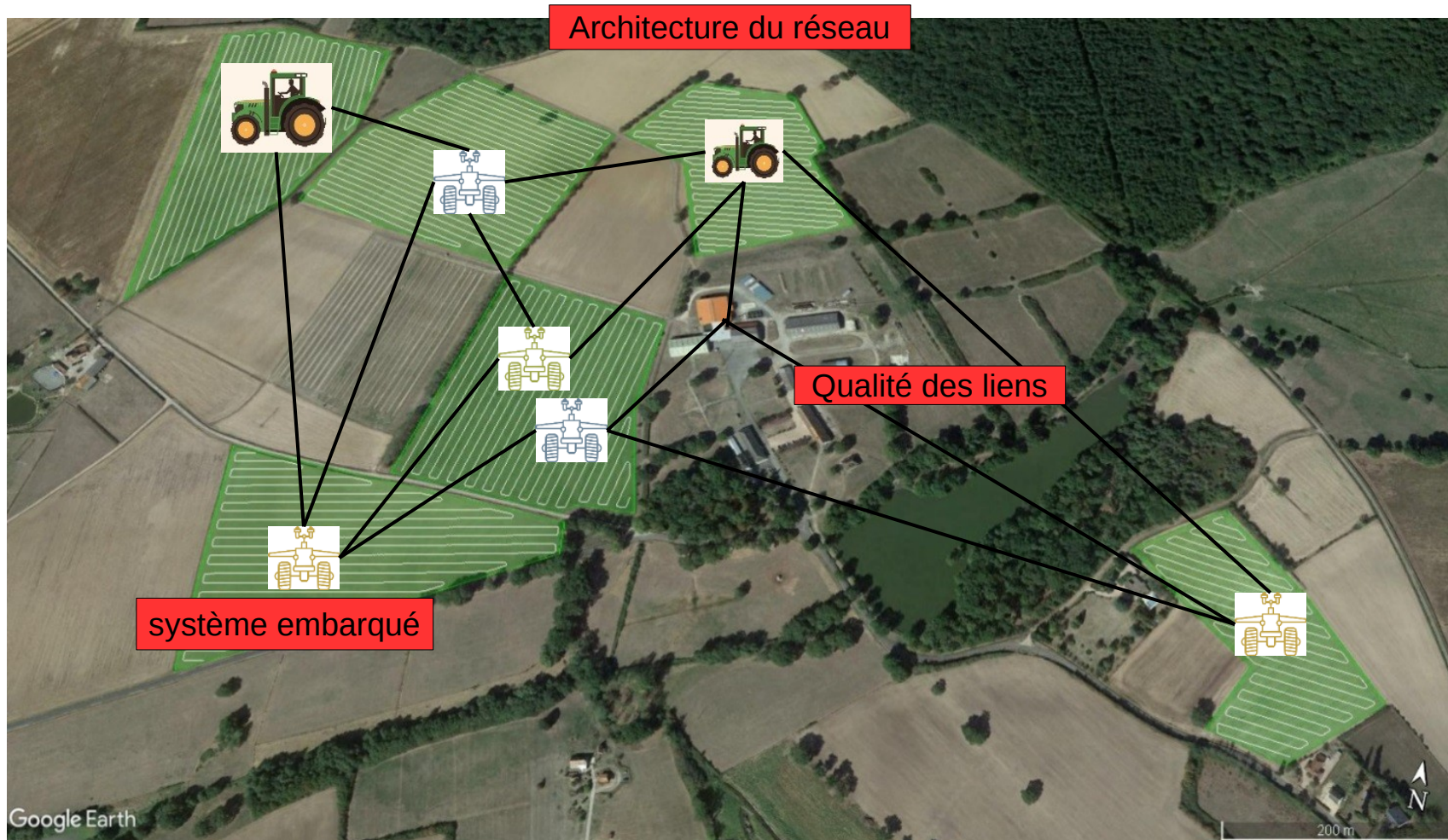


Supervision et reprise en main de robot autonome : critère d'acceptation de l'innovation technologique

Dimensionnement et réalisation d'une plateforme de supervision
d'une flotte de robots en environnement complexe

Mahdi Sharara, Gérard Chalhoub, Gil De Sousa

Systeme de communication sans fil pour la gestion à distance de robots mobiles



Qualité de la communication

- Critères de Qualité de Service (QoS)
 - Débit
 - SNR (Signal-to-Noise Ratio)
 - RSSI (Received Signal Strength Indication)
- Méthodes d'estimation basées sur les délais de transmission
 - RTT (Round Trip-Time)
 - Packet-Pair, Packet-Train

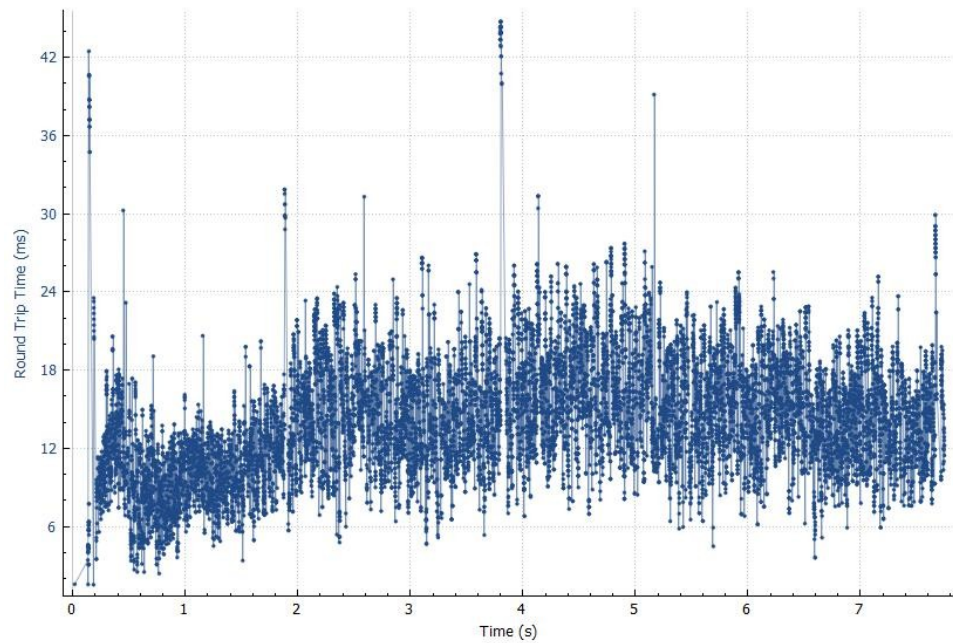
Tests de transmission de données

- Matériels utilisés
 - Raspberry Pi 3 B+ avec module interne Wi-Fi 802.11ac
 - Ordinateur connecté à un module Bullet-M5 Wi-Fi 802.11n
- Types de données
 - Messages d'activité, de position, d'alerte
 - Image de 2,3 Mo
 - Vidéo de 29 Mo

Exemples de relevés

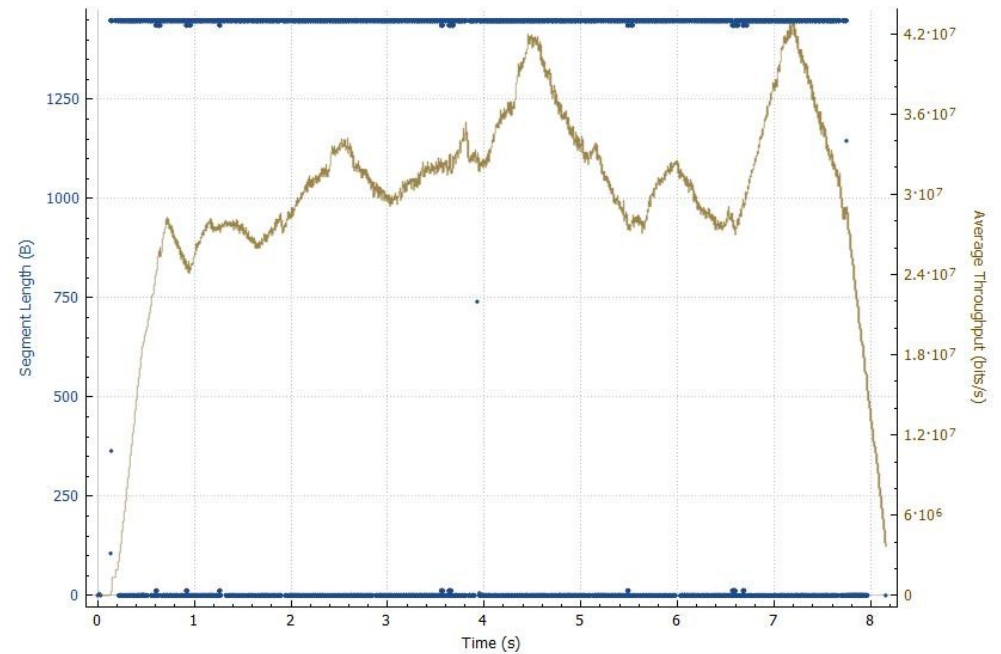
Round Trip Time for 192.168.10.11:12345 → 192.168.10.12:35478

v-64k-0m-5ghz.pcapng



Throughput for 192.168.10.11:12345 → 192.168.10.12:35478 (MA)

v-64k-0m-5ghz.pcapng



Quelques résultats

Outil utilisé : Iperf3

Mesures relevées à 1 mètre

```
Interval          Transfer      Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams
 0.00-60.00  sec    488 MBytes    68.2 Mbits/sec  0.277 ms    3820/365160 (1%)
Sent 365160 datagrams
```

```
Interval          Transfer      Bandwidth      Retr
 0.00-60.00  sec    425 MBytes    59.4 Mbits/sec    228
 0.00-60.00  sec    424 MBytes    59.3 Mbits/sec
sender
receiver
```



← 25m →



← 20m →



Lien à 25 mètres

Interval		Transfer	Bandwidth	Jitter	Lost/Total Datagrams
0.00-60.00	sec	258 MBytes	36.1 Mbits/sec	0.412 ms	2872/208339 (1.4%)
Sent 208339 datagrams					
Interval		Transfer	Bandwidth	Retr	
0.00-60.00	sec	236 MBytes	33.0 Mbits/sec	206	sender
0.00-60.00	sec	236 MBytes	33.0 Mbits/sec		receiver

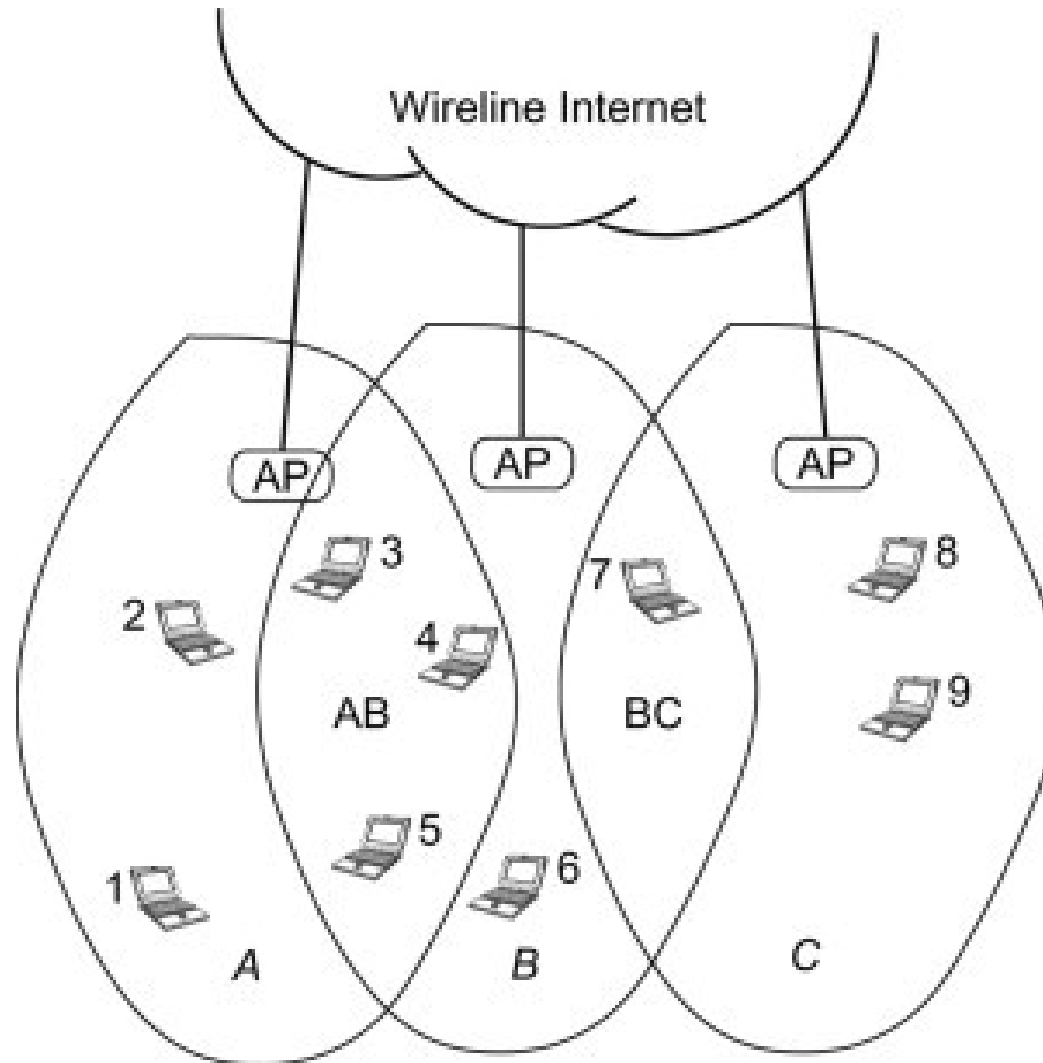
Lien à 20 mètres

Interval		Transfer	Bandwidth	Jitter	Lost/Total Datagrams
0.00-60.00	sec	56.0 MBytes	7.82 Mbits/sec	2.291 ms	2751/45130 (6.1%)
Sent 45130 datagrams					
Interval		Transfer	Bandwidth	Retr	
0.00-60.00	sec	65.5 MBytes	9.15 Mbits/sec	61	sender
0.00-60.00	sec	65.0 MBytes	9.09 Mbits/sec		receiver

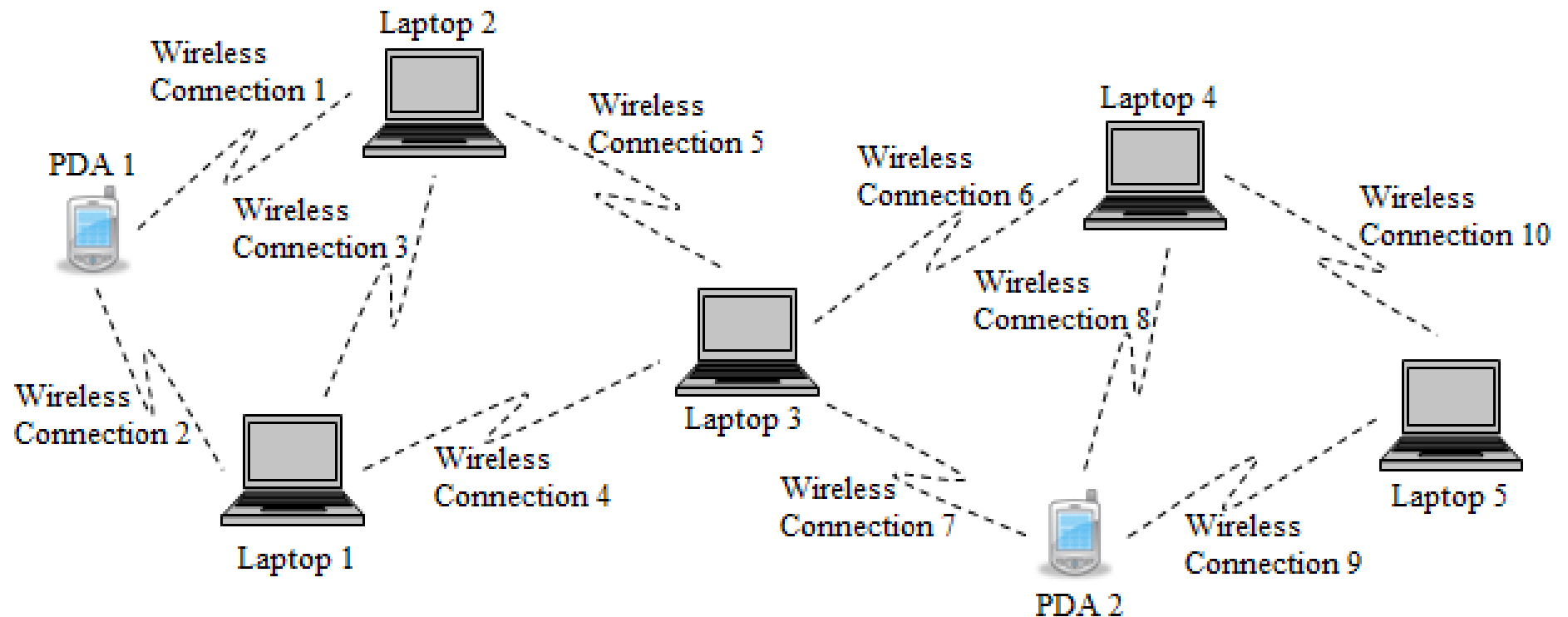
Lien multi-saut

Interval		Transfer	Bandwidth	Jitter	Lost/Total Datagrams
0.00-60.00	sec	54.2 MBytes	7.58 Mbits/sec	1.479 ms	774/43730 (1.8%)
Sent 43730 datagrams					
Interval		Transfer	Bandwidth	Retr	
0.00-60.00	sec	39.1 MBytes	5.47 Mbits/sec	132	sender
0.00-60.00	sec	38.8 MBytes	5.43 Mbits/sec		receiver

Architecture de réseau : mode infrastructure



Architecture de réseau : mode Ad Hoc



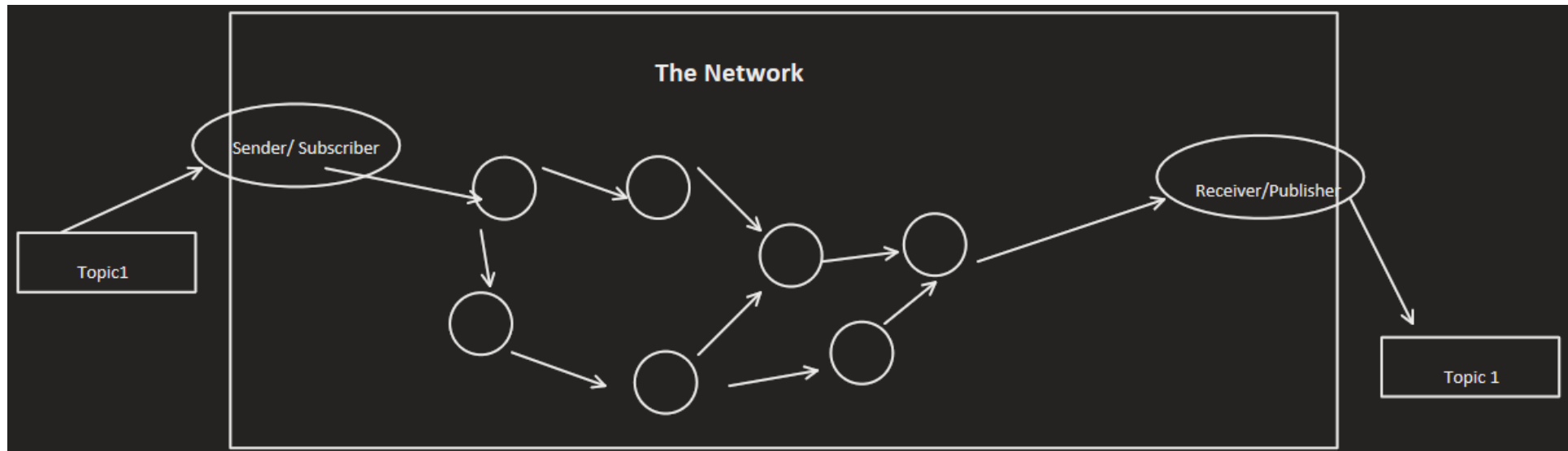
Construction du réseau Ad Hoc

- Modules sans fil avec « Monitor mode » requis
- Protocole de routage Ad Hoc B.A.T.M.A.N.
 - <https://www.open-mesh.org/projects/open-mesh/wiki>
 - Better Approach To Mobile Ad-hoc Networking

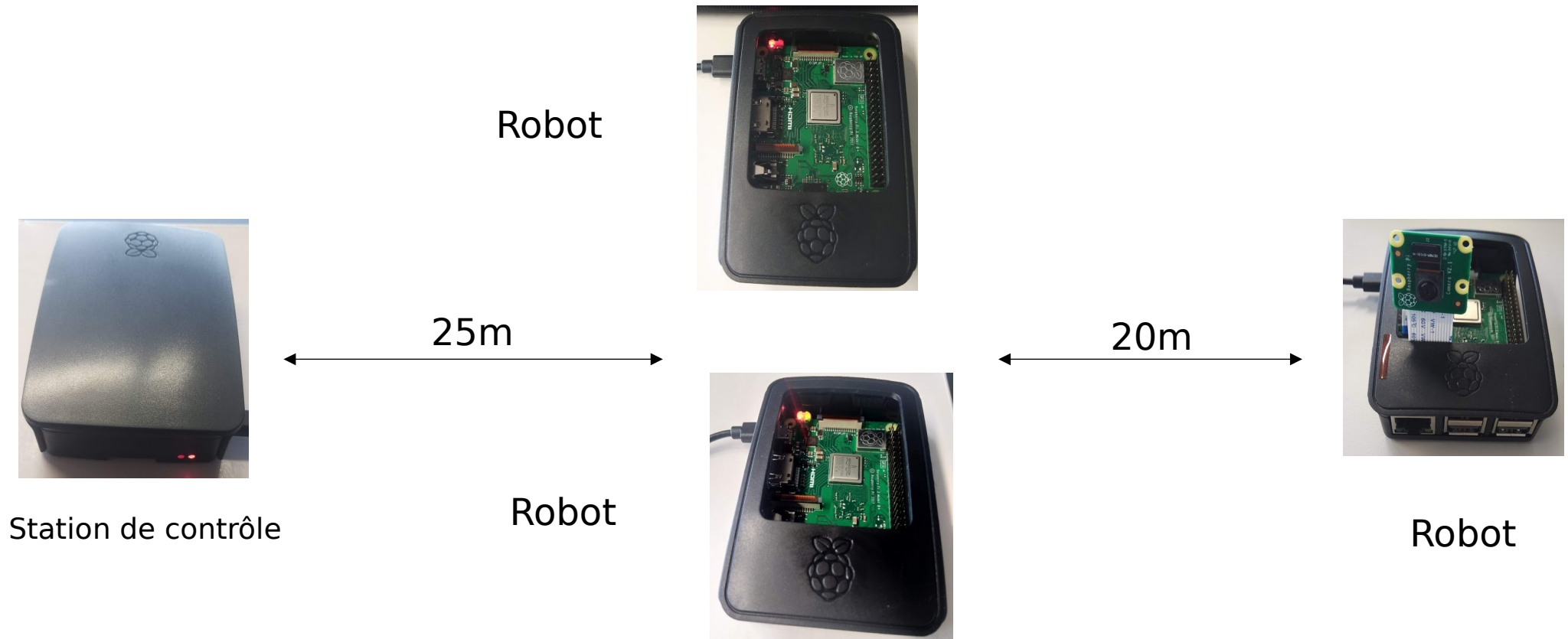
Utilisation de ROS

- Robot Operating System
 - <https://www.ros.org/>
 - Middleware dédié à la robotique installé au-dessus d'un système d'exploitation
 - Utilisation du principe de publication/souscription sur des sujets (« topics ») par des nœuds
- ROS ou ROS 2 ?
 - http://design.ros2.org/articles/ros_on_dds.html
 - http://design.ros2.org/articles/why_ros2.html
- Mise en pratique
 - Installation sur des RaspBerry Pi avec un système d'exploitation « compatible » ROS (Ubuntu Mate 18.04)
 - ROS image transport et view

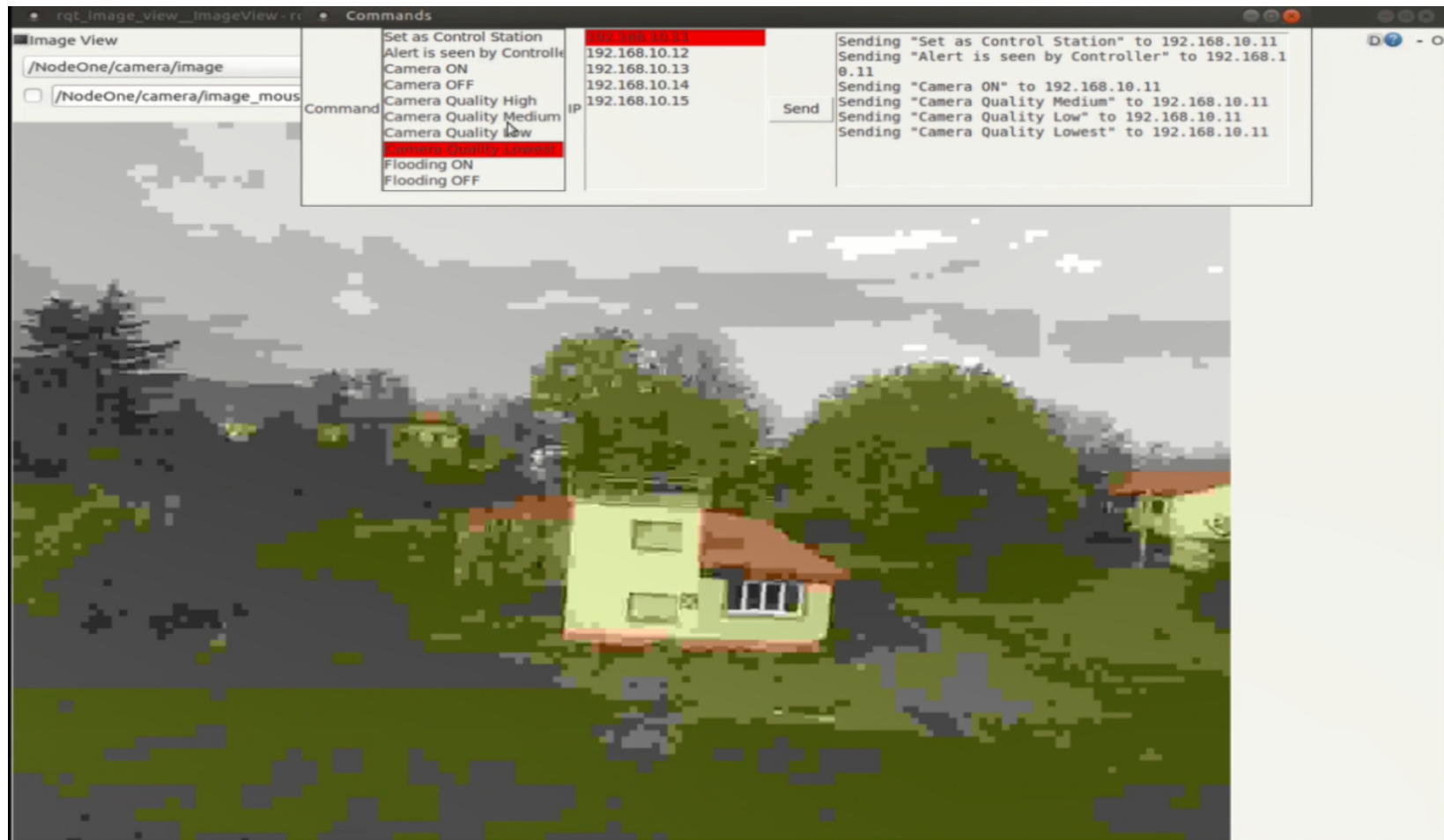
ROS à travers un réseau Ad Hoc



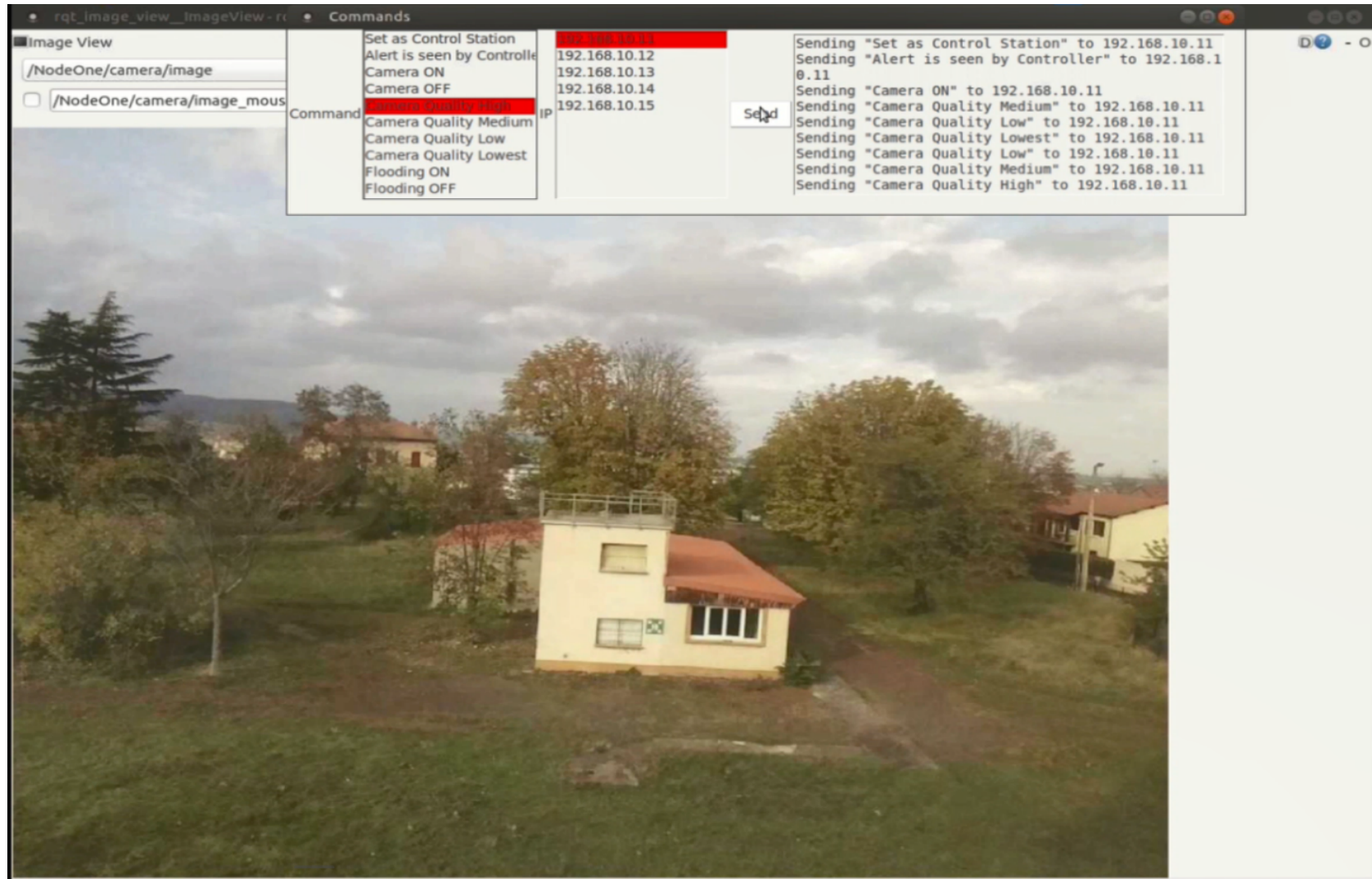
Configuration testée (en intérieur)



Transmission d'image de faible qualité



Transmission d'image de haute qualité



Equipement

- Matériel financé à hauteur de 3 k€
 - Un ordinateur portable
 - Une dizaine de modules Raspberry Pi 3 B+ avec accessoires
 - Différents modules USB Wi-Fi
 - Un point d'accès sans fil

Conclusion

- Différents aspects abordés
 - Qualité de Service
 - Architecture du réseau avec étude du mode Ad Hoc
 - Transmission de différents types de données
- Différentes expérimentations menées en intérieur
 - Plusieurs tests avec différents matériels et des conditions variables (distance notamment)
 - Transmission d'images et de messages d'alerte à travers un réseau sans fil Ad Hoc en s'appuyant sur ROS

Perspectives

- Travaux de recherche sur communication sans fil haut débit et faible latence
 - Conception et réalisation d'un module de Qualité de Service
 - Intégration de ces travaux dans ROS/ROS2
- Passage de ROS à ROS 2
- Expérimentations réelles
 - Déploiement de nœuds fixes en extérieur
 - Déploiement de nœuds embarqués sur des robots mobiles

Merci de votre attention