

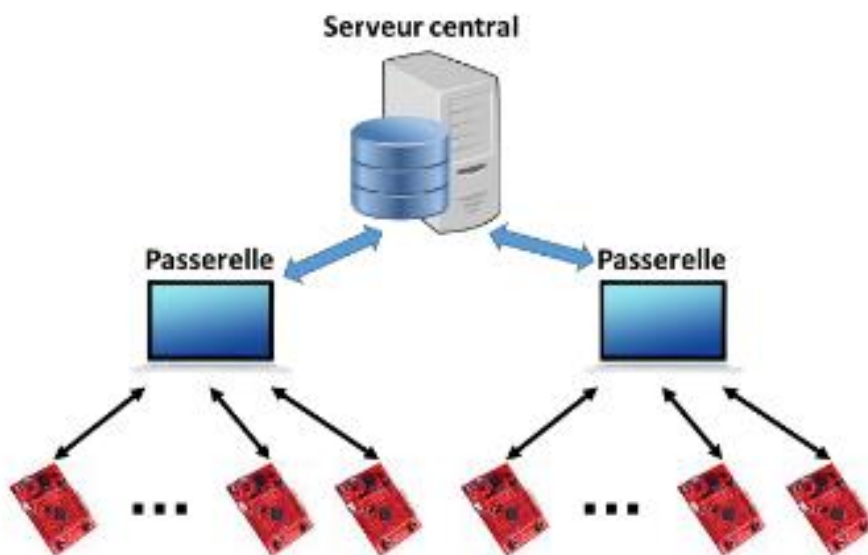
Groupe	G1E
Nom	DARSON – FAGET – KERGOURLAY – MENSAH – SASAKI-PERICOU - THOMAS
Prénom	Simon – Baptiste – Guillaume – Alexandre - François - Benoit

Synthèse télécommunications INFINITE MEASURES

L'entreprise INFINITE MEASURES souhaite déployer 35 objets (cartes électroniques) et ces objets doivent communiquer avec une passerelle en vue de communiquer avec un serveur central. Nous avons besoin de transmettre les données de la montre à notre site Internet. On se demande quel moyen de communication utiliser et comment installer les passerelles pour que le transfert de données se déroule de manière optimale.

On proposera une architecture hiérarchique pour diminuer la consommation énergétique.

Communication objets-passerelles par Bluetooth



Architecture hiérarchique

La surface occupée par tous les objets est un carré de 400 m^2 . Dans cette surface, nous devons aussi placer les passerelles et le réseau central. Pour que tous les objets disposent d'un débit équivalent, les passerelles doivent être positionner de manière stratégique pour couvrir toute la zone. On cherche à connaître le nombre d'objets maximum pouvant être connectées à une passerelle. D'après le document "WiFi vs Bluetooth", une passerelle peut se connecter à 7 objets (1 maître et 7 esclaves). Puisque nous utilisons 35 objets, on doit utiliser 5 passerelles. (Calcul théorique : $35/7=5$)

Chaque passerelle doit assurer une couverture Bluetooth dans un cercle de rayon de 3 m avec un débit cible d'au moins 100 Kbits/s pour chacun des objets. Pour trouver le nombre d'objets pouvant être connectés à une passerelle d'un point de vue pratique, nous devons diviser la surface totale occupée par les objets (400 m^2) par la surface que couvre une passerelle (un cercle de rayon de 3m = $\pi \cdot 3^2 = 28,3 \text{ m}^2$). (En pratique : $400/28,3=14,13$). Il nous faut donc **15 passerelles** (on arrondit à l'unité supérieure) pour les **35 objets**.

Communication passerelles-serveur central via Wi-Fi

Maintenant, nous cherchons à déterminer le nombre de points d'accès que nous devons utiliser pour connecter les passerelles et le serveur central entre eux. Les points d'accès permettent de communiquer via Wi-Fi. On calcule la portée maximale pour un débit cible de 300 Mbits/s.

D'après le modèle de propagation indoor IEEE 802.11

On calcule la distance à l'aide de la formule de l'atténuation de distance ($A(d)=60\text{dB}$) :

$$A_i(f, d) = 15.5 + 55\log_{10} d_m$$

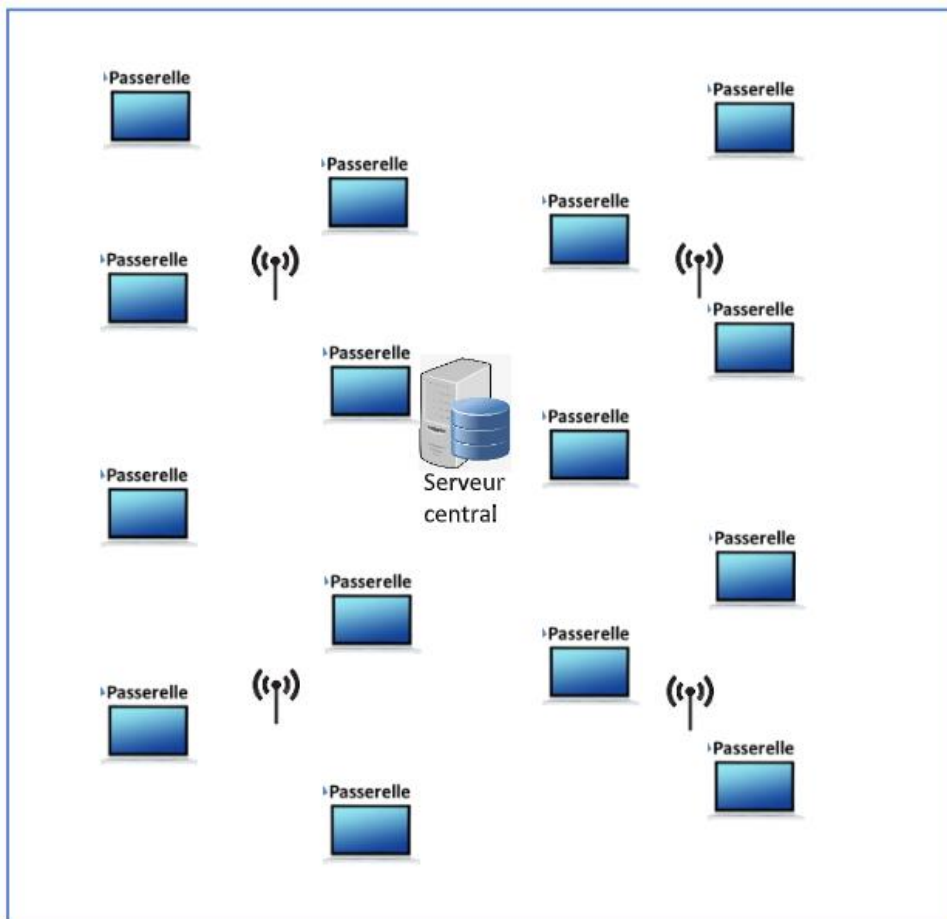
La portée maximale est donc de 6,37m

On calcule la surface gérée par chaque point d'accès : $\pi \cdot r^2 = 6,37^2 \cdot \pi$

Chaque point d'accès couvre donc une surface de 127,47 m².

Sachant que l'on cherche à couvrir une surface de 400 m², il nous faut donc 4 points d'accès (on arrondit à l'unité supérieure)

$$400/127,47=3,14$$



⎓ : Point d'accès

Voici l'architecture du réseau avec les passerelles, les points d'accès et le serveur central. Les 35 objets seront répartis sur l'ensemble de la surface.

On étudie ensuite la planification radio des points d'accès Wi-Fi de l'ISEP. On se promène dans l'ISEP avec un PC portable (passerelle) pour prendre connaissance de différentes informations sur les différents points d'accès Wi-Fi de l'établissement.

/	Couloir	Entre étages	Parc autour	Salle de classe	Foyer
Nom du point d'accès	ISEP Eleves EAP	ISEP Eleves EAP	ISEP Eleves EAP	ISEP Eleves EAP	ISEP Eleves EAP
Adresse MAC	EC:8C:A2:11:98:1A	EC:8C:A2:11:98:1A	6C:AA:B3:04:5D:0A	EC:8C:A2:11:98:1A	EC:8C:A2:32:C7:AE
Canal Wi-Fi	2	1	10	5	40
Fréquence porteuse	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	5 GHz
Largeur de la bande passante du Wi-Fi	20	20	20	20	80
Version du Wi-Fi	WPA2/Entreprise	WPA2/Entreprise	WPA2/Entreprise	WPA2/Entreprise	WPA2/Entreprise

Parcours effectué: Salle 312, couloir, escalier, foyer, parc

Comparaison de Wi-Fi et Bluetooth avec des technologies alternatives

On compare maintenant le Wi-Fi et le Bluetooth à d'autres technologies sans-fil pouvant éventuellement les remplacer. Nous avons choisi la 5G, SDR, Dash7 et Sigfox.

/	5G	SDR	Dash7	SigFox
Largeur de la bande passante	100MHz	28MHz	400MHz	100 Hz
Débit	1 Gbit/s	40Mbit/s	28 kbit/s	300bit/s
Portée	500m	5m	100 m	10-15km
Nombre de connexions simultanée max	300	4 ?	5 ?	1-2 ?
Coût	20-130€/mois	10-20€	0€	6€/an

/	Wi-Fi	Bluetooth
Largeur de la bande passante	20MHz	100MHz
Débit	11Mbit/s	2Mbit/s
Portée	35m	10m
Nombre de connexions simultanée max	4	3-4
Coût	20-60€	0€

On choisit donc le bluetooth pour l'aspect gratuit du système (excepté émetteur/récepteur) et la largeur de la bande passante.

Le Wi-Fi est avantageux pour la portée et le débit.

Seulement comme notre équipement enverra peu d'informations et sera juste à proximité du récepteur, il est plus intelligent de choisir une solution bluetooth.

Connexion entre l'Administrateur et le serveur web

Pour connecter l'administrateur avec le serveur web, on va privilégier les connexions longue portée sans-fil ou filaires. On peut choisir la communication LTE (Long-Term Evolution). Les émetteurs mobiles ont une puissance de 21 dBm et les fixes ont une puissance de 46 dBm, avec un débit maximal théorique de 86.4 Mbits/s. L'antenne la plus proche de l'ISEP est celle du Boulevard VOLTAIRE. On trouve 0,007 comme rayon de sécurité autour de l'antenne en divisant le champ électrique de l'antenne par celui légal. Le RSSI (indicateur d'intensité du signal reçu) de LTE est de -101 dBm (D'après une mesure avec NetMonster) et sa fréquence porteuse est de 2.4 Ghz.

On veut connaître la PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente). Pour cela, on la calcule avec la formule suivante :

$$A_p = 69,55 + 26,16 \lg f - 13,82 \lg h_b + (44,9 - 6,55 \lg h_b) \lg d - a(h_m)$$

L'expression de a est la suivante :

– pour les petites et moyennes villes :

$$a(h_m) = (1,1 \lg f - 0,7) h_m - (1,56 \lg f - 0,8)$$

– pour les grandes villes et $f \leq 200$ MHz :

$$a(h_m) = 8,29 [\lg (1,54 h_m)]^2 - 1,1$$

– pour les grandes villes et $f \geq 400$ MHz :

$$a(h_m) = 3,2 [\lg (11,75 h_m)]^2 - 4,97$$

avec h_b hauteur de la station de base,
 h_m hauteur du mobile.

On prend $a(h_m)$ pour les petites et moyennes villes

$$\begin{aligned} A_p &= 69.55 + 26.16 * \log(2600 * 10^6) - 13.82 * \log(38) (44.9 - 6.55 * \log(38)) * \log(80) - \\ &353,06) - 3 \\ &= 36,29W \end{aligned}$$

La puissance obtenue est de 36,29W. Pour obtenir la PIRE, il faut multiplier par le nombre de "Ressources blocks"

$$36,29 \times 6 = 217,74W$$

La PIRE est de 214,74W.

Fibre optique et câbles

Nous souhaitons utiliser des connexions filaires haut-débit. Pour cela, nous avons le choix entre plusieurs technologies comme L'ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line), le VDSL (Very high-speed rate digital subscriber line), VDSL 2 et la fibre optique.

On compare maintenant plusieurs connexions filaires(câbles coaxiaux, fibre multimode à saut d'indice, fibre multimode à gradient d'indice, fibre monomode. Les paramètres comparés sont la bande passante, l'affaiblissement, la portée maximale, le débit et la puissance émise.

	Câbles coaxiaux	Fibre multimode à saut d'indice	Fibre multimode à gradient d'indice	Fibre monomode
Bande passante	≈ 1 MHz	28 000 MHz	28 000 MHz	Infinie (1THz pour nos calculs)
Affaiblissement	120 dB/km	10 dB/Km	10 dB/Km	0,5 dB/Km
Portée maximale	100m	Environ 2 Km	Environ 2 Km	Environ 100 Km
Débit	10mbit/s	Environ 100 Mbit/s	Environ 1 Gbit/s	Environ 100 Gbit/s
Puissance émise	1 W à 10 W	1 W à 10 W	1 W à 10 W	1 W à 10 W

Si l'on cherche une connexion longue distance, la fibre monomode est la solution à privilégier car sa portée maximale avoisine les 100km avec une faible atténuation du signal.

Si le débit total est de 1Gbits/s, alors le rapport signal sur bruit dépendra de l'interférence (bruit) :

$P_{\text{bruit}}(W) = K \cdot T \cdot B$ avec $K = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$, la constante de Boltzmann ; $T = 290^\circ\text{C}$, la température en kelvin ; B la bande passante en Hz

	Câbles coaxiaux	Fibre multimode à saut d'indice	Fibre multimode à gradient d'indice	Fibre monomode
$P_{\text{bruit}}(W)$	4,00E-12	1,12056E-10	1,12056E-10	4,00E-09
SNR	1,71828183	3,23979E+15	3,2398E+15	1E-06
$P_{\text{reçue}}(W)$	6,88E-12	3,63E+05	3,63E+05	4,00E-18

Pour trouver le SINR, nous passons par la formule de la capacité de Shannon :

$$C(b/s) = B \cdot \log_2(1 + \text{SINR}) \text{ donc } \text{SINR} = e^{(C/B)} - 1$$

Et on obtient la $P_{\text{reçue}} = \text{SNR} \cdot P_{\text{bruit}}$

Après conversion des puissances reçues en dBm, On peut calculer le RSSI.

Les niveaux de puissance reçue moyens en dBm (RSSI) sont donnés par :

	Câbles coaxiaux	Fibre optique
RSSI	$10 \log_{10}((10^{158,37})/1)=1583,7$ dBm	$10 \log_{10}((2 \cdot 10^{85,6}) + 10^{-143,97})/3)=854,23$ dBm

Avec une distance entre les centres de 50 km, nous choisissons d'installer une fibre monomode sans répéteurs. La fibre monomode est plus onéreuse que la fibre multimode mais ses propriétés techniques en font une meilleure solution.