

ÉTUDE DE MARCHÉ ET CONCEPTION RÉSEAU WI-FI

Auteur : Rachid Bouselama

Encadrant : Mohamed Yassine SAMIRI

Fichier source : *Travail recherche 3 - WiFi Architecture (consigné)*

ÉTUDE DE CAS 1 — École privée à Marrakech

Contexte et hypothèses

École située à Marrakech (quartier Guéliz) — 2 étages, 8 salles de classe (30 élèves/salle), 1 salle informatique (25 PC), 1 salle des professeurs (15 personnes), 1 administration (10 personnes). Murs en béton armé. Usages principaux : Google Classroom, visioconférence occasionnelle, navigation web, impression Wi-Fi, 3 caméras IP.

Partie 1 — Analyse des besoins

1. Nombre maximal d'utilisateurs simultanés :

- Élèves : $8 \times 30 = 240$
- Salle informatique : 25
- Professeurs : 15
- Administration : 10

Total estimé (clients utilisateurs) = $240 + 25 + 15 + 10 = 290$ (on peut considérer 290 appareils clients connectés simultanément, sans compter 3 caméras IP).

2. Débit moyen par utilisateur :

Usage majoritaire : navigation, Google Classroom, visioconférence occasionnelle. Estimation conservatrice : 3 Mbps/utilisateur (pour couvrir navigation + partielle utilisation de vidéo).

3. Débit total nécessaire :

Débit agrégé = $290 \times 3 \text{ Mbps} = 870 \text{ Mbps}$ → Arrondir à 1 Gbps pour marge et overhead (provisionnement, pics).

4. Zones à forte densité :

- 8 salles de classe (chacune à forte concentration lors des cours)
- Salle informatique (forte concentration d'appareils)
- Salles communes (récréation / couloirs aux changements de cours)

5. Proposition de segmentation réseau (VLAN) :

- VLAN Élèves (contrôle d'accès et filtrage)
- VLAN Personnel (professeurs)
- VLAN Administration (services administratifs)
- VLAN Caméras (sécurisé, accès restreint)
- VLAN Imprimantes / Périphériques
- VLAN Invités (isoler du réseau interne)

Partie 2 — Choix technique

1. Wi-Fi 5 ou Wi-Fi 6 ?

Recommandation : Wi-Fi 6. Justifications : meilleure gestion de la densité (OFDMA), meilleure efficacité radio, meilleure capacité pour environnements congestionnés et latence réduite pour vidéoconférences.

2. Nombre d'AP nécessaires :

Hypothèse pratique : 1 AP par salle de classe + 1 AP pour salle informatique + 1 AP salle profs + 1 AP administration + 2 AP pour zones communes (couloirs/récréation).

Total recommandé \approx 12 AP (valeur à affiner après site-survey RF).

3. Indoor ou Outdoor ?

AP Indoor uniquement (bâtiment intérieur).

4. Gestion des bandes 2,4 GHz / 5 GHz :

Activer les deux bandes, mais :

- Prioriser 5 GHz pour les clients compatibles (meilleure capacité, plus de canaux non chevauchants).
- Activer band-steering pour pousser les clients 5 GHz.
- Réserver 2,4 GHz pour appareils IoT ou anciens matériels.

5. Faut-il désactiver 2,4 GHz dans certaines zones ?

Oui, optionnellement dans les salles à très forte densité (salles de classe, salle informatique) si des interférences sont constatées. Avant de désactiver, effectuer tests et vérifier la présence d'appareils 2,4 GHz critiques.

Partie 3 — Gestion des canaux

1. Quels canaux utiliser en 2,4 GHz ?

Utiliser les canaux non chevauchants : 1, 6 et 11 (plan d'attribution en fonction du site-survey).

2. Faut-il prioriser 5 GHz ?

Oui — prioriser 5 GHz (plus de canaux, moins d'interférences), mais maintenir 2,4 GHz pour compatibilité.

3. Risques d'interférences en zone urbaine ?

Risque élevé : nombreux réseaux voisins, appareils domestiques, micro-ondes.
Recommandation : site-survey RF, ajustement des puissances TX, canal planning dynamique.

Partie 4 — Budget simplifié (exemples chiffrés)

Hypothèse choisie pour calculs : 12 AP Wi-Fi 6.

Données unitaires (fournis) : AP Wi-Fi 6 = 1 600 DH ; Switch PoE 24 ports = 3 500 DH ;
câblage par AP = 250 DH ; installation par AP = 300 DH.

CAPEX estimé = 29300 DH

OPEX annuel estimé = 680 DH

TCO sur 3 ans = 31340 DH

Coût par élève (sur 3 ans, base 240 élèves) \approx 130.58 DH

ÉTUDE DE CAS 2 — Clinique privée à Casablanca

Contexte et hypothèses

Clinique située à Casablanca (quartier Maarif) — 4 étages, 30 chambres patients, 10 cabinets, bloc opératoire, laboratoire, service administratif, salle d'attente 80 personnes. Usages : dossiers médicaux électroniques, tablettes, caméras IP, dispositifs IoT médicaux, Wi-Fi invité, téléconsultation HD. Contraintes : haute disponibilité, données sensibles (CNDP), roaming critique.

Partie 1 — Analyse approfondie

1. Estimation utilisateurs simultanés par zone :

- Salle d'attente : 80
- Patients en chambres (concurrent) : ~20-30 (variable)
- Personnel médical (tablettes, mobiles) : ~60
- Administration : 20
- IoT & caméras : 40

Total estimé simultané \approx 200 (ordre de grandeur, à confirmer par étude préalable).

2. Estimation débit global :

Recommandation : 1,5 – 2 Gbps agrégé pour couvrir téléconsultation HD, transferts dossiers, vidéosurveillance et marge pour pics. Nous recommandons 2 Gbps pour confort.

3. Zones critiques :

- Bloc opératoire
- Laboratoire
- Salle de téléconsultation
- Serveurs dossiers médicaux
- Zones d'accès patient critique

4. Zones à forte mobilité :

- Couloirs et ascenseurs (handover fréquent)
- Services de soins en déplacement (personnel mobile)
- Ambulance / entrées si applicables

5. Risques majeurs de sécurité :

- Fuite de données patients (confidentialité et conformité CNDP)
- Accès non autorisé via Wi-Fi invité mal isolé
- Appareils IoT non sécurisés
- Attaques internes (credential theft, lateral movement)

Mesures recommandées : chiffrement WPA3 si possible, segmentation stricte VLAN, authentification 802.1X (RADIUS), journaux et IDS/IPS réseau.

Partie 2 — Architecture technique avancée

1. Wi-Fi 6 obligatoire ? Pourquoi ?

Fortement recommandé — Wi-Fi 6 apporte OFDMA et MU-MIMO utiles pour beaucoup d'appareils simultanés, meilleure efficacité, meilleur roaming et latence réduite (critique pour téléconsultation et dispositifs médicaux).

2. Faut-il un WLC (contrôleur) ?

Oui : centralise gestion des AP, politiques, QoS, licences et facilite le roaming sécurisé.

3. Faut-il redondance ?

Oui — redondance pour WLC, liens réseau et alimentation (PoE redondant ou onduleurs) pour assurer haute disponibilité.

4. Segmentation VLAN détaillée :

- VLAN Médical (accès restreint, RADIUS, ACL strictes)
- VLAN Administratif (accès serveurs internes)
- VLAN IoT (isoler et limiter accès au minimum nécessaire)
- VLAN Invités (internet seulement, captive portal)

5. Protocoles à activer :

- 802.11r (fast roaming) : oui
- 802.11k (radio resource management) : oui
- 802.11v (network assisted power / steering) : oui

Ces protocoles améliorent le roaming et l'expérience mobile en clinique.

Partie 3 — Gestion des interférences

Sources potentielles : Bluetooth médical, micro-ondes, équipements 2,4 GHz, réseaux voisins.

Stratégie : prioriser 5 GHz, ajuster puissance TX par zone, utiliser canaux DFS pour réduire congestion quand approprié, effectuer site-survey et planification RF, surveiller en permanence.

Partie 4 — Dimension économique complète

Données : WLC = 12 000 DH ; Licence annuelle gestion = 800 DH/AP ; AP Wi-Fi6 pro = 1 800 DH ; Switch PoE entreprise = 5 000 DH. Nous présentons deux scénarios.

Scénario STANDARD :

- Nombre d'AP : 20
- CAPEX : 64000 DH

- OPEX annuel (licences) : 16000 DH

- TCO sur 5 ans : 144000 DH

Scénario HAUTE PERFORMANCE + REDONDANCE :

- Nombre d'AP : 24 ($\approx +20\%$)

- CAPEX : 90400 DH (WLC redondé et switch redondé)

- OPEX annuel (licences) : 19200 DH

- TCO sur 5 ans : 186400 DH

Calculs complémentaires :

- Coût par chambre (Standard, sur 5 ans) = 4800.0 DH/chambre

- Coût par utilisateur médical (Standard, sur 5 ans) = 2400.0 DH/utilisateur médical

Impact si budget réduit de 15% (sur CAPEX) :

- Nouveau CAPEX (-15%) = 54400.0 DH

- Nouveau TCO 5 ans = 134400.0 DH

Remarque : une réduction de 15% du budget implique souvent réduction du nombre d'AP, choix d'équipements moins performants ou suppression de redondance — ce qui réduit la résilience et la capacité.

Partie 5 — Arbitrage stratégique

Si j'étais :

- Directeur technique : je recommanderais le scénario HAUTE PERFORMANCE + REDONDANCE pour garantir disponibilité, sécurité et conformité (CNDP) — investissement justifié pour un environnement médical critique.

- Directeur financier : je recommanderais le scénario STANDARD optimisé (bon compromis coût/performance) et réserver des fonds pour une montée en charge future (staggered deployment) ; garder un plan de redondance partielle pour les zones critiques.

Annexes — Méthodologie et hypothèses

Les estimations se basent sur les données fournies dans l'énoncé 'Travail recherche 3 - WiFi Architecture'. Chiffres à valider par un site-survey RF, inventaire des équipements, et des tests de charge réels. Les coûts présentés sont estimatifs et exprimés en Dirhams Marocains (DH).