

Objectifs du chapitre :

- Mettre en œuvre un système de transmission d'informations
- Identifier les principaux types de systèmes de transmission
- Comprendre que la transmission s'appuie sur une onde (sonore, lumineuse, électromagnétique)
- Connaître le principe de la fibre optique (réflexion totale interne)

1. Introduction – Contexte métier**CONTEXTE CHANTIER**

Sur un chantier de construction d'immeuble de bureaux : l'électricien câble les prises RJ45 pour le réseau informatique, tire les fibres optiques jusqu'au local technique, installe les bornes WiFi, branche les interphones vidéo et configure le système d'alarme incendie sans fil. Toutes ces installations reposent sur un même principe : **transmettre une information d'un point à un autre via un signal physique.**

Un **signal** est une grandeur physique qui varie dans le temps et qui transporte de l'information. Pour communiquer, il faut toujours :

- Un **émetteur** qui produit le signal
- Un **canal de transmission** (l'air, un câble, une fibre...)
- Un **récepteur** qui capte et interprète le signal



Schéma général d'un système de transmission d'information

2. Types de transmission

DÉFINITION

Propagation libre (sans fil) : le signal se propage dans l'espace sans support matériel. On utilise des ondes électromagnétiques (radio, WiFi, Bluetooth, 4G/5G) ou des ondes lumineuses (infrarouge des télécommandes).

DÉFINITION

Propagation guidée (avec fil) : le signal est guidé dans un support physique. Exemples : câble électrique en cuivre, câble coaxial (antenne TV), fibre optique.

Type	Support	Vitesse	Débit max	Applications métier	Avantages / Inconvénients
Câble téléphonique (cuivre)	Fil cuivre	$\sim 2 \times 10^8$ m/s	~ 6 Mbit/s	Téléphonie, ADSL	Peu coûteux / Débit faible, distance limitée
Câble coaxial	Conducteur + gaine	$\sim 2 \times 10^8$ m/s	~ 100 Mbit/s	TV câblée, vidéosurveillance	Blindé contre parasites / Rigide, lourd
WiFi (802.11ac/ax)	Air (ondes radio)	3×10^8 m/s	~ 600 Mbit/s	Réseau bureaux, domotique	Sans fil / Sensible aux interférences
Fibre optique	Verre/plastique	$\sim 2 \times 10^8$ m/s	> 10 Gbit/s	Réseau immeuble, FTTH	Très haut débit, insensible aux parasites / Fragile à la courbure
Bluetooth	Air (ondes radio)	3×10^8 m/s	~ 2 Mbit/s	Domotique, capteurs sans fil	Faible consommation / Courte portée

3. Les ondes utilisées pour transmettre

PROPRIÉTÉ

Onde sonore : vibration mécanique qui se propage dans un milieu matériel (air, eau, béton...). Elle **ne se propage pas dans le vide**. Vitesse dans l'air : $v \approx 340$ m/s.

PROPRIÉTÉ

Onde lumineuse : onde électromagnétique visible. Se propage dans le vide à $c = 3 \times 10^8$ m/s. Utilisée dans la fibre optique et les télécommandes infrarouges.

PROPRIÉTÉ

Onde électromagnétique (radio, WiFi, 4G) : se propage dans le vide et dans l'air à la vitesse de la lumière $c = 3 \times 10^8$ m/s. Pas besoin de support matériel.

ATTENTION

Les ondes sonores **ne peuvent pas se propager dans le vide** (elles ont besoin d'un milieu matériel pour faire vibrer les molécules). En revanche, les ondes électromagnétiques (lumière, WiFi, radio) se propagent très bien dans le vide.

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (\text{vitesse de la lumière dans le vide})$$

Vitesse du son dans l'air : $v \approx 340$ m/s — soit presque 1 million de fois plus lente que la lumière !

MÉTHODE

Identifier le type d'onde et déterminer sa vitesse de propagation

1. **Identifier la nature de l'onde** : s'agit-il d'un son (vibration mécanique) ou d'une onde électromagnétique (lumière, WiFi, radio, infrarouge) ?
2. **Déterminer le milieu de propagation** : l'onde se propage-t-elle dans l'air, dans le vide, dans un câble, dans une fibre ?
3. **Appliquer la bonne vitesse** :
 - Onde sonore dans l'air $\rightarrow v \approx 340$ m/s
 - Onde électromagnétique dans le vide ou l'air $\rightarrow c = 3 \times 10^8$ m/s
 - Lumière dans une fibre optique (verre) $\rightarrow v \approx 2 \times 10^8$ m/s
4. **Vérifier la cohérence** : si l'onde est sonore, elle ne peut pas se propager dans le vide. Si l'onde est électromagnétique, elle se propage dans le vide et dans l'air à la même vitesse.

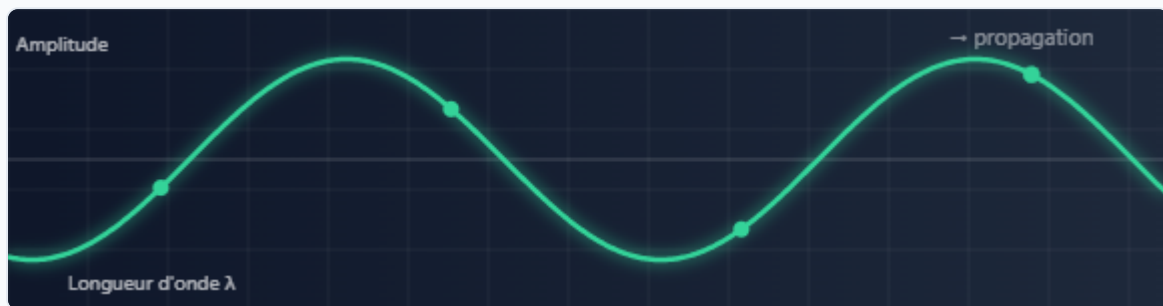
APPLICATION

Un interphone vidéo envoie un signal WiFi depuis la porte d'entrée d'un showroom jusqu'à un écran en réception, à 15 m de distance. Calculer le temps de propagation du signal.

Données : $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

4. Animation – Propagation d'une onde

Type : Onde sonore (340 m/s)



Simulation de la propagation d'une onde sinusoïdale. La vitesse est représentée proportionnellement.

5. La fibre optique – Réflexion totale interne

DÉFINITION

La **fibre optique** est un fil en verre ou en plastique très pur qui guide la lumière grâce au phénomène de **réflexion totale interne**. La lumière rebondit indéfiniment à l'intérieur du cœur de la fibre sans sortir.

CONDITION DE RÉFLEXION TOTALE

Pour que la lumière soit totalement réfléchie (sans sortir de la fibre), il faut :

- L'indice du **cœur** > l'indice de la **gaine** ($n_{\text{cœur}} > n_{\text{gaine}}$)
- L'angle d'incidence > angle critique θ_c

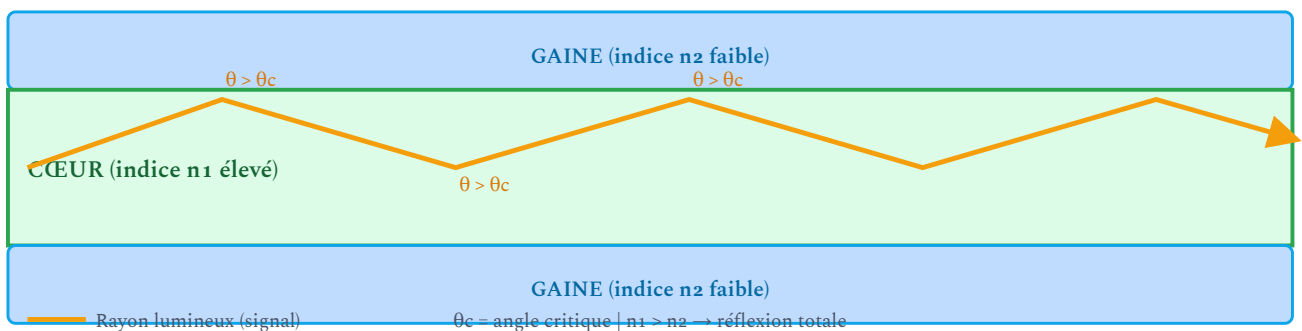
MÉTHODE

Vérifier si la réflexion totale a lieu dans une fibre optique

1. **Relever les indices de réfraction** : noter l'indice du cœur (n_1) et l'indice de la gaine (n_2).
2. **Comparer les indices** : vérifier que $n_1 > n_2$. Si ce n'est pas le cas, la réflexion totale est impossible et la fibre ne peut pas guider la lumière.
3. **Calculer l'angle critique** : $\theta_c = \arcsin(n_2 / n_1)$. Par exemple, si $n_1 = 1,48$ et $n_2 = 1,46$: $\theta_c = \arcsin(1,46 / 1,48) \approx 80,6^\circ$.
4. **Conclure** : tout rayon lumineux arrivant sur l'interface cœur/gaine avec un angle d'incidence supérieur à θ_c sera totalement réfléchi et restera piégé dans le cœur.

APPLICATION

Une fibre optique a un cœur d'indice $n_1 = 1,50$ et une gaine d'indice $n_2 = 1,45$. Vérifier que la réflexion totale interne est possible ($n_1 > n_2$), puis calculer l'angle critique θ_c .



Réflexion totale interne dans une fibre optique : le rayon lumineux "rebondit" entre cœur et gaine

EXEMPLE CONCRET

Fibre optique monomode (utilisée en FTTH – Fibre jusqu'au logement) :

- Diamètre du cœur : $\sim 9 \mu\text{m}$ (9 millièmes de mètre !)
- Indice cœur : $n_1 \approx 1,48$ | Indice gaine : $n_2 \approx 1,46$
- Débit possible : $> 100 \text{ Gbit/s}$ sur des milliers de kilomètres
- Atténuation faible : le signal s'affaiblit peu sur de longues distances

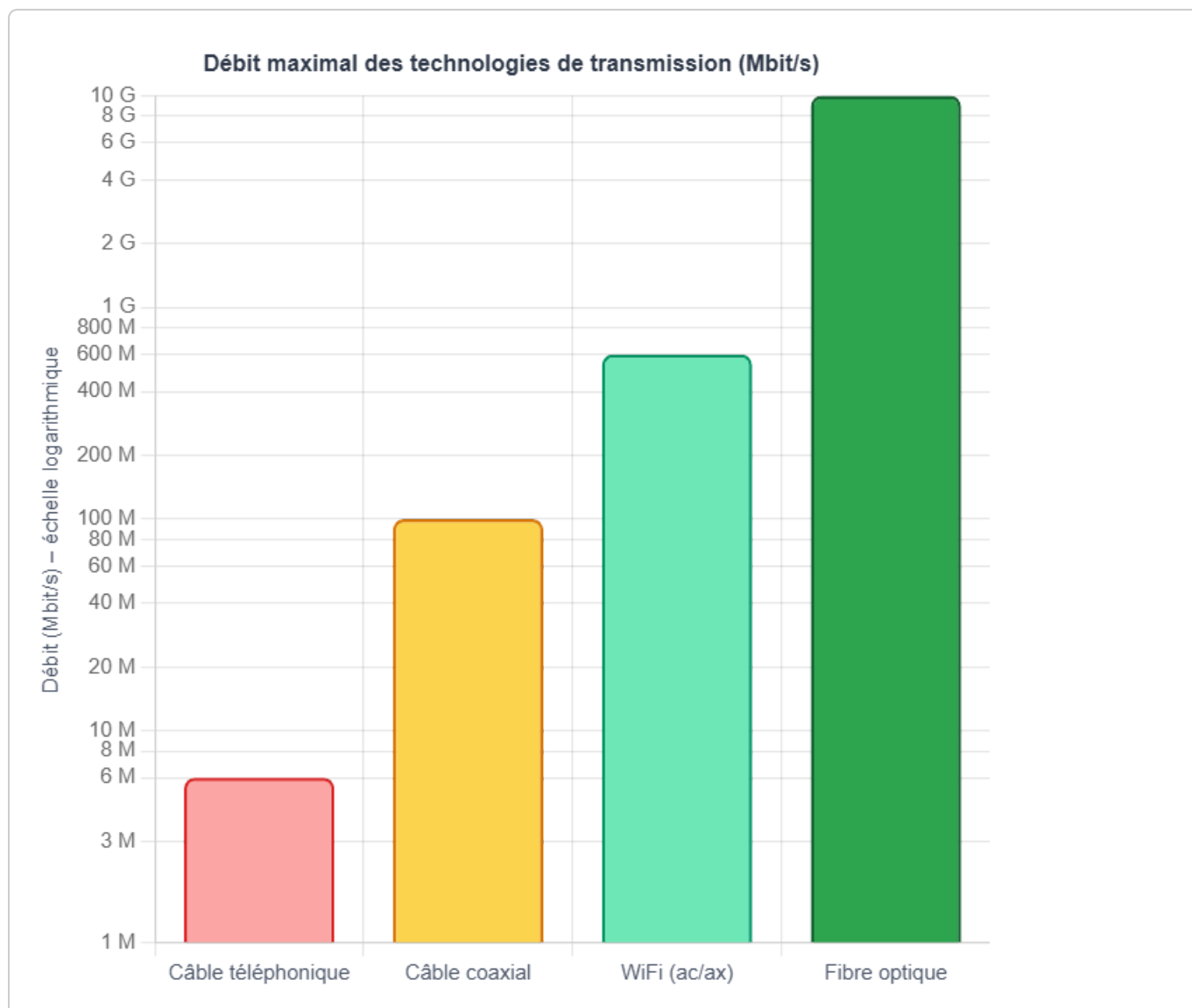
À retenir – Avantages de la fibre optique :

- **Très haut débit** (dizaines de Gbit/s)
- **Insensible aux perturbations électromagnétiques** (pas de parasites radio)
- **Faibles pertes** sur de longues distances
- **Légère et fine** (facile à tirer dans les gaines)
- **Sécurisée** (difficile à intercepter)

ATTENTION AUX ERREURS FRÉQUENTES

- La fibre optique transporte de la **lumière**, pas de l'électricité. Elle ne conduit pas le courant.
- Ne pas confondre fibre optique (guidée) et WiFi (propagation libre).
- La lumière dans la fibre ne se propage pas exactement à $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ mais à environ $2 \times 10^8 \text{ m/s}$ (ralentissement dû au verre).
- La fibre est **fragile à la courbure excessive** : un rayon de courbure trop petit casse la réflexion totale et le signal est perdu.

6. Comparaison des débits – Graphique



Échelle logarithmique : chaque graduation représente une multiplication par 10. La fibre optique offre un débit ~100 fois supérieur au câble coaxial !

7. Applications concrètes aux métiers de l'agencement

APPLICATION BÂTIMENT / ELECTRICITÉ

Câblage réseau dans un immeuble de bureaux :

L'électricien tire les câbles RJ45 (cat. 6A) pour le réseau cuivre (1 Gbit/s par poste) et les fibres optiques pour le réseau vertical (backbone) entre les étages. Un switch Ethernet en local technique relie tout. Les normes NF EN 50173 imposent les distances max (90 m pour le cuivre).

APPLICATION DOMOTIQUE / SANS FIL

Maison connectée (domotique Zigbee / Z-Wave) :

Les volets roulants, éclairages, thermostats et alarmes communiquent sans fil via des ondes radio (868 MHz pour Z-Wave, 2,4 GHz pour Zigbee). L'électricien programme le système et place les répéteurs pour couvrir toute la surface. Ces ondes traversent les murs mais sont atténuées par le béton.

APPLICATION ALARME / VIDÉOSURVEILLANCE

Système d'alarme incendie :

Les détecteurs de fumée envoient leur signal via le câble de sécurité incendie (propagation guidée) ou via une radio-fréquence dédiée (propagation libre). Le tableau de signalisation centralise les informations. Norme SSI NF S 61-931.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Comment choisir entre filaire et sans fil sur un chantier ?

1. Si le bâtiment est neuf → préférer le **filaire** (plus fiable, haut débit, pas d'interférences)
2. Si rénovation sans gaine possible → **sans fil** (WiFi, radio)
3. Pour de longues distances ou très hauts débits → **fibre optique**
4. Vérifier les normes (NF EN 50173, NF C 15-100...)

APPLICATION

Un atelier de fabrication de meubles veut relier son logiciel de commande numérique (CNC) à son serveur situé à 80 m dans un autre bâtiment. Quel type de transmission recommandez-vous, et pourquoi ?

8. Mini exercices

Exercice 1. Une fibre optique utilise la lumière comme signal. Quelle est la vitesse approximative de la lumière dans le vide ?

► [Voir la réponse](#)

Exercice 2. Quel phénomène physique permet de guider la lumière à l'intérieur d'une fibre optique sans qu'elle ne s'échappe ?

► [Voir la réponse](#)

Exercice 3. Citer deux avantages de la fibre optique par rapport au câble électrique en cuivre pour le câblage d'un immeuble de bureaux.

► [Voir la réponse](#)

Exercice 4. Dans une maison connectée, la borne WiFi envoie des signaux pour contrôler les volets roulants. Quel type d'onde utilise le WiFi ? Ces ondes peuvent-elles se propager dans le vide ?

► [Voir la réponse](#)

À retenir – Essentiel du chapitre 7 :

- Tout système de transmission = **Émetteur** → **Canal** → **Récepteur**
- Deux types de propagation : **libre** (sans fil : WiFi, radio) et **guidée** (avec fil : câble, fibre)
- Trois types d'ondes : **sonores** (340 m/s, besoin d'un milieu), **lumineuses** et **électromagnétiques** (3×10^8 m/s, propagation dans le vide)
- Fibre optique = guidage de la lumière par **réflexion totale interne** ($n_{\text{cœur}} > n_{\text{gaine}}$)
- Fibre optique : **meilleur débit**, insensible aux parasites, longues distances

Erreurs fréquentes

✗ Croire qu'une onde sonore peut se propager dans le vide

Une onde sonore est une vibration mécanique qui nécessite un milieu matériel (air, eau, solide). Dans le vide, il n'y a pas de son.

Conseil : retenir que les ondes électromagnétiques (lumière, WiFi) se propagent dans le vide, pas le son.

✗ Inverser les conditions de la fibre optique (n_1 et n_2)

La réflexion totale interne nécessite $n_{\text{cœur}} > n_{\text{gaine}}$. Si $n_{\text{gaine}} > n_{\text{cœur}}$, la lumière s'échappe — la fibre ne guide pas.

Conseil : penser que le cœur plus "dense" optiquement (indice plus élevé) piège la lumière.

✗ Confondre transmission guidée et libre

La transmission guidée utilise un support physique (câble, fibre). La transmission libre (WiFi, radio) ne nécessite pas de support mais est plus sensible aux interférences.

Conseil : "guidée" = câble ou fibre ; "libre" = onde dans l'air (WiFi, Bluetooth, radio).

✗ Confondre signal analogique et numérique

Un signal analogique varie de façon continue (valeur quelconque). Un signal

numérique ne prend que des valeurs discrètes (0 ou 1 en binaire). Le numérique est plus résistant au bruit.

Conseil : le WiFi, la fibre optique et le Bluetooth transmettent des signaux numériques.

Simulation interactive

Transmettre l'information

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

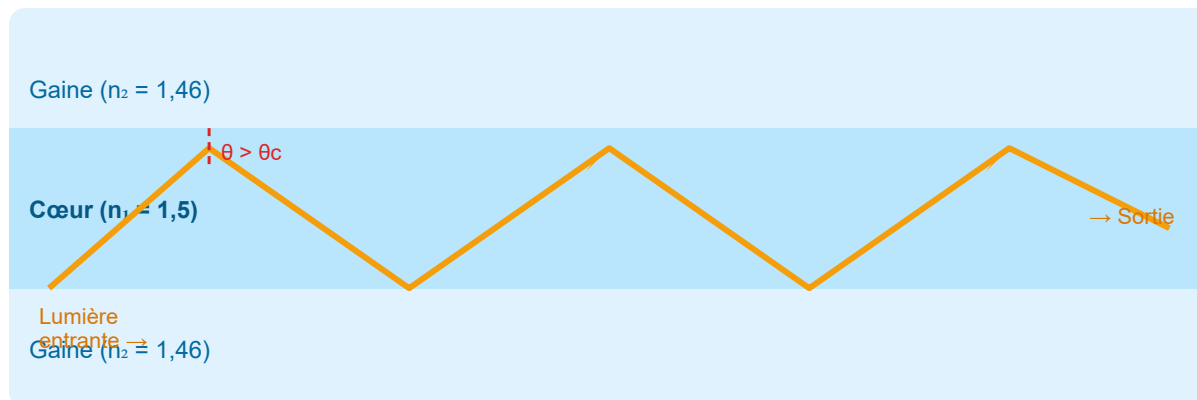
Rappels du cours :

- **Ondes électromagnétiques** : $c = \lambda \cdot f$ avec $c = 3 \times 10^8$ m/s, λ en mètres, f en hertz.
- **Types de supports** : filaire (câble cuivre, fibre optique) ou sans fil (radio, WiFi, Bluetooth, 4G).
- **Fibre optique** : la lumière se propage par réflexion totale interne lorsque l'angle d'incidence dépasse l'angle critique θ_c tel que $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$.
- **Atténuation** : $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}\right)$ en dB (valeur négative si perte).
- **Débit** : quantité d'information transmise par seconde, exprimé en bit/s, Mbit/s ou Gbit/s.

Tableau récapitulatif des technologies de transmission

Technologie	Support	Débit typique	Portée	Sensibilité aux perturbations EM
Bluetooth	Sans fil (2,4 GHz)	1 – 3 Mbit/s	~10 m	Élevée
WiFi 5 (802.11ac)	Sans fil (5 GHz)	~1 000 Mbit/s	~50 m	Élevée
4G (LTE)	Sans fil (700 MHz – 2,6 GHz)	~100 Mbit/s	Plusieurs km	Moyenne
Ethernet (câble cuivre)	Filaire (câble paire torsadée)	100 – 1 000 Mbit/s	100 m	Faible (blindage)
Fibre optique	Filaire (verre/plastique)	1 – 10 000 Mbit/s	Plusieurs km	Nulle (lumière)

Schéma - Réflexion totale interne dans une fibre optique



Le rayon lumineux reste confiné dans le cœur par réflexions successives (angle d'incidence > angle critique θ_c).

Schéma - Chaîne de transmission de l'information

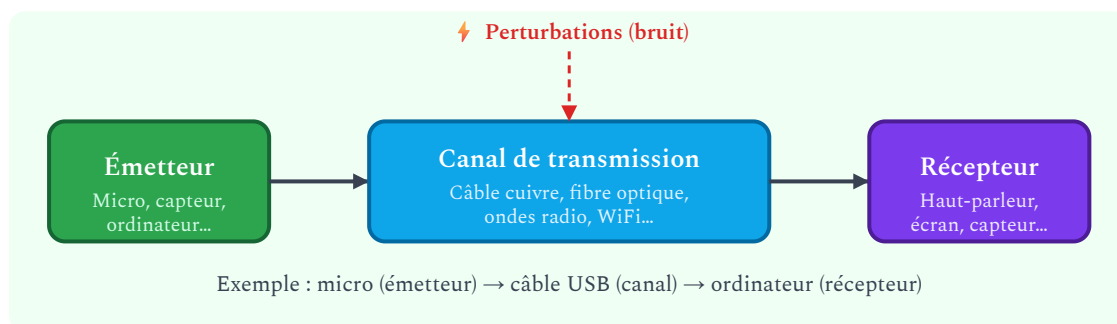


Figure 2 — Chaîne de transmission : toute transmission comporte un émetteur, un canal et un récepteur. Les perturbations s'ajoutent sur le canal.

Signal analogique vs signal numérique

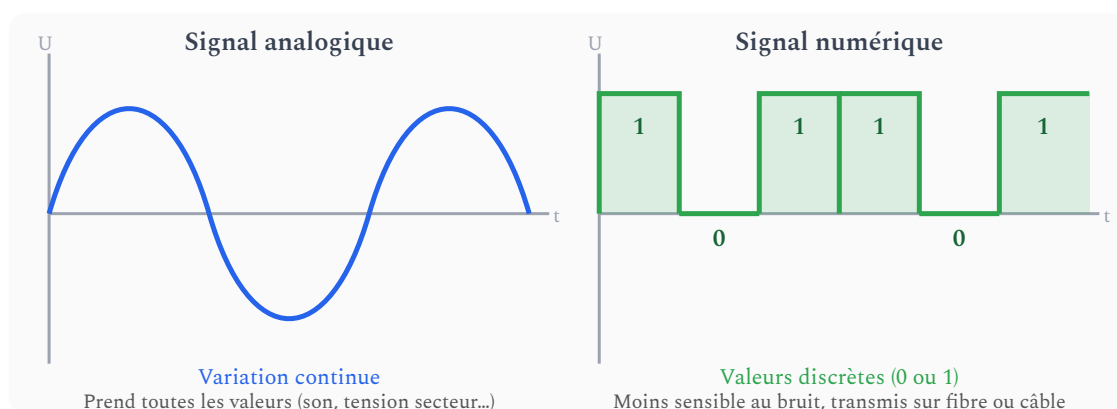


Figure 3 — Signal analogique (valeurs continues) vs signal numérique (bits 0 et 1) : le numérique résiste mieux aux perturbations

Atténuation en fonction de la distance : câble cuivre vs fibre optique

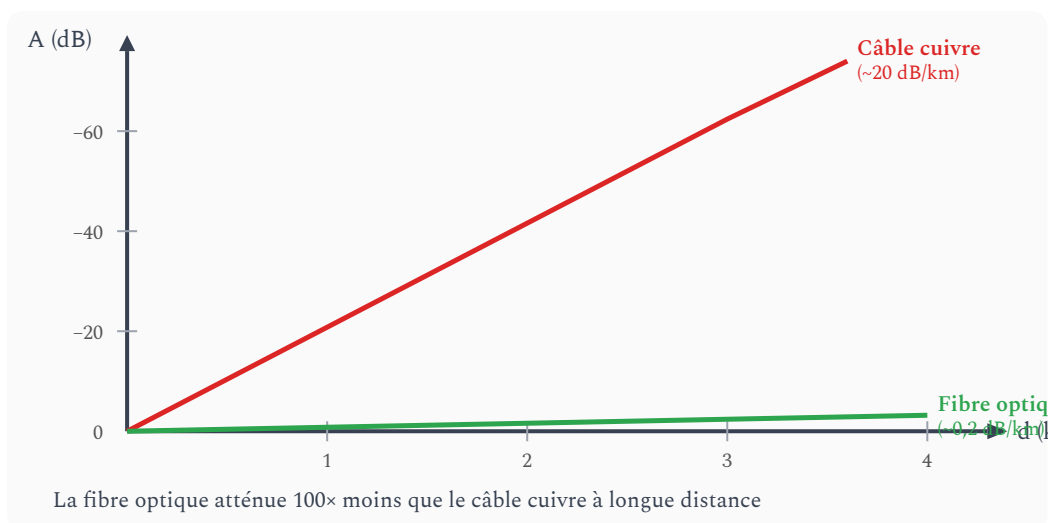


Figure 4 — Atténuation comparée : câble cuivre (~ 20 dB/km) vs fibre optique ($\sim 0,2$ dB/km) — la fibre est indispensable pour les longues distances

EXERCICE 1 Types de transmission – Compléter le tableau**SOCLE**

Un technicien en agencement doit choisir un mode de communication pour relier des capteurs à un automate dans un atelier de menuiserie. Pour cela, il doit d'abord connaître les différents types de transmission.

1. Compléter le tableau suivant :

Type de transmission	Support utilisé	Exemple de technologie	Avantage principal
Filaire	Câble en cuivre ou fibre optique		
Sans fil			Pas besoin de câbles

Aide : choisir parmi les mots suivants : **Ethernet – WiFi – ondes radio – fiabilité et débit élevé.**

2. Parmi les technologies suivantes, indiquer si elles sont filaires (F) ou sans fil (SF) :

Technologie	F ou SF ?
Bluetooth	
Fibre optique	
WiFi	
Câble Ethernet	
4G	

3. Dans un atelier de menuiserie avec des machines qui produisent des perturbations électromagnétiques, est-il préférable d'utiliser une liaison filaire ou sans fil ? Justifier en une phrase.

Mes calculs :

[illegible]

EXERCICE 2 Calcul guidé de la longueur d'onde – WiFi à 5 GHz

SOCLE

Un agenceur installe un réseau WiFi dans un showroom d'exposition de meubles. Le réseau WiFi émet à la fréquence $f = 5 \text{ GHz}$.

On rappelle la relation : $\lambda = \frac{c}{f}$ avec $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Étape 1 – Convertir la fréquence en Hz.

On sait que $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$.

Donc : $f = 5 \text{ GHz} = 5 \times 10^{\dots} \text{ Hz}$

Compléter l'exposant :

Étape 2 – Appliquer la formule.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{\dots}} = \frac{3}{5} \times 10^{8-\dots} = \dots \text{ m}$$

Compléter les pointillés.

Étape 3 – Convertir en centimètres.

On sait que $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$.

$\lambda = \dots \text{ m} = \dots \text{ cm}$

Étape 4 – Conclure.

Cette longueur d'onde est-elle plus grande ou plus petite qu'un meuble ? Les meubles du showroom peuvent-ils bloquer le signal WiFi ?

Mes calculs :

EXERCICE 3 Calcul guidé d'atténuation en décibels

SOCLE

Un menuisier-agenceur installe un câble de transmission entre un capteur de température et un automate dans un atelier. On mesure :

- Puissance en entrée du câble : $P_{\text{entrée}} = 2 \text{ mW}$
- Puissance en sortie du câble : $P_{\text{sortie}} = 0,2 \text{ mW}$

On rappelle la formule de l'atténuation : $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}\right)$ en dB.

Étape 1 – Calculer le rapport des puissances.

$$\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = \frac{0,2}{2} = \dots\dots\dots$$

Étape 2 – Trouver le logarithme.

On donne : $\log(0,1) = -1$.

Donc : $\log\left(\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}\right) = \log(\dots\dots\dots) = \dots\dots\dots$

Étape 3 – Calculer l'atténuation.

$$A = 10 \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ dB}$$

Étape 4 – Interpréter le résultat.

Le signe de A est(positif / négatif). Cela signifie que le signal a (gagné / perdu) de la puissance en traversant le câble.

Mes calculs :

EXERCICE 4 Identifier émetteur, canal et récepteur

SOCLE

Un menuisier agenceur utilise un interphone vidéo pour communiquer entre l'atelier et le bureau de réception. Le son et l'image sont transmis par un câble coaxial.

1. Compléter le tableau suivant en identifiant les éléments du système de transmission :

Élément	Rôle dans la transmission
Micro + caméra de l'interphone	
Câble coaxial	
Écran + haut-parleur du moniteur	

Aide : choisir parmi : émetteur – canal de transmission – récepteur.

2. Le câble coaxial est-il un support de propagation libre ou guidée ?

3. L'interphone fonctionne-t-il avec une onde sonore, une onde lumineuse ou une onde électrique ? Justifier en une phrase.

Mes calculs :

EXERCICE 5 Ondes sonores et ondes électromagnétiques – Vrai ou Faux**SOCLE**

Un poseur de cuisines discute avec un collègue par talkie-walkie sur un chantier. Pour chaque affirmation, indiquer si elle est **Vraie** ou **Fausse**, et corriger si elle est fausse.

Affirmation	V ou F ?
a) Le son de la voix se propage dans l'air à environ 340 m/s.	
b) Le talkie-walkie utilise des ondes sonores pour transmettre la voix.	
c) Les ondes radio se propagent dans le vide.	
d) La vitesse de la lumière est d'environ 340 m/s.	
e) Une onde sonore peut se propager dans le vide (par exemple dans l'espace).	

Mes calculs :

EXERCICE 6 Calcul guidé – Temps de propagation d'un signal**SOCLE**

Un technicien d'agencement envoie un fichier de plan depuis son ordinateur au bureau vers l'ordinateur de l'atelier, situé à 60 m, via un câble Ethernet en cuivre.

On rappelle que la vitesse du signal dans un câble en cuivre est environ $v = 2 \times 10^8$ m/s.

La formule de la durée de propagation est : $t = \frac{d}{v}$

Étape 1 – Identifier les données.

Distance : $d = \dots\dots\dots$ m ; Vitesse : $v = \dots\dots\dots$ m/s

Étape 2 – Appliquer la formule.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \text{ s}$$

Étape 3 – Convertir en nanosecondes.

On sait que $1 \text{ s} = 10^9 \text{ ns}$.

$t = \dots\dots\dots \text{ ns}$

Étape 4 – Interpréter.

Ce temps est-il perceptible par un être humain ? (Le temps de réaction humain est d'environ 0,2 s.)

Mes calculs :

EXERCICE 7 Associer technologie et application**SOCLE**

Un installateur d'agencement doit choisir la bonne technologie de transmission pour chaque situation sur un chantier. Relier chaque situation à la technologie la plus adaptée.

Situation	Technologie
A. Relier les ordinateurs d'un bureau sur 80 m	1. Bluetooth
B. Connecter un casque audio sans fil à un téléphone	2. Fibre optique
C. Relier deux bâtiments distants de 2 km avec très haut débit	3. WiFi
D. Accéder à Internet en déplacement sur un chantier	4. Câble Ethernet
E. Permettre aux tablettes de l'équipe de se connecter sans câble dans le showroom	5. 4G

Mes calculs :

EXERCICE 8 La fibre optique – Questions de compréhension guidées

SOCLE

Un artisan menuisier fait installer la fibre optique dans son atelier pour améliorer sa connexion Internet.

1. Quel type de signal la fibre optique transporte-t-elle ? Entourer la bonne réponse :

a) Un signal électrique b) Un signal lumineux c) Un signal sonore

2. Quel phénomène physique permet à la lumière de rester à l'intérieur de la fibre ?

Compléter :

C'est la

Aide : trois mots commençant par R, T et I.

3. Pour que la réflexion totale fonctionne, quelle condition faut-il sur les indices du cœur (n_1) et de la gaine (n_2) ? Cocher la bonne réponse :

☐ $n_1 < n_2$ ☐ $n_1 = n_2$ ☐ $n_1 > n_2$

4. Citer deux avantages de la fibre optique par rapport au câble en cuivre.

Mes calculs :

Exercices de base

EXERCICE 9 Longueur d'onde du WiFi STANDARD

Un réseau WiFi fonctionne à la fréquence $f = 2,4$ GHz. La célérité des ondes électromagnétiques dans l'air est $c = 3 \times 10^8$ m/s.

1. Rappeler la relation entre c , λ et f .
2. Convertir $f = 2,4$ GHz en Hz.
3. Calculer la longueur d'onde λ en mètres. Donner le résultat en cm.
4. Comparer ce résultat à la taille d'une main humaine (~ 10 cm). Que peut-on en conclure sur les obstacles ?

Méthode :

On isole λ dans la relation $c = \lambda \cdot f$, ce qui donne $\lambda = \frac{c}{f}$. Bien vérifier que f est exprimé en Hz (et non en GHz).

Attention : 1 GHz = 10^9 Hz. Ne pas oublier de convertir les unités avant d'appliquer la formule.

Mes calculs :

EXERCICE 10 Fréquence de la lumière infrarouge (fibre optique)

STANDARD

Les fibres optiques utilisent des impulsions lumineuses dans l'infrarouge de longueur d'onde $\lambda = 1550 \text{ nm}$.

1. Convertir $\lambda = 1550 \text{ nm}$ en mètres.
2. Calculer la fréquence f correspondante (avec $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$).
3. Exprimer cette fréquence en THz (térahertz, $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$).

Attention : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. La confusion nm/m est la source d'erreur la plus fréquente dans ce type de calcul.

Mes calculs :

EXERCICE 11 Classement des technologies de transmission

STANDARD

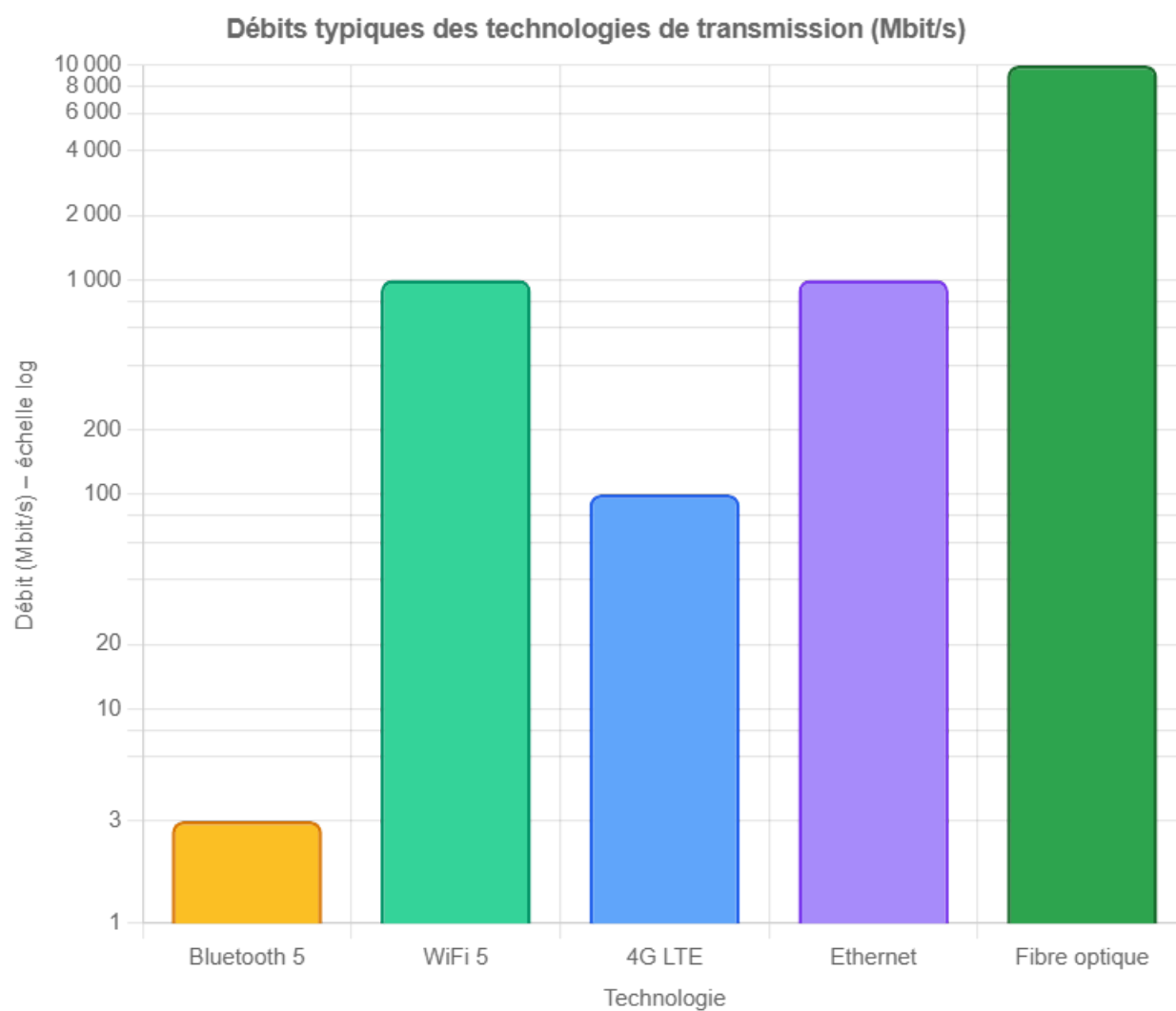
On considère les technologies de transmission suivantes, avec leurs débits typiques :

Technologie	Débit typique
Bluetooth 5.0	3 Mbit/s
WiFi 5 (802.11ac)	1 000 Mbit/s
4G (LTE)	100 Mbit/s
Ethernet Gigabit	1 000 Mbit/s
Fibre optique (FTTH)	10 000 Mbit/s

1. Classer ces technologies du débit le plus faible au plus élevé.
2. Un fichier de 500 Mo doit être transmis. Calculer le temps de transfert avec le Bluetooth, puis avec la fibre. (1 Mo = 8 Mbit)
3. Dans un atelier industriel avec beaucoup d'interférences électromagnétiques, quelle technologie est la plus fiable ? Justifier.

Mes calculs :

Comparaison des débits



Exercices guidés

EXERCICE 12 Calcul d'atténuation en décibels

STANDARD

Un signal traverse un câble de transmission. La puissance en entrée est $P_{\text{entrée}} = 1 \text{ mW}$ et la puissance en sortie est $P_{\text{sortie}} = 0,1 \text{ mW}$.

1. Rappeler la formule de l'atténuation A en dB.
2. Calculer le rapport $\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}$.
3. Calculer l'atténuation A en dB. Commenter le signe obtenu.
4. Si l'on dit qu'un câble a une atténuation de -3 dB , cela correspond à quelle fraction de la puissance initiale conservée ?

Méthode – Calcul en dB :

1. Écrire la formule : $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}\right)$
2. Calculer le rapport de puissances.
3. Appliquer le logarithme décimal ($\log_{10}$, touche "log" de la calculatrice).
4. Multiplier par 10.

Résultats utiles à mémoriser : $\log(0,1) = -1$; $\log(0,5) \approx -0,3$; $\log(1) = 0$;
 $\log(10) = 1$

Mes calculs :

EXERCICE 13 Angle critique dans une fibre optique

STANDARD

Une fibre optique est constituée d'un cœur en verre d'indice $n_1 = 1,5$ et d'une gaine d'indice $n_2 = 1$ (air, pour simplifier).

1. Rappeler la condition de réflexion totale interne : que faut-il sur les indices n_1 et n_2 ?
2. L'angle critique θ_c est défini par : $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$. Calculer θ_c .
3. Un rayon arrive avec un angle d'incidence de 35° . Y a-t-il réflexion totale ? Justifier.
4. Pourquoi, en pratique, la gaine a-t-elle un indice $n_2 = 1,46$ plutôt que 1 ? Quel effet cela a-t-il sur θ_c ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 14 WiFi ou câble Ethernet pour un automate ?

STANDARD

Dans un atelier de fabrication équipé de machines à commande numérique (CNC) et de variateurs de fréquence, on souhaite connecter un automate programmable industriel (API) à un superviseur SCADA. Le débit requis est de 50 Mbit/s. La distance entre l'automate et le superviseur est de 25 m.

1. Identifier les sources potentielles de perturbations électromagnétiques dans cet atelier.
2. Un ingénieur propose d'utiliser le WiFi 5 (débit : 1 000 Mbit/s). Le débit est-il suffisant ? Quels inconvénients peut-on craindre ?
3. Proposer une alternative filaire. Justifier le choix du type de câble (blindé ou non).
4. Quelle solution privilégier pour une installation industrielle ? Argumenter.

Mes calculs :

EXERCICE 15 Longueur d'onde de la 4G

STANDARD

Un chef de chantier utilise son téléphone 4G pour envoyer des photos d'avancement d'un projet d'agencement de bureaux. Le réseau 4G fonctionne à la fréquence $f = 800$ MHz.

1. Convertir $f = 800$ MHz en Hz.
2. Calculer la longueur d'onde λ correspondante ($c = 3 \times 10^8$ m/s).
3. Comparer cette longueur d'onde à celle du WiFi à 5 GHz ($\lambda \approx 6$ cm). Laquelle est la plus grande ?
4. En déduire pourquoi la 4G traverse mieux les murs d'un bâtiment que le WiFi 5 GHz.

Mes calculs :

EXERCICE 16 Temps de téléchargement d'un plan numérique

STANDARD

Un menuisier agenceur doit télécharger un fichier de plans 3D de 240 Mo depuis le serveur de l'entreprise vers sa tablette.

On rappelle : $1 \text{ Mo} = 8 \text{ Mbit}$.

Il peut utiliser trois connexions différentes :

Connexion	Débit réel
WiFi du showroom	60 Mbit/s
4G du téléphone (partage de connexion)	30 Mbit/s
Câble Ethernet du bureau	500 Mbit/s

1. Convertir la taille du fichier en Mbit.
2. Calculer le temps de téléchargement avec chacune des trois connexions. Donner les résultats en secondes.
3. Convertir le temps le plus long en minutes et secondes.
4. Quelle connexion conseiller si le menuisier est pressé ? Et s'il est en déplacement sans accès au bureau ?

Mes calculs :

EXERCICE 17 Comparaison fibre optique et câble cuivre

STANDARD

Un architecte d'intérieur doit choisir entre fibre optique et câble Ethernet cuivre pour relier le bureau d'études au showroom dans un nouveau local commercial. Les caractéristiques sont :

Critère	Câble cuivre (Cat 6)	Fibre optique (monomode)
Débit maximal	1 Gbit/s	10 Gbit/s
Distance maximale	100 m	Plusieurs km
Sensibilité EM	Faible (blindé)	Nulle
Coût au mètre	~1 €/m	~3 €/m
Fragilité	Résistant	Sensible aux courbures

1. La distance entre le bureau d'études et le showroom est de 45 m. Les deux technologies sont-elles utilisables ? Justifier.
2. Le local est situé à côté d'un transformateur électrique. Quel type de câble est le plus adapté ? Pourquoi ?
3. Le budget câblage est limité à 200 €. Quel est le coût de chaque solution pour 45 m ? Laquelle respecte le budget ?
4. Si le débit requis est de 2 Gbit/s (transfert de fichiers 3D volumineux), quelle solution s'impose ? Pourquoi ?

Mes calculs :

EXERCICE 18 Atténuation sur deux câbles différents

STANDARD

Un installateur d'agencement compare deux câbles pour raccorder un capteur d'humidité à une centrale domotique :

- **Câble A** (cuivre) : puissance entrée $P_e = 5$ mW, puissance sortie $P_s = 2,5$ mW
- **Câble B** (fibre optique) : puissance entrée $P_e = 5$ mW, puissance sortie $P_s = 4$ mW

On rappelle : $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_s}{P_e}\right)$ en dB.

Valeurs utiles : $\log(0,5) \approx -0,301$; $\log(0,8) \approx -0,097$

1. Calculer le rapport $\frac{P_s}{P_e}$ pour chaque câble.
2. Calculer l'atténuation A en dB pour chaque câble.
3. Quel câble perd le moins de puissance ? Justifier par les résultats numériques.
4. Quel pourcentage de la puissance initiale est conservé avec chaque câble ?

Mes calculs :

EXERCICE 19 Domotique dans une maison rénovée**STANDARD**

Un aménageur d'intérieur installe un système domotique dans une maison ancienne en rénovation. Le propriétaire souhaite piloter ses volets roulants, son éclairage et son chauffage depuis une application sur son téléphone.

Le système propose deux protocoles sans fil :

Protocole	Fréquence	Portée en intérieur	Débit	Consommation
Zigbee	2,4 GHz	~15 m	250 kbit/s	Très faible
WiFi	2,4 GHz ou 5 GHz	~30 m	300 Mbit/s	Élevée

1. La maison a des murs en pierre de 50 cm d'épaisseur. Quel protocole risque d'être le plus affecté par l'épaisseur des murs ? Pourquoi ?
2. Les capteurs de température fonctionnent sur pile. Quel protocole est le plus adapté pour eux ? Justifier.
3. Le volet roulant électrique n'a besoin de recevoir que des commandes simples (ouvrir/fermer). Le WiFi est-il nécessaire pour cette fonction ?
4. Proposer une organisation du réseau domotique en combinant les deux protocoles. Préciser quel protocole utiliser pour chaque usage.

Mes calculs :

EXERCICE 20 Angle critique – Application numérique simple

STANDARD

Un technicien d'agencement apprend le fonctionnement de la fibre optique. La fibre utilisée a les caractéristiques suivantes :

- Indice du cœur : $n_1 = 1,48$
- Indice de la gaine : $n_2 = 1,46$

On rappelle : $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$

1. Vérifier que la condition $n_1 > n_2$ est respectée.
2. Calculer $\sin \theta_c$.
3. En déduire θ_c à l'aide de la table ci-dessous :

θ	75°	78°	80°	81°	82°	85°
$\sin \theta$	0,966	0,978	0,985	0,988	0,990	0,996

4. Un rayon arrive avec un angle de 85°. Y a-t-il réflexion totale ? Et avec un angle de 75° ?

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 21 Atténuation d'un câble fibre optique de 10 km

APPROFONDISSEMENT

Un lien fibre optique relie une salle de contrôle à un atelier situé à $L = 10$ km. Le câble a une atténuation de $a = 0,3$ dB/km. La puissance injectée en entrée est $P_{\text{entrée}} = 1$ mW.

1. Calculer l'atténuation totale du câble en dB.
2. On sait que $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}\right)$. Exprimer P_{sortie} en fonction de $P_{\text{entrée}}$ et A .
3. Calculer P_{sortie} en mW. (Rappel : 10^x sur calculatrice : touche " 10^x " ou "EXP" selon les modèles.)
4. Le récepteur en bout de ligne nécessite une puissance minimale de $P_{\text{min}} = 0,01$ mW. Le lien est-il fonctionnel ?
5. On ajoute des connecteurs (2 connecteurs, atténuation 0,5 dB chacun) et une épissure (0,1 dB). Recalculer l'atténuation totale et conclure.

Mes calculs :

Exercices contextualisés en agencement

EXERCICE 22 Protocoles industriels : PROFIBUS vs Ethernet/IP

APPROFONDISSEMENT

Un atelier de maintenance est équipé de plusieurs automates programmables (API) de marques différentes. Le responsable technique envisage de les connecter en réseau pour une supervision centralisée.

Données :

Protocole	Support	Débit	Distance max	Compatibilité
PROFIBUS DP	Câble RS-485 blindé	12 Mbit/s	1 200 m	Siemens, Schneider...
Ethernet/IP	Câble Ethernet Cat 5e	100 Mbit/s	100 m	Universel (TCP/IP)
Modbus RTU	Câble RS-485	0,115 Mbit/s	1 200 m	Universel (ancien)

1. L'atelier mesure 400 m de long. Quel(s) protocole(s) couvrent cette distance sans répéteur ?
2. Le débit requis pour la supervision est estimé à 5 Mbit/s. Quel(s) protocole(s) satisfont ce besoin ?
3. L'entreprise investit dans de nouveaux équipements connectés (IoT industriel). Quel protocole est le plus adapté pour une intégration future avec Internet ? Justifier.
4. Un technicien propose d'utiliser le WiFi pour éviter le câblage. Quels risques cela implique-t-il en environnement industriel ?

Mes calculs :

EXERCICE 23 Capteur Bluetooth sur machine tournante

APPROFONDISSEMENT

Un technicien de maintenance propose d'installer un capteur de vibrations sans fil Bluetooth sur un moteur électrique d'une presse industrielle. L'objectif est de surveiller l'état du roulement à distance pour faire de la maintenance prédictive.

Données : Bluetooth 5.0, débit 3 Mbit/s, portée nominale 10 m, fréquence 2,4 GHz. La salle de contrôle est à 18 m du moteur, avec 2 cloisons métalliques entre les deux.

1. La portée nominale du Bluetooth est-elle suffisante pour atteindre la salle de contrôle ?
2. Les cloisons métalliques sont-elles problématiques pour une transmission à 2,4 GHz ? Expliquer.
3. Le moteur génère des champs électromagnétiques intenses. Quel impact peut-on craindre sur la transmission Bluetooth ?
4. Proposer deux alternatives techniques plus adaptées à cette application industrielle. Comparer leurs avantages et inconvénients.
5. Si l'on conserve le Bluetooth, calculer la longueur d'onde à 2,4 GHz. En déduire si une cloison métallique de 3 mm d'épaisseur peut bloquer ce rayonnement (comparer à λ).

Mes calculs :

EXERCICE 24 Liaison fibre optique sur site industriel — bilan de liaison

APPROFONDISSEMENT

Un artisan menuisier installe une liaison fibre optique monomode pour relier l'atelier à l'espace de vente (distance totale $L = 350$ m). Les caractéristiques du câble sont : atténuation $\alpha = 0,35$ dB/km, pertes aux connecteurs : 0,5 dB/connexion (4 connexions), pertes aux épissures : 0,1 dB/épissure (2 épissures). Le budget optique de l'émetteur/récepteur est $B = 15$ dB. La marge de sécurité requise est de 3 dB.

1. Calculer l'atténuation due à la longueur de câble (en dB).
2. Calculer les pertes aux connecteurs et aux épissures.
3. Calculer le bilan de liaison total (atténuation totale).
4. Vérifier que le budget optique est suffisant en tenant compte de la marge de sécurité.
5. La liaison doit transporter un débit de 1 Gbps sur 350 m. La fibre monomode standard (SMF-28) a une bande passante-distance de 100 GHz·km. Le débit est-il compatible avec la distance ?

Mes calculs :

EXERCICE 25 Analyse d'un réseau de capteurs sans fil en atelier — type BTS

APPROFONDISSEMENT

Un atelier d'agencement est équipé d'un réseau de capteurs sans fil (IoT) pour la surveillance de la température et de l'humidité. Chaque capteur émet à $f = 868$ MHz (bande ISM) avec une puissance d'émission $P_e = 14$ dBm. Le récepteur (passerelle) a une sensibilité $P_r^{\min} = -120$ dBm. Le modèle d'affaiblissement en espace libre est $A_{fs} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)$ (dB).

1. Calculer la longueur d'onde λ à 868 MHz ($c = 3 \times 10^8$ m/s).
2. Calculer la marge de liaison maximale disponible $ML = P_e - P_r^{\min}$ (en dB).
3. En espace libre, quelle est la distance maximale théorique de communication ? (Isoler d dans $ML = 20 \log(4\pi d/\lambda)$.)
4. En atelier (cloisons, machines métalliques), on estime un affaiblissement supplémentaire de 30 dB. Recalculer la distance maximale pratique.
5. Pour maintenir une couverture de tout l'atelier (60×40 m), combien de passerelles faut-il, en modélisant la couverture par des cercles de rayon = distance max pratique ?

Mes calculs :

EXERCICE 26 Bilan de puissance d'une liaison WiFi sur chantier

APPROFONDISSEMENT

Un conducteur de travaux installe un point d'accès WiFi sur un chantier de rénovation d'un hôtel. Le point d'accès émet à la fréquence $f = 2,4$ GHz avec une puissance $P_e = 100$ mW. Le récepteur (tablette du chef de chantier) a une sensibilité minimale de $P_r^{\min} = 0,001$ mW.

1. Exprimer la puissance d'émission en dBm. On donne : $P(\text{dBm}) = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{1 \text{ mW}}\right)$.
2. Exprimer la sensibilité du récepteur en dBm.
3. Calculer la marge de liaison maximale $ML = P_e(\text{dBm}) - P_r^{\min}(\text{dBm})$.
4. On estime les pertes suivantes : traversée d'un mur en plâtre (3 dB), traversée d'un plancher béton (12 dB), affaiblissement en espace libre sur 20 m (66 dB). L'atténuation totale est-elle supportable ?
5. Si on ajoute un deuxième mur en plâtre et un mur en béton armé (18 dB), la liaison fonctionne-t-elle encore ? Proposer une solution.

Mes calculs :

EXERCICE 27 Comparaison son et lumière – Retard sur chantier

APPROFONDISSEMENT

Sur un chantier de construction, un ouvrier frappe avec un marteau sur une poutre métallique à $d = 500$ m d'un collègue. Le collègue voit le coup (lumière) avant d'entendre le bruit (son).

Données : vitesse du son dans l'air $v_s = 340$ m/s ; vitesse de la lumière $c = 3 \times 10^8$ m/s.

1. Calculer le temps mis par la lumière pour parcourir 500 m.
2. Calculer le temps mis par le son pour parcourir 500 m.
3. En déduire le décalage temporel entre la vision du coup et l'audition du bruit.
4. Un système de talkie-walkie (ondes radio, $c = 3 \times 10^8$ m/s) est utilisé entre les deux ouvriers. Le son émis par le talkie arrive-t-il avant ou après le son direct ? Justifier.
5. Lors d'un orage, on observe l'éclair 4 secondes avant d'entendre le tonnerre. À quelle distance se situe l'impact de la foudre ?

Mes calculs :

EXERCICE 28 Débit et temps de transfert – Projet d'agencement

APPROFONDISSEMENT

Un cabinet d'architectes d'intérieur doit transférer les fichiers d'un projet d'agencement complet vers un atelier de fabrication de mobilier. Le projet comprend :

- Plans 2D : 50 fichiers de 5 Mo chacun
- Modèles 3D : 20 fichiers de 150 Mo chacun
- Photos HD du chantier : 200 fichiers de 8 Mo chacun

On rappelle : 1 Mo = 8 Mbit ; 1 Go = 1 000 Mo.

1. Calculer la taille totale du projet en Mo, puis en Go.
2. Convertir cette taille en Mbit.
3. Calculer le temps de transfert avec : a) un lien ADSL (6 Mbit/s) ; b) la fibre optique (1 Gbit/s = 1 000 Mbit/s). Donner les résultats en minutes.
4. L'atelier n'a que l'ADSL. Proposer une solution alternative pour transférer les fichiers rapidement (sans changer de connexion).
5. Si le cabinet investit dans la fibre et transfère 10 projets similaires par mois, combien de temps total gagne-t-il par mois par rapport à l'ADSL ?

Mes calculs :

EXERCICE 29 Fibre multimode vs monomode – Choix technique

APPROFONDISSEMENT

Un fabricant de meubles souhaite relier trois bâtiments par fibre optique : l'atelier de fabrication, l'entrepôt (à 150 m) et le bureau commercial (à 1,2 km). L'installateur propose deux types de fibre :

Caractéristique	Fibre multimode (OM3)	Fibre monomode (OS2)
Diamètre du cœur	50 μm	9 μm
Débit maximal	10 Gbit/s	100 Gbit/s
Distance max (10 Gbit/s)	300 m	40 km
Atténuation	3,5 dB/km (à 850 nm)	0,35 dB/km (à 1310 nm)
Coût émetteur/récepteur	~50 €	~200 €

1. Pour la liaison atelier $\rightarrow$ entrepôt (150 m), quel type de fibre convient ? Justifier par la distance.
2. Pour la liaison atelier $\rightarrow$ bureau commercial (1,2 km à 10 Gbit/s), quel type de fibre est nécessaire ? Pourquoi ?
3. Calculer l'atténuation due au câble pour la liaison de 1,2 km avec chaque type de fibre.
4. Si la puissance injectée est $P_e = 0,5 \text{ mW}$, calculer la puissance reçue P_s après 1,2 km de fibre monomode. On donne $10^{-0,042} \approx 0,908$.
5. L'entreprise prévoit de passer à 40 Gbit/s dans 5 ans. Quel type de fibre est le meilleur investissement à long terme ?

Mes calculs :

EXERCICE 30 Spectre électromagnétique et applications métier – Synthèse

APPROFONDISSEMENT

Le spectre électromagnétique regroupe toutes les ondes EM classées par fréquence. Le tableau ci-dessous présente différentes bandes utilisées dans le bâtiment et l'agencement :

Bande	Fréquence	Application
Ondes radio FM	~100 MHz	Radio de chantier
Bande ISM (Zigbee, Z-Wave)	868 MHz	Domotique, capteurs
WiFi / Bluetooth	2,4 GHz	Réseau sans fil
WiFi 5 GHz	5 GHz	Réseau haut débit
Infrarouge (fibre)	~193 THz	Fibre optique (1550 nm)
Lumière visible	~500 THz	Éclairage, Li-Fi

1. Calculer la longueur d'onde de chacune des six bandes. Présenter les résultats dans un tableau.
2. Classer ces ondes de la plus grande longueur d'onde à la plus petite. Quel lien observe-t-on entre fréquence et longueur d'onde ?
3. Un mur en béton de 20 cm atténue fortement les ondes dont la longueur d'onde est inférieure à ~10 cm. Quelles bandes du tableau sont les plus affectées ?
4. Le Li-Fi (Light Fidelity) utilise la lumière visible pour transmettre des données. Citer un avantage et un inconvénient par rapport au WiFi pour l'aménagement d'un bureau.
5. Pourquoi la fibre optique utilise-t-elle l'infrarouge (1550 nm) plutôt que la lumière visible pour transmettre l'information ?

Mes calculs :

À retenir – Bilan du chapitre

- $c = \lambda \cdot f$ avec $c = 3 \times 10^8$ m/s – relation fondamentale des ondes EM.
- Atténuation : $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_s}{P_e}\right)$ en dB – toujours négative si perte.
- Réflexion totale interne : $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$, condition $n_1 > n_2$.
- En milieu industriel : préférer la fibre optique (immunité EM totale) ou le câble blindé.
- Hiérarchie des débits : Bluetooth $\ll$ 4G < WiFi $\approx$ Ethernet < Fibre.

Transmettre l'information

ERA-MA — Groupement 3 — Terminale Bac Pro

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)**Durée :** 1 heure **Barème :** /20 points **Documents :** Calculatrice autorisée — aucun document**Nom :** _____

APP - S'Approprier

ANA - Analyser/Raisonner

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer

Exercice	Questions	Compétences	Points
Exercice 1 — Signal WiFi et fibre optique	Q1 à Q4	APP, REA, REA, VAL	10 pts
Exercice 2 — Atténuation d'un réseau de capteurs	Q1 à Q4	APP, REA, ANA, COM	10 pts
Total			20 pts

SOCLE

EXERCICE UNIQUE Signaux et atténuation — Démarche guidée

20 points

Contexte : Un artisan menuisier agenceur modernise son atelier. Il installe un réseau WiFi pour superviser ses machines à commande numérique et une liaison par fibre optique pour les transferts de fichiers volumineux (plans 3D). On cherche à caractériser les signaux utilisés et à vérifier la qualité de la liaison.

Données :Vitesse de la lumière : $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ Fréquence du WiFi : $f = 5 \text{ GHz}$ Formule d'atténuation : $A = 10 \times \log\left(\frac{P_e}{P_s}\right)$ Rappel : $\log(20) \approx 1,30$; $\log(2) \approx 0,30$ **Partie A — La formule longueur d'onde / fréquence** (6 pts)

1. **APP** Compléter la formule qui relie la longueur d'onde, la fréquence et la célérité d'une onde : 2 pts

 $\lambda = \frac{\quad}{\quad}$ λ est la _____ en _____ c est la _____ en _____ f est la _____ en _____

2. **REA** Le WiFi fonctionne à $f = 5 \text{ GHz}$. Convertir cette fréquence en Hz en complétant : 2 pts

1 GHz = 10 _____ Hz

Donc $f = 5 \text{ GHz} = 5 \times 10$ _____ Hz

3. **REA** Calculer la longueur d'onde λ du signal WiFi en complétant le calcul ci-dessous : 2 pts

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10 \text{ ———}} = \text{————— m}$$

Conversion en centimètres : $\lambda = \text{————— cm}$

Partie B — Comparaison filaire / sans fil (6 pts)

4. **APP** Compléter le tableau comparatif en entourant la bonne réponse dans chaque case :
3 pts

Critère	WiFi (sans fil)	Fibre optique (filaire)
Portée dans un atelier	courte (~30 m) / longue	courte / longue (plusieurs km)
Sensible aux perturbations EM	oui / non	oui / non
Débit typique	faible / élevé	faible / très élevé

5. **VAL** En vous aidant du tableau, cocher la ou les bonne(s) réponse(s) pour expliquer pourquoi on utilise la fibre optique pour relier les machines CNC au serveur de l'atelier : 3 pts

- ☐ La fibre optique est moins chère que le WiFi.
- ☐ La fibre optique n'est pas perturbée par les moteurs et variateurs de l'atelier.
- ☐ La fibre optique permet un débit très élevé pour transférer les fichiers de plans 3D.
- ☐ La fibre optique fonctionne sans électricité.
- ☐ La fibre optique offre une liaison fiable sur de grandes distances.

Partie C — Atténuation du signal (8 pts)

6. **APP** Compléter la formule d'atténuation en décibels : 2 pts

$$A = \text{_____} \times \log\left(\frac{\text{=====}}{\text{=====}}\right)$$

P_e est la puissance en _____ (en W ou mW)

P_s est la puissance en _____ (en W ou mW)

A s'exprime en _____

7. **REA** Un câble relie un capteur de température à l'automate. La puissance en entrée est $P_e = 10 \text{ mW}$ et la puissance en sortie est $P_s = 0,5 \text{ mW}$. Calculer l'atténuation en complétant : 3 pts

$$A = 10 \times \log\left(\frac{P_e}{P_s}\right) = 10 \times \log\left(\frac{\text{=====}}{\text{=====}}\right)$$

$$A = 10 \times \log(\text{=====})$$

$$A = 10 \times \text{_____} = \text{_____} \text{ dB}$$

8. **ANA** On sait qu'une atténuation de 3 dB correspond à diviser la puissance par 2. Si $P_e = 20 \text{ mW}$, compléter : 3 pts

$$A = 3 \text{ dB signifie que } P_s = \frac{P_e}{\underline{\hspace{2cm}}}$$

$$P_s = \frac{\underline{\hspace{2cm}}}{\underline{\hspace{2cm}}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mW}$$

STANDARD

EXERCICE 1 Signal WiFi et fibre optique

10 points

Contexte : Une ligne de production automatisée utilise différents moyens de communication : réseau WiFi 5 GHz pour la supervision sans fil de certains postes, et fibre optique monomode (longueur d'onde 1 310 nm) pour la transmission des données critiques entre les automates (API) et le serveur SCADA. On cherche à caractériser ces signaux.

Donnée : Vitesse de la lumière (et des ondes électromagnétiques dans le vide) :

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

1. **APP** Rappeler la relation entre la longueur d'onde λ (en m), la fréquence f (en Hz) et la célérité c (en m/s) d'une onde électromagnétique : $\lambda = \frac{c}{f}$. Identifier chaque grandeur et préciser son unité. 2 pts

...

2. **REA** Calculer la longueur d'onde λ du signal WiFi à $f = 5 \text{ GHz} = 5 \times 10^9 \text{ Hz}$. Donner le résultat en centimètres. 2 pts

...

3. **REA** Pour la fibre optique monomode, la longueur d'onde utilisée est $\lambda = 1\,310 \text{ nm} = 1,310 \times 10^{-6} \text{ m}$. Calculer la fréquence f de cette onde lumineuse (utiliser $f = c/\lambda$). Donner le résultat en THz (1 THz = 10^{12} Hz), arrondi à l'entier. 3 pts

...

4. **VAL** Le signal WiFi à 5 GHz a une portée utile d'environ 30 m dans un atelier métallique en raison des réflexions et des perturbations électromagnétiques. En tenant compte des contraintes industrielles (distances, perturbations, débit, fiabilité), justifier pourquoi on

préfère le câble Ethernet blindé ou la fibre optique pour raccorder une machine CNC au réseau d'automates. Développer votre argumentation. 3 pts

...

EXERCICE 2 Atténuation d'un réseau de capteurs

10 points

Contexte : Un réseau de capteurs industriels (capteurs de température, de pression) transmet ses mesures via des liaisons filaires jusqu'à l'automate de supervision. Le technicien de maintenance doit vérifier que l'atténuation du signal dans les câbles reste acceptable pour garantir la qualité de la communication.

Donnée : Formule de l'atténuation en décibels (dB) : $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_e}{P_s}\right)$ où P_e est la puissance en entrée et P_s la puissance en sortie (en W ou mW).

1. **APP** Rappeler la formule d'atténuation en dB : $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_e}{P_s}\right)$. Préciser :

— Ce que représente une atténuation de 0 dB.

— Ce que signifie une atténuation positive ($A > 0$) pour le signal. 2 pts

...

2. **REA** Un câble transmet un signal avec une puissance en entrée $P_e = 10$ mW et une puissance en sortie $P_s = 0,5$ mW. Calculer l'atténuation A en dB. (Rappel : $\log(20) \approx 1,30$) 3 pts

...

3. **ANA** Un câble de 100 m provoque une atténuation de $A = 3$ dB. Une atténuation de 3 dB correspond à une division de la puissance par 2 (soit $P_s = P_e/2$). Si la puissance en entrée est $P_e = 20$ mW, calculer la puissance en sortie P_s après ce câble de 100 m. 2 pts

...

4. **COM** Expliquer en quelques lignes pourquoi les techniciens de maintenance utilisent l'échelle logarithmique (dB) plutôt que les rapports de puissance pour caractériser

l'atténuation d'un câble ou d'un réseau de communication. Mentionner au moins deux avantages pratiques des décibels. 3 pts

...

APPROFONDISSEMENT

Exercice	Questions	Compétences	Points
Exercice 1 — Réseau de communication d'un immeuble de bureaux	Q1 à Q5	APP, REA, ANA, VAL, COM	10 pts
Exercice 2 — Liaison fibre optique pour un atelier d'agencement	Q1 à Q5	APP, REA, ANA, VAL, COM	10 pts
Total			20 pts

EXERCICE 1 Réseau de communication d'un immeuble de bureaux

10 points

Contexte : Un technicien d'agencement participe à l'aménagement d'un immeuble de bureaux de 3 étages. Le réseau informatique utilise des câbles Ethernet Cat.6 (cuivre) pour relier les postes de travail aux switches d'étage, et une dorsale en fibre optique monomode pour relier les switches au serveur central situé au sous-sol. Le WiFi 5 GHz complète le dispositif pour les espaces de réunion. On cherche à caractériser et comparer ces différentes liaisons.

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Fréquence du WiFi : $f_{\text{WiFi}} = 5 \text{ GHz} = 5 \times 10^9 \text{ Hz}$

Longueur d'onde de la fibre optique : $\lambda_{\text{fibre}} = 1310 \text{ nm} = 1,310 \times 10^{-6} \text{ m}$

Atténuation du câble Ethernet Cat.6 : $\alpha = 20 \text{ dB/100 m}$

Atténuation de la fibre optique : $\alpha_{\text{fibre}} = 0,35 \text{ dB/km}$

Formule d'atténuation : $A = 10 \cdot \log\left(\frac{P_e}{P_s}\right)$

Rappels : $\log(2) \approx 0,30$; $\log(5) \approx 0,70$

1. **APP** Calculer la longueur d'onde λ_{WiFi} du signal WiFi à 5 GHz. Calculer la fréquence f_{fibre} de l'onde lumineuse utilisée dans la fibre optique. Exprimer les résultats avec les unités adaptées. 2 pts

...

2. **REA** Un câble Ethernet Cat.6 de 80 m relie un poste de travail au switch d'étage. La puissance en entrée est $P_e = 100 \text{ mW}$. Calculer l'atténuation A du câble, puis la puissance en sortie P_s . 2 pts

...

3. **ANA** La dorsale en fibre optique mesure 200 m entre le switch du 3e étage et le serveur au sous-sol. Calculer l'atténuation totale de cette liaison fibre. Comparer avec l'atténuation

du câble Ethernet de la question 2 et expliquer la différence. 2 pts

...

4. **VAL** Le constructeur du switch impose une puissance minimale de réception de $P_{s,min} = 0,5 \text{ mW}$ pour garantir une liaison fiable. Vérifier si les deux liaisons (Ethernet 80 m et fibre 200 m) respectent cette contrainte avec $P_e = 100 \text{ mW}$. 2 pts

...

5. **COM** Rédiger un paragraphe argumenté expliquant pourquoi on utilise la fibre optique pour la dorsale de l'immeuble et le cuivre pour la distribution aux postes de travail. Mentionner les critères de débit, d'atténuation, de coût et de praticité. 2 pts

...

EXERCICE 2 Liaison fibre optique pour un atelier d'agencement

10 points

Contexte : Un menuisier agenceur installe un système de supervision numérique dans son atelier. Une fibre optique multimode relie le serveur de supervision aux machines à commande numérique (CNC). Le technicien de maintenance doit vérifier les performances de la liaison et diagnostiquer un problème d'atténuation excessive signalé par un opérateur.

Données :

Puissance émise par le module optique : $P_e = 2 \text{ mW}$

Puissance reçue mesurée : $P_s = 0,2 \text{ mW}$

Longueur de la fibre : $L = 150 \text{ m}$

Atténuation nominale de la fibre : $\alpha = 3,5 \text{ dB/km}$

Atténuation d'un connecteur : $A_c = 0,5 \text{ dB}$

Atténuation d'une soudure : $A_s = 0,1 \text{ dB}$

La liaison comporte 4 connecteurs et 2 soudures.

Sensibilité du récepteur : $P_{min} = 0,05 \text{ mW}$

Rappels : $\log(2) \approx 0,30$; $\log(10) = 1$

1. **APP** Calculer l'atténuation totale mesurée A_{mes} de la liaison à partir des puissances P_e et P_s . 2 pts

...

2. **REA** Calculer le bilan d'atténuation théorique de la liaison en additionnant : l'atténuation de la fibre (longueur $\times$ atténuation linéique), l'atténuation des 4 connecteurs et l'atténuation des 2 soudures. 2 pts

...

3. **ANA** Comparer l'atténuation mesurée (question 1) et l'atténuation théorique (question 2). Calculer l'écart. Proposer au moins deux causes possibles expliquant cet excès d'atténuation. 2 pts

...

4. **VAL** Malgré l'excès d'atténuation, la liaison fonctionne-t-elle encore ? Calculer la marge de puissance disponible : $M = P_s - P_{min}$. Calculer également l'atténuation maximale admissible A_{max} pour que la liaison reste fonctionnelle. 2 pts

...

5. **COM** Rédiger un rapport de diagnostic pour le menuisier agenceur : résumer le problème identifié, proposer les actions correctives à mener et justifier l'urgence de l'intervention. 2 pts

...