peuvent causer des erreurs.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Principal type de câble utilisé pour les téléphones dans un bureau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La utilisée pour les téléphones n'est pas robuste. Elle est très sensible aux interférences.</li> </ul>

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 28

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Supports ou voies de transmission Câble coaxial - présentation



âme en cuivre  
gaine isolante  
gaine conductrice maillée  
gaine de protection

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 29

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Supports ou voies de transmission Câble coaxial - un bilan

Avantages	Inconvénients
Technologie bien développée. Installation rapide et facile sauf pour les câbles de câblodistribution (à large bande). N'émet presque pas de signaux. À l'abri des interférences.	Le câble de câblodistribution à large bande est gros et rigide. Il faut utiliser des outils et des connecteurs spéciaux pour les raccordements.
Technologie de connexion des appareils bien maîtrisée.	Les câbles coaxiaux et de câblodistribution de haute qualité sont assez chers contrairement à la paire torsadée.
Coût abordable pour de courtes distances.	Pour câbler un réseau sur de grandes distances, un répéteur doit être utilisé en raison de problèmes d'atténuation.

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 30

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission Fibres optiques - présentation

□ voir notes de lectures

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 31

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission Fibres optiques - monomode vs multimode

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 32



UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Supports ou voies de transmission Fibres optiques - un bilan

Avantages	Inconvénients
Bande passante inégalée	Raccordement et connexion délicats, connecteurs coûteux. Passage inévitable au cuivre pour les couches plus élevées.
Faible atténuation au km	Support fragile (traction et pression)
Perturbations minimales	Durée de vie limitée du support (typiquement 20 ans)

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 33

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE 2009-01-13

## Liaisons non câblées De quoi parle-t-on ?

- Ondes radio
  - ondes moyennes
  - ondes courtes
- Faisceaux hertziens (micro-ondes)
- Ondes lumineuses
  - infrarouge
  - lumière visible
- Satellites
  - à haute, moyenne ou basse altitude
  - géostationnaires ou non

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 34

UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

2009-01-13

## Liaisons non câblées Environnement

- **espace** (au delà de 500 km) comprend l'exosphère
- **ionosphère** (40 à 500 km) qui présente des couches ionisées dont la densité d'ionisation dépend fortement de l'heure, de la saison et de l'activité des taches solaires (cycle d'environ 11 ans). Cette région joue un rôle important dans la propagation des ondes radioélectriques. Elle est le siège de phénomènes de réfraction, de réflexion et d'absorption. Elle est souvent divisée en deux sous-couches :
  - mésosphère
  - thermosphère
- **stratosphère** (15 à 40 km) pratiquement dépourvue de vapeur d'eau et dont la température croît avec l'altitude avant de se stabiliser;
- **troposphère** (altitude inférieure à 15 km) caractérisée par sa turbulence (vents), la présence de vapeur d'eau (nuages) et d'une diminution de température avec l'altitude. On y constate un gradient de l'indice de réfraction qui a pour effet de courber la trajectoire des ondes électromagnétiques en direction du sol;

*source de l'illustration : Wikipédia*  
*notez les différences d'altitude des frontières – expliquez!*

Le diagramme illustre la structure de l'atmosphère terrestre en couches colorées et étiquetées :

- Exosphère** (au-dessus de 630 km) : représentée en noir.
- Ionosphère** (entre 40 et 500 km) : représentée en bleu foncé, divisée en deux sous-couches :
  - Thermosphère** (au-dessus de 100 km) : contient une illustration d'une navette spatiale.
  - Mésosphère** (entre 50 et 100 km) : contient une illustration de l'aurore boréale.
- Stratosphère** (entre 15 et 40 km) : représentée en vert clair, contient une illustration d'un ballon météo.
- Troposphère** (de 0 à 15 km) : représentée en vert foncé, contient une illustration d'un avion et du Mont Everest.

IFT585 - Télématique (TEL03-Voies-transmission\_v110a) 35