Montage: Protocole MQTT

école normale supérieure paris saclay maris mari

Hugo Miquel

M2 FESup INTRANET 2024-2025



MQTT et modèle OSI

Services applicatifs **Application** 7 au plus proche des utilisateurs. Encode, chiffre et compresse ⇒ Binaire, JSON, ASCII 6 Présentation les données utiles. Établit des sessions entre **⇒ Protocole MQTT** 5 Session des applications. Établit, maintient et termine ⇒ TCP 4 **Transport** des sessions entre des périphériques terminaux. Adresse les interfaces globalement et détermine ⇒ IP 3 les meilleurs chemins à travers un inter-réseau. Réseau Adresse localement les interfaces, livre Liaison de données 2 les informations localement, méthode MAC. Encodage du signal, câblage et connecteurs, Physique spécifications physiques. 1

Modèle OSI

Intégration du protocole MQTT dans le modèle OSI, adapté de "Concevez votre réseau TCP/IP", OpenClassrooms.

Qu'est-ce que le protocole MQTT?

MQTT: Message Queuing Telemetry Transport

- ⇒ Protocole de messagerie de type publication/souscription s'appuyant sur le protocole TCP/IP.
- ⇒ Dédié au Machine to Machine (M2M) et aux objets connectés.
- ⇒ Porté sur **Arduino**, **STM32**, **Raspberry pi** ou sur **PC**.

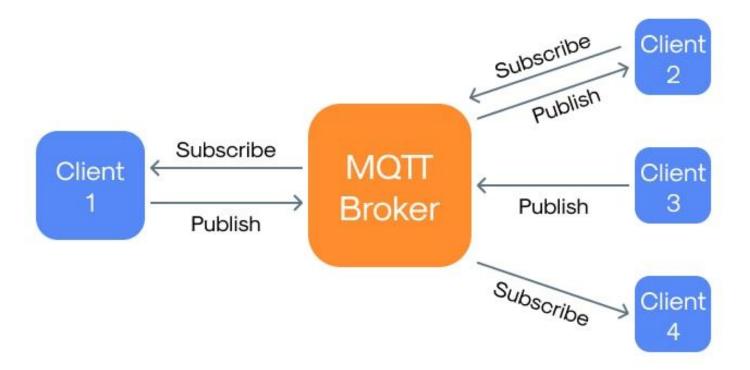


Schéma général du protocole MQTT, extrait de "MQTT Concept", M. Beschokov

Flexibilité

MQTT sur la couche "session" au-dessus de la couche réseau TCP/IP sur le modèle OSI ⇒ routable sur Internet.

⇒ Possibilité de transmettre n'importe quel message sur les topics, de l'ASCII, du binaire ou du JSON.

Légèreté

Échanges MQTT plus légers que HTTP.

Sécurité

Sécurisation possible avec un chiffrement SSL/TLS, mais coût non négligeable en termes de performances sur de l'embarqué ⇒ nécessite du matériel puissant.

Intégrité des données

Notion de *qualité de service* (QoS) ⇒ permet à un client de s'assurer qu'un message a bien été transmis, avec différents niveaux de fiabilité.

Format d'un message MQTT

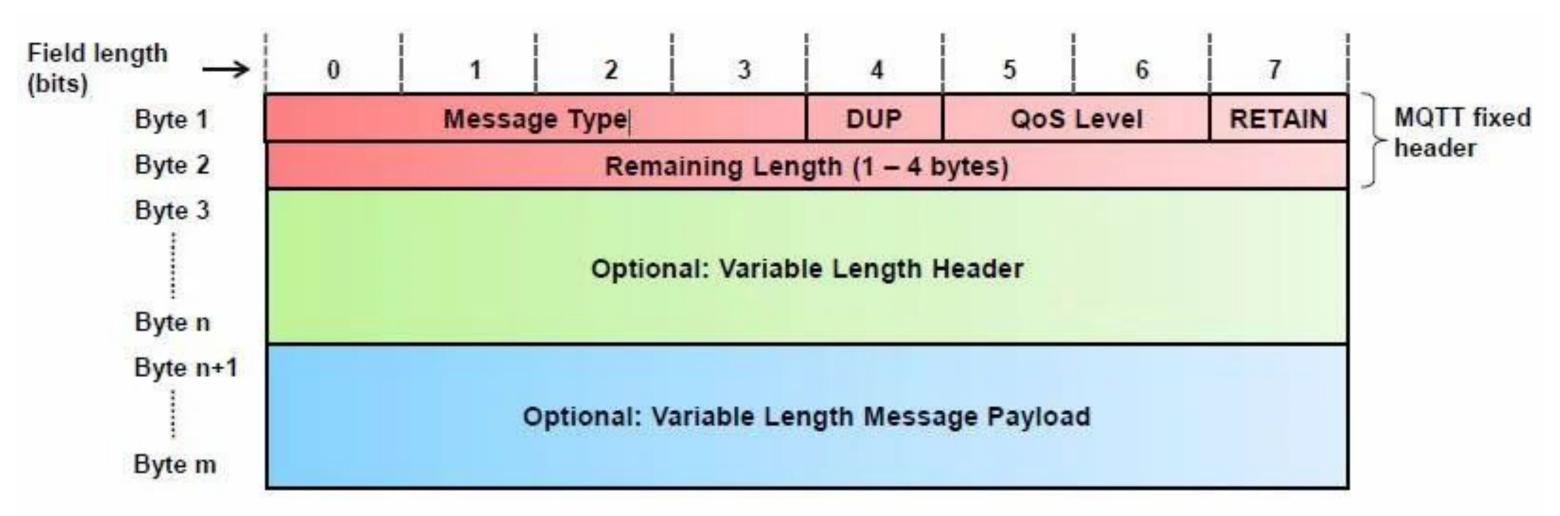


Schéma détaillé du format d'un message MQTT,

extrait de "MQTT Architecture tutorial : Message Format, types, Flow Diagram".

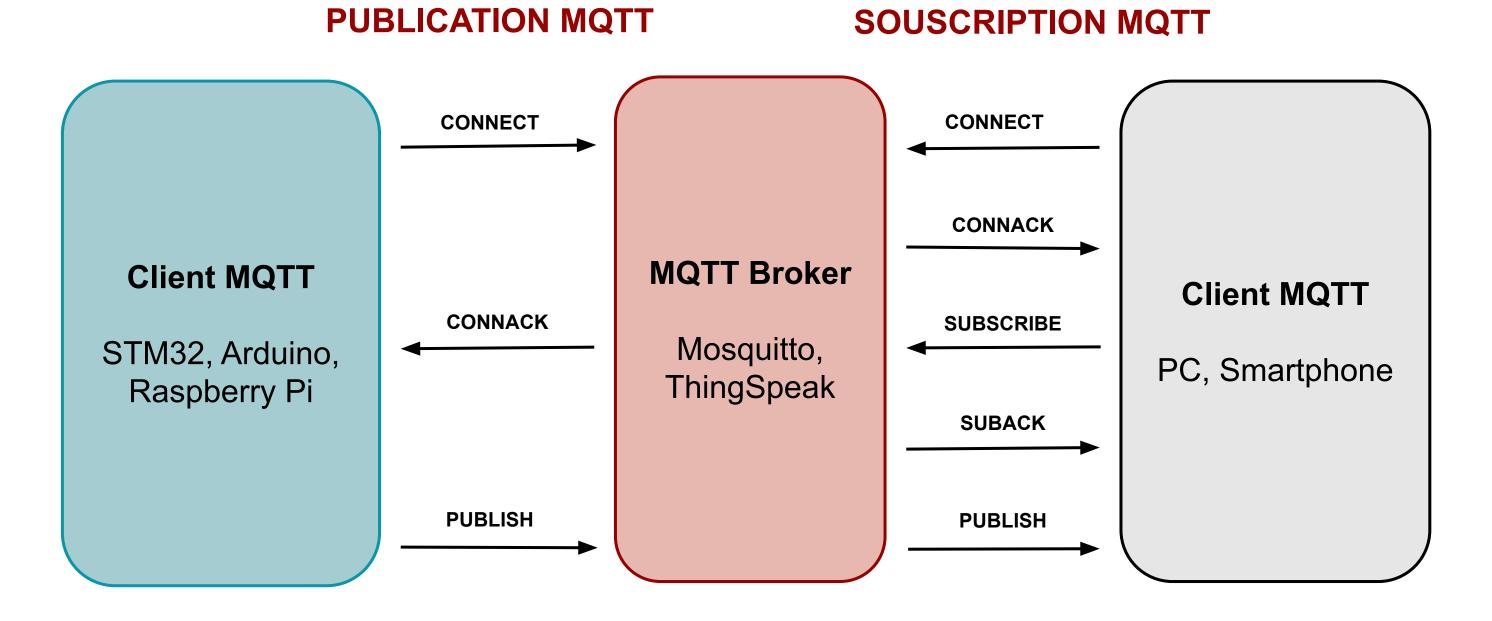
Types de messages

Value	MQTT message	Direction of flow	Description
1	CONNECT	Client to server (i.e Broker)	Client requests to connect to server
2	CONNACK	Server to client	Connect acknowledgment
3	PUBLISH	Client to server OR server to client	Publish message
4	PUBACK	Client to server OR server to client	Publish acknowledgment
5	PUBREC	Client to server OR server to client	Publish received
6	PUBREL	Client to server OR server to client	Publish released
7	PUBCOMP	Client to server OR server to client	Publish complete
8	SUBSCRIBE	Client to server	Client subscribe request
9	SUBACK	Server to client	Subscribe acknowledgment
10	UNSUBSCRIBE	Client to server	Unsubscribe request
11	UNSUBACK	Server to client	Unsubscribe acknowledgment
12	PINGREQ	Client to server	Ping request
13	PINGRESP	Server to client	Ping response
14	DISCONNECT	Client to server	Client is disconnecting

Tableau regroupant les différents types de messages transmis par le protocole MQTT, adapté de "MQTT Architecture tutorial : Message Format, types, Flow Diagram".

ENS PARIS-SACLAY — Protocole MQTT — 11.02.2025

Transmission d'un message



Structure générale du protocole MQTT, schémas originaux

6

Quality Of Service (QoS 0)

Envoyer et oublier (QoS 0):

Le client ne reçoit aucune confirmation du broker à la réception du message.

- + Moyen le plus rapide de publier et recevoir des messages
- Risque de perte de messages plus important

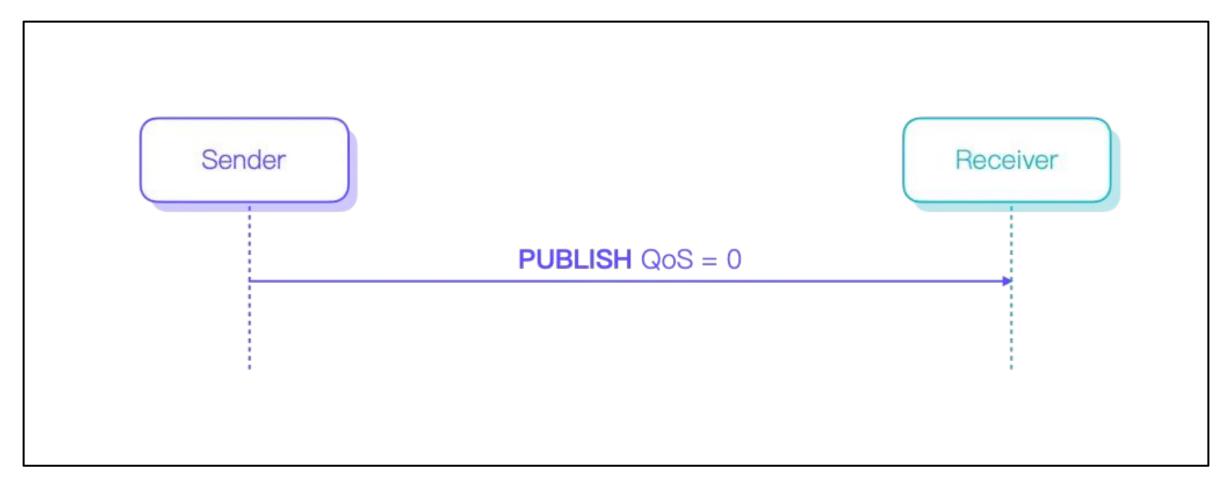


Schéma de la publication d'un message avec une QoS 0, extrait de "MQTT QoS 0, 1, 2 Explained: A Quickstart Guide", Z. Zhou

ENS PARIS-SACLAY — Protocole MQTT — 11.02.2025

Quality Of Service (QoS 1)

Au moins une fois (QoS 1):

Chaque message du client vers le broker ou du broker vers le client doit être acquitté. Si l'acquittement n'arrive pas dans le temps imparti, le message est réexpédié.

- Risque de duplication de messages

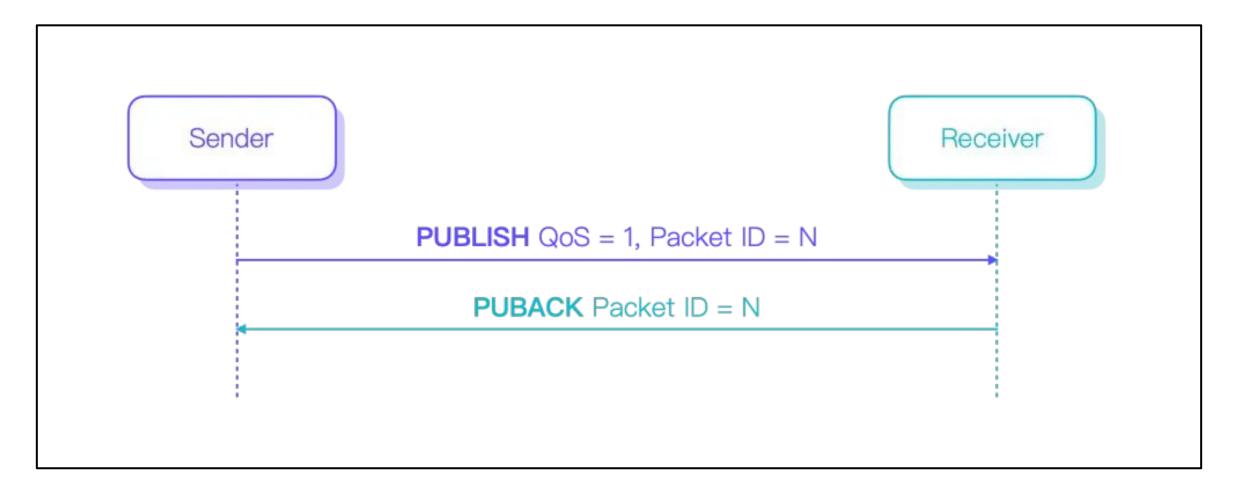


Schéma de la publication d'un message avec une QoS 1, extrait de "MQTT QoS 0, 1, 2 Explained: A Quickstart Guide", Z. Zhou

8

Quality Of Service (QoS 1)

⇒ Duplication des messages en QoS 1

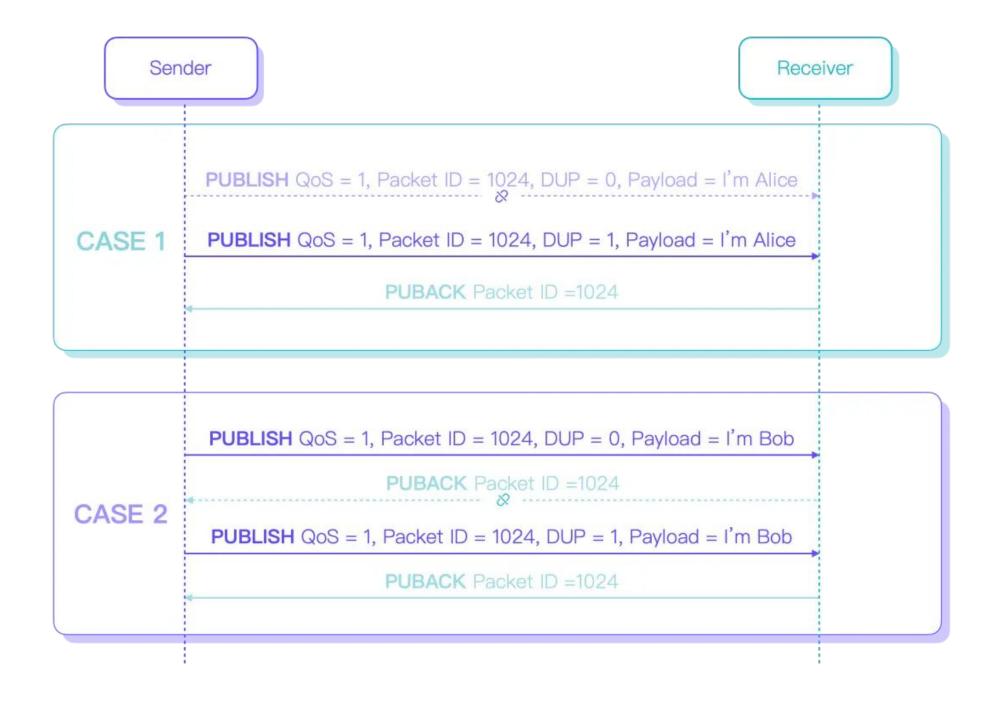


Schéma expliquant la duplication possible d'un message en QoS 1, extrait de "MQTT QoS 0, 1, 2 Explained: A Quickstart Guide", Z. Zhou

Quality Of Service (QoS 1)

⇒ Duplication des messages en QoS 1

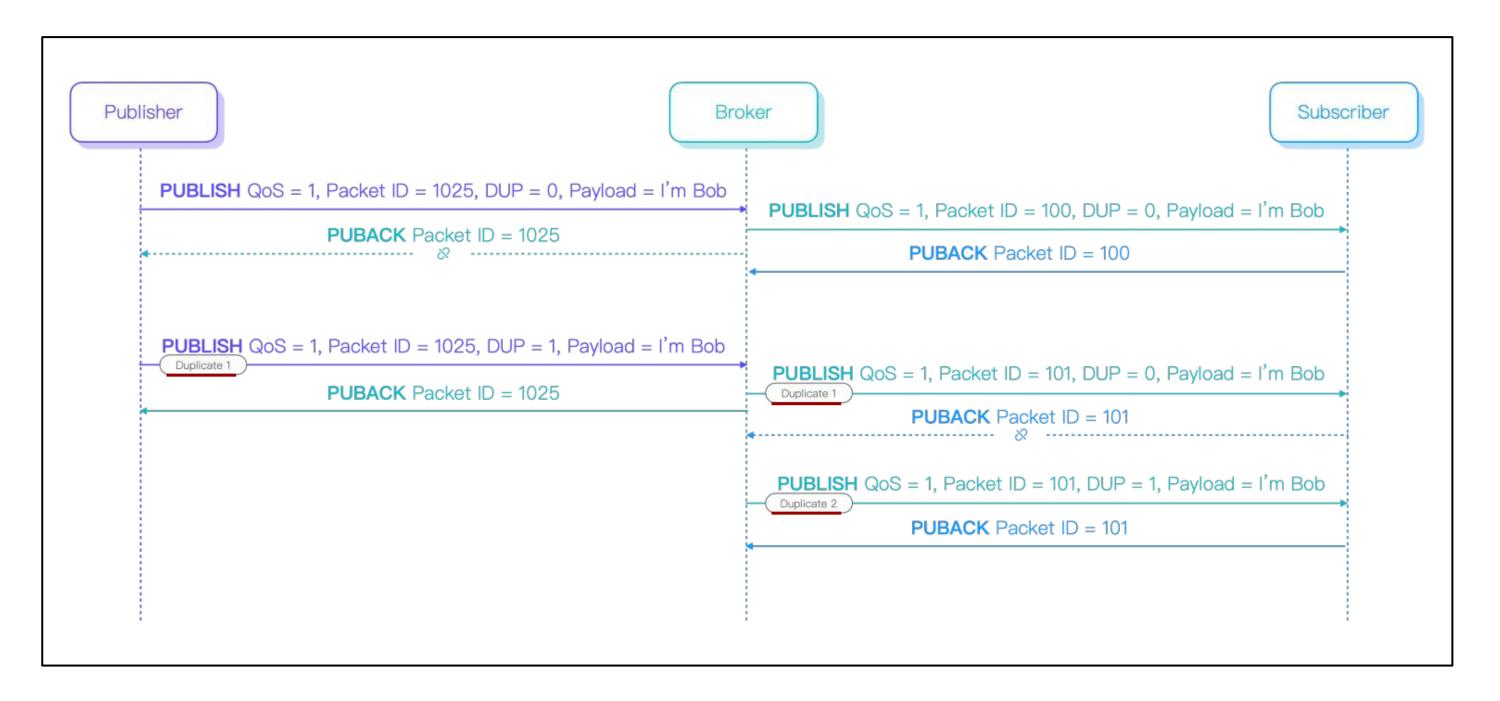


Schéma expliquant la duplication possible d'un message en QoS 1, extrait de "MQTT QoS 0, 1, 2 Explained: A Quickstart Guide", Z. Zhou

Quality Of Service (QoS 2)

Exactement une fois (QoS 2):

Garantit que chaque message n'est reçu qu'une seule fois par les destinataires prévus.

- + plus sûr
- plus lent

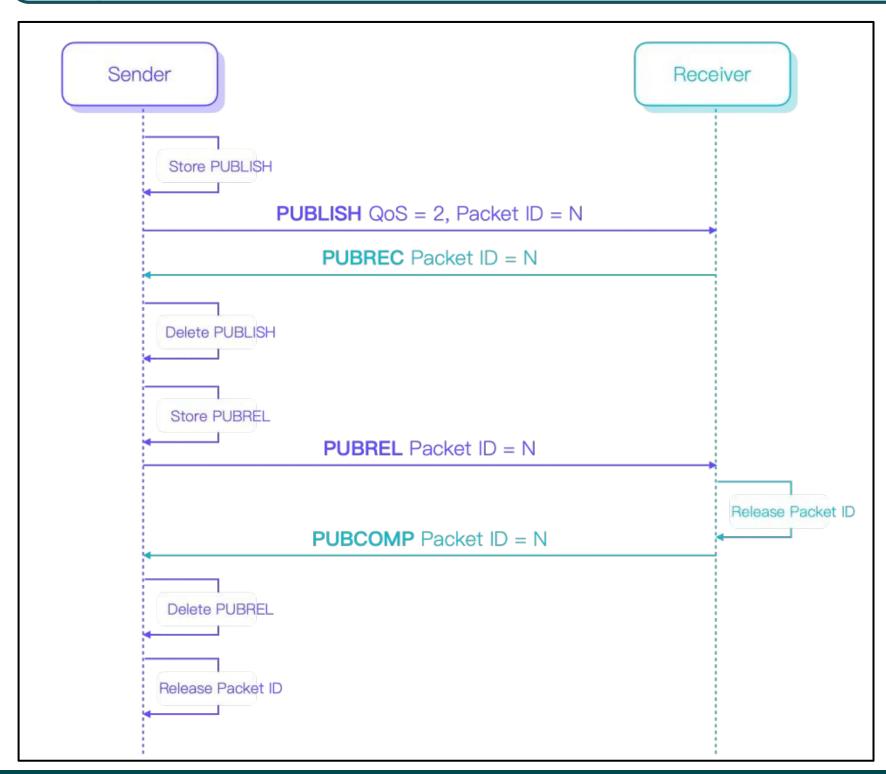


Schéma de la publication d'un message avec une QoS 2,

extrait de "MQTT QoS 0, 1, 2 Explained: A Quickstart Guide", Z. Zhou

Quality Of Service (QoS 2)

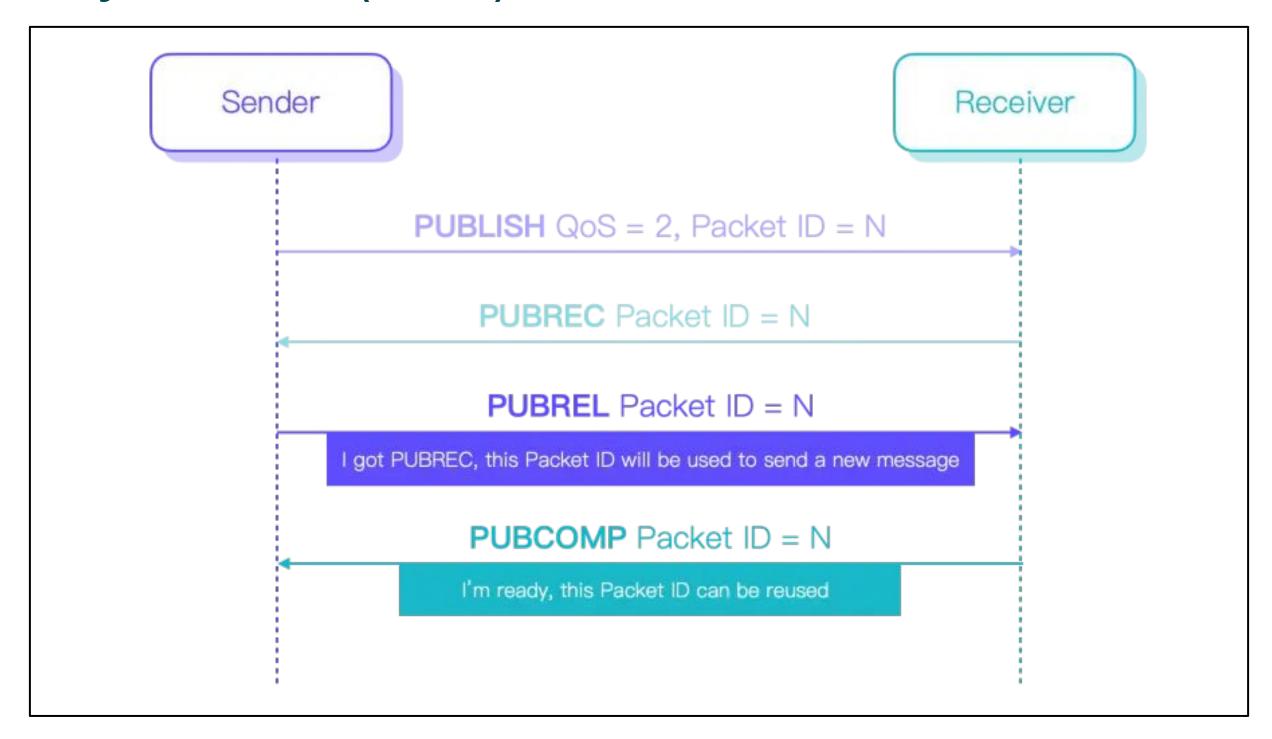


Schéma expliquant les rôles de PUBREC, PUBREL et PUBCOMP dans la publication d'un message avec une QoS 2 extrait de "MQTT QoS 0, 1, 2 Explained: A Quickstart Guide", Z. Zhou

⇒ Pas de duplication des messages

ENS PARIS-SACLAY — Protocole MQTT — 11.02.2025 HUGO MIQUEL 11

Quality Of Service - Point important

La **QoS** des **messages de publication** MQTT n'est **pas de bout en bout**, mais **entre** le **client** et le **broker**.

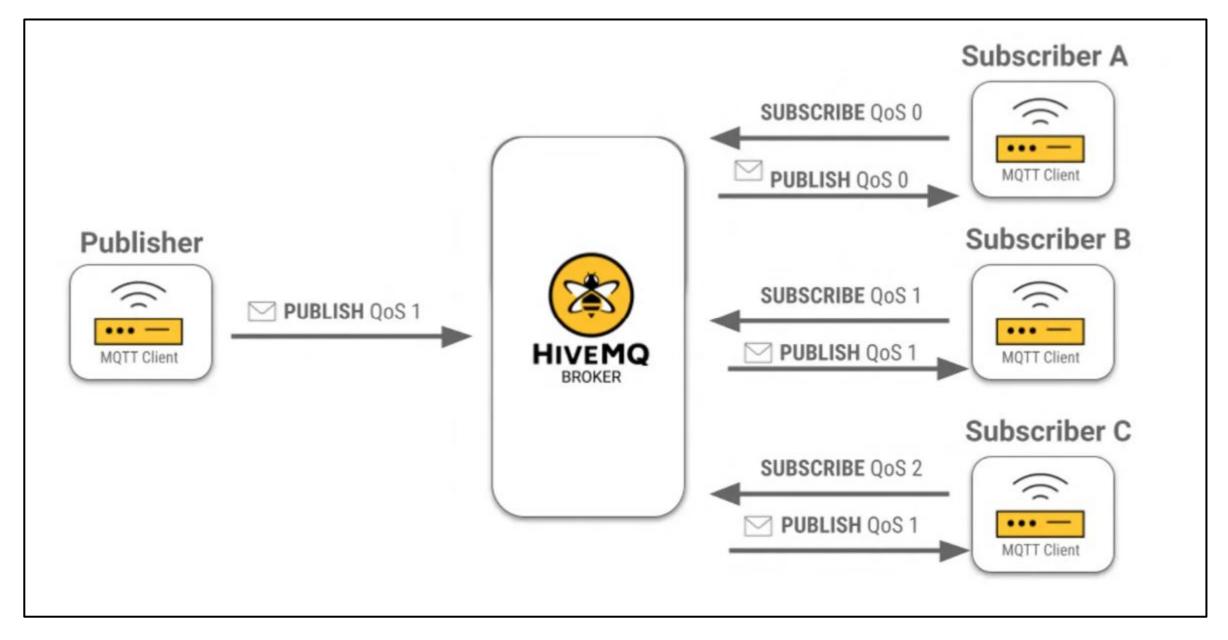


Schéma illustrant le caractère "client-broker" du QoS, extrait de "Debunking Common MQTT QoS Misconceptions", J. Deters

ENS PARIS-SACLAY — Protocole MQTT — 11.02.2025 HUGO MIQUEL 12

Rendez-vous sur mon github pour la suite du TP

https://github.com/hugoMiCode/Montage-MQTT

Public visé:
BTS CIEL (Cybersécurité, Informatique et réseaux, Électronique),
option A "Informatique et réseaux"

III.2. Définition des compétences professionnelles

Les compétences professionnelles sont définies successivement pour chaque option du BTS.

Elles sont définies à l'aide de tableaux suivants qui rappellent les principales activités professionnelles mobilisant la compétence, et précisent ensuite les principales connaissances qui lui sont associées et les critères qui permettent de l'évaluer au travers des dimensions savoir, savoir-faire et savoir-être.

Les connaissances associées relèvent du champ de la physique (indiquées par des puces « ● ») et du champ des sciences et techniques industrielles (indiquées par des puces « – »).

Chaque compétence mobilise des connaissances. Pour chaque connaissance, un niveau taxonomique est indiqué permettant de préciser les limites de connaissances attendues.

Les niveaux taxonomiques utilisent une échelle à quatre niveaux :

- Niveau 1 : niveau d'information
- Niveau 2 : niveau d'expression
- Niveau 3 : niveau de la maîtrise d'outils
- Niveau 4 : niveau de maîtrise méthodologique

Les critères d'évaluation relevant des savoir-être sont indiqués en italique.

C09

INSTALLER UN RÉSEAU INFORMATIQUE

Principales activités mettant en œuvre la compétence :

- R2 Installation et qualification
- R3 Exploitation et maintien en condition opérationnelle
- R5 Maintenance des réseaux informatiques

Connaissances associées (et niveaux taxonomiques)

_	Modèle en couches	Niveau 2
_	Protocoles usuels IPv4, HTTP, HTTPS,TCP/IP, Ethernet, ipV6, DNS, DHCP, SSH	Niveau 4
=	Protocoles SMTP, POP, IMAP, SIP, RTP, SNMP, MQTT, NTP	Niveau 2
-	Routage (incl. NAT et PAT)	Niveau 3
_	Commutation (VLAN incl.)	Niveau 3
-	Pare-feu, ACL	Niveau 3
=	Réseaux de terrain (Modbus overIP)	Niveau 4
-	Réseaux IoT (LPWAN, 802.15.4, Bluetooth)	Niveau 3
-	WLAN	Niveau 3
=	Systèmes d'exploitations (Windows, UNIX, virtualisations)	Niveau 3
-	Architecture réseaux cellulaires	Niveau 2
_	VPN	Niveau 3
	Caractéristiques des capteurs présents dans les systèmes informatiques étudiés	Niveau 3
	 Caractéristiques des communications présentes dans les systèmes informatiques étudiés 	Niveau 3
	Caractéristiques des actionneurs présents dans les systèmes informatiques étudiés	Niveau 3

Critères d'évaluation de la compétence

- Les équipements nécessaires à la réponse au CDC (fourni par le client) sont identifiés
- Une procédure de configuration ou d'installation est déterminée ainsi que les points critiques, les procédures étant soumises à validation si nécessaire
- La ou les procédures choisies sont suivies
- Les activités sont menées en respectant les règles de sécurité
- Un compte-rendu du fonctionnement de l'installation est fourni (anomalies, difficultés et retours clients etc.)
- Le style, le ton et la terminologie utilisés sont adaptés à la personne et aux circonstances
- Le travail est effectué selon les attentes exprimées de temps, de quantité ou de qualité
- Le travail est préparé de façon à satisfaire les exigences de qualité, d'efficacité et d'échéancier

Public visé:

BTS CIEL (Cybersécurité, Informatique et réseaux, Électronique), option A "Informatique et réseaux"

Contexte et prérequis

- Connaissances requises:
 - Modèle en couches (OSI et TCP/IP)
 - o Protocoles de la couche application (HTTP, HTTPS, SMTP, etc.)
 - Notions de routage et de réseaux IoT
- Objectifs généraux :
 - Comprendre le fonctionnement du protocole MQTT dans un contexte loT/M2M
 - Savoir analyser et interpréter les échanges entre client et broker
 - Manipuler MQTT via des scripts Python et observer l'impact de certains paramètres (ex. : retain)

Public visé:

BTS CIEL (Cybersécurité, Informatique et réseaux, Électronique), option A "Informatique et réseaux"

Cours théorique

1h - 2h
Introduction, rappel sur
OSI et TCP/IP, définition,
usage, détails des
échanges, comparaison
autres protocoles etc...

Travaux dirigés

1h - 2h
Analyse de logs,
interpréter les échanges
MQTT, questions de
compréhension, etc...

Plusieurs travaux pratiques

4h

Manipulation via Python, installation du broker (Mosquitto) sur VM, publication/souscription, question plus profondes, réflexion etc...

Evaluation

1h Quiz,

Rendu de

TP

Public visé:

BTS CIEL (Cybersécurité, Informatique et réseaux, Électronique), option A "Informatique et réseaux"

Supports et matériels

- Diaporama présentant les concepts théoriques et les exemples de logs.
- Scripts Python préconfigurés pour publication et souscription MQTT.
- Accès à un broker MQTT (local ou sur une VM).
- Ordinateurs avec environnement Python et client MQTT installé.
- Documents d'aide et supports de TD.

Critères d'évaluation

- Savoir identifier et expliquer les échanges MQTT (PUBLISH, PINGREQ, PINGRESP, etc.) à partir des logs.
- Capacité à manipuler le protocole MQTT via des scripts et à observer les effets des paramètres.
- Compréhension des applications pratiques de MQTT dans un contexte de réseau loT et de cybersécurité.
- Rendu d'un compte-rendu des TPs.

Bibliographie

"Le protocole MQTT et l'internet des objet (IOT)", J-F Serreau, 2021

"MQTT QoS 0, 1, 2 Explained: A Quickstart Guide", Z. Zhou, 2024

"Debunking Common MQTT QoS Misconceptions", J. Deters, 2024

"MQTT Concept", M. Beschokov, 2024

"MQTT Architecture tutorial: Message Format, types, Flow Diagram", www.rfwireless-world.com

BTS CIEL, Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation