

Auteurs

CHABANE Mohamed El Amine

Encadrants

SARKISS Mireille
BEN HADJ SAID Siwar
LEHMANN Frédéric

CONTEXTE

TIME SENSITIVE NETWORKS

1. TSN vise à garantir : latences déterministes, gigue contrôlée et fiabilité élevée.
2. Le standard **IEEE 802.1Qbv** introduit le Time-Aware Shaper (TAS) basé sur des **Gate Control Lists (GCL)**.
3. Les GCL définissent des fenêtres temporelles d'ouverture/fermeture des files pour chaque priorité. (Fig 1)
4. Dans un réseau multi-commutateurs, les décisions locales impactent les performances bout-en-bout (E2E).
5. Les approches classiques (PL, heuristiques, métaheuristiques) :
 - Ne passent pas à l'échelle,
 - Sont peu adaptatives,
 - Deviennent coûteuses avec le nombre de flux et de commutateurs.

➔ **Défi : Générer automatiquement des GCL cohérents, déterministes et scalables à l'échelle du réseau.**

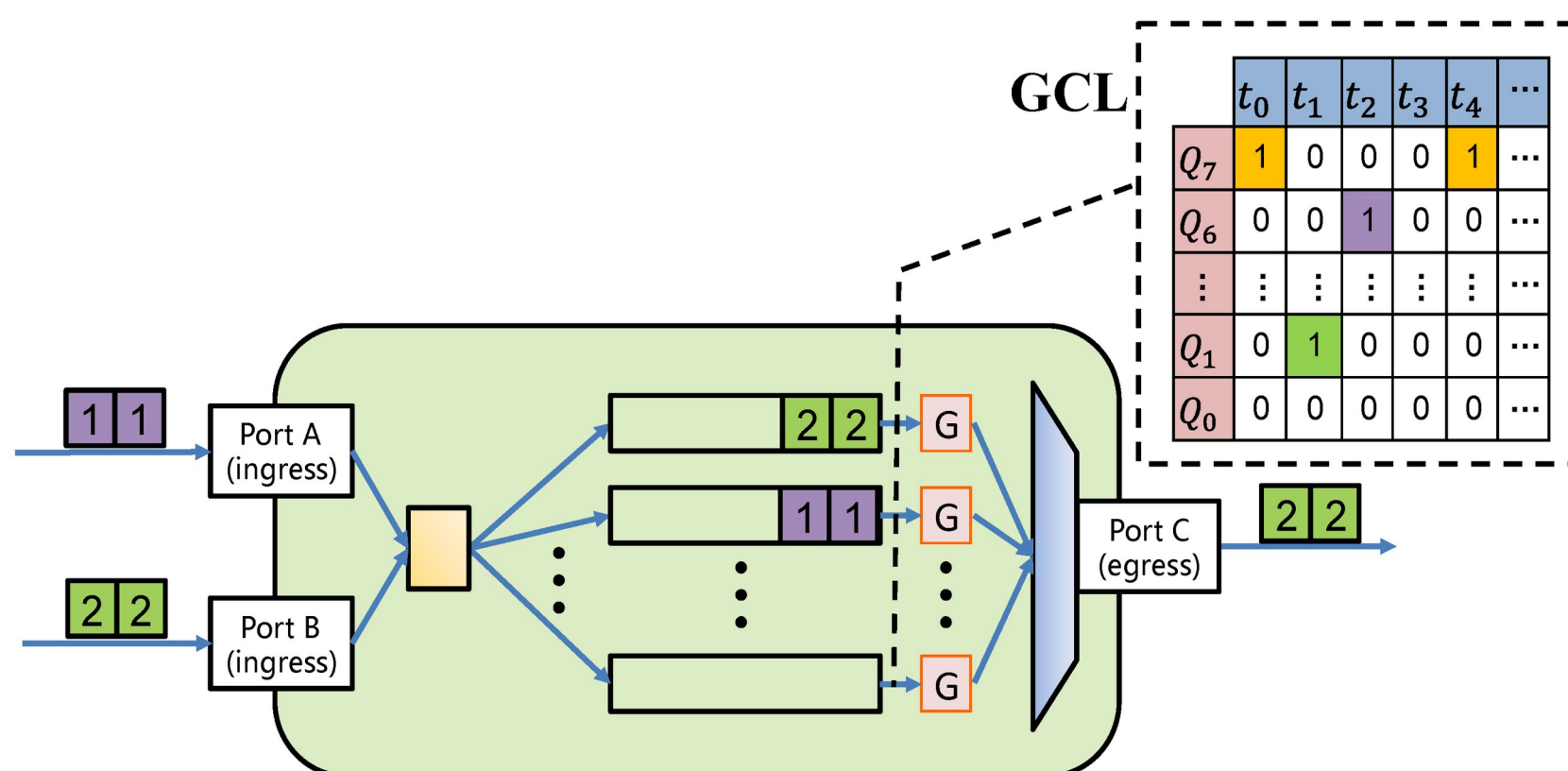


Fig 1. Mécanisme TAS défini par la norme IEEE 802.1 Qbv

RÉSULTATS

INFERENCE ET GÉNÉRATION DE GCL

1. Convergence de l'apprentissage. (Fig 4)
2. Déploiement de la politique apprise en **inférence gloutonne** sur une hyperpériode complète.
3. Génération automatique de GCLs compatibles IEEE 802.1Qbv.
4. Résultats observés en simulation (OMNeT++):
 - Latences E2E stables et déterministes,
 - Respect strict des deadlines TT,
 - Absence de collisions temporelles.
5. Politique robuste à différentes configurations (Fig 5).
6. **GCL directement exploitables pour un déploiement pratique.**

SOLUTION PROPOSÉE

Q-LEARNING

1. Formulation du scheduling IEEE 802.1Qbv comme un MDP (un épisode = une hyperpériode, un pas = un timeslot). (Fig 2)
2. Observation d'un état global du réseau (files, âges des paquets, topologie).
3. Utilisation du **Q-Learning** pour l'entraînement de l'agent.
4. Action : choisir à chaque timeslot quelle file (priorité) ouvrir $\{0, \dots, 7\}$ pour transmettre.
5. Intégration de contraintes d'actions.
6. Apprentissage guidé par une récompense unique de bout en bout.

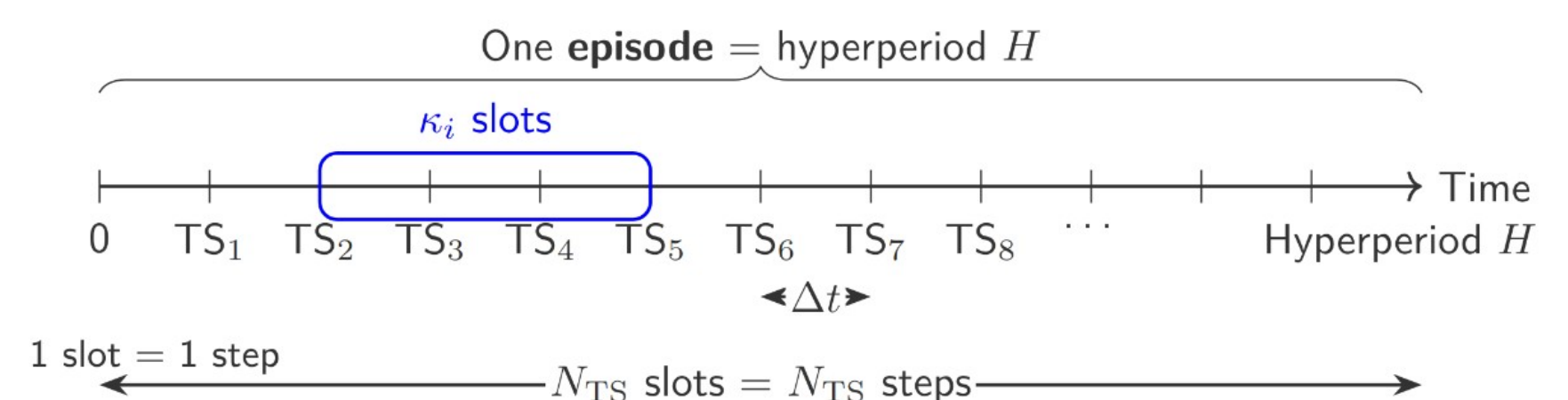


Fig 2. Discretisation du temps

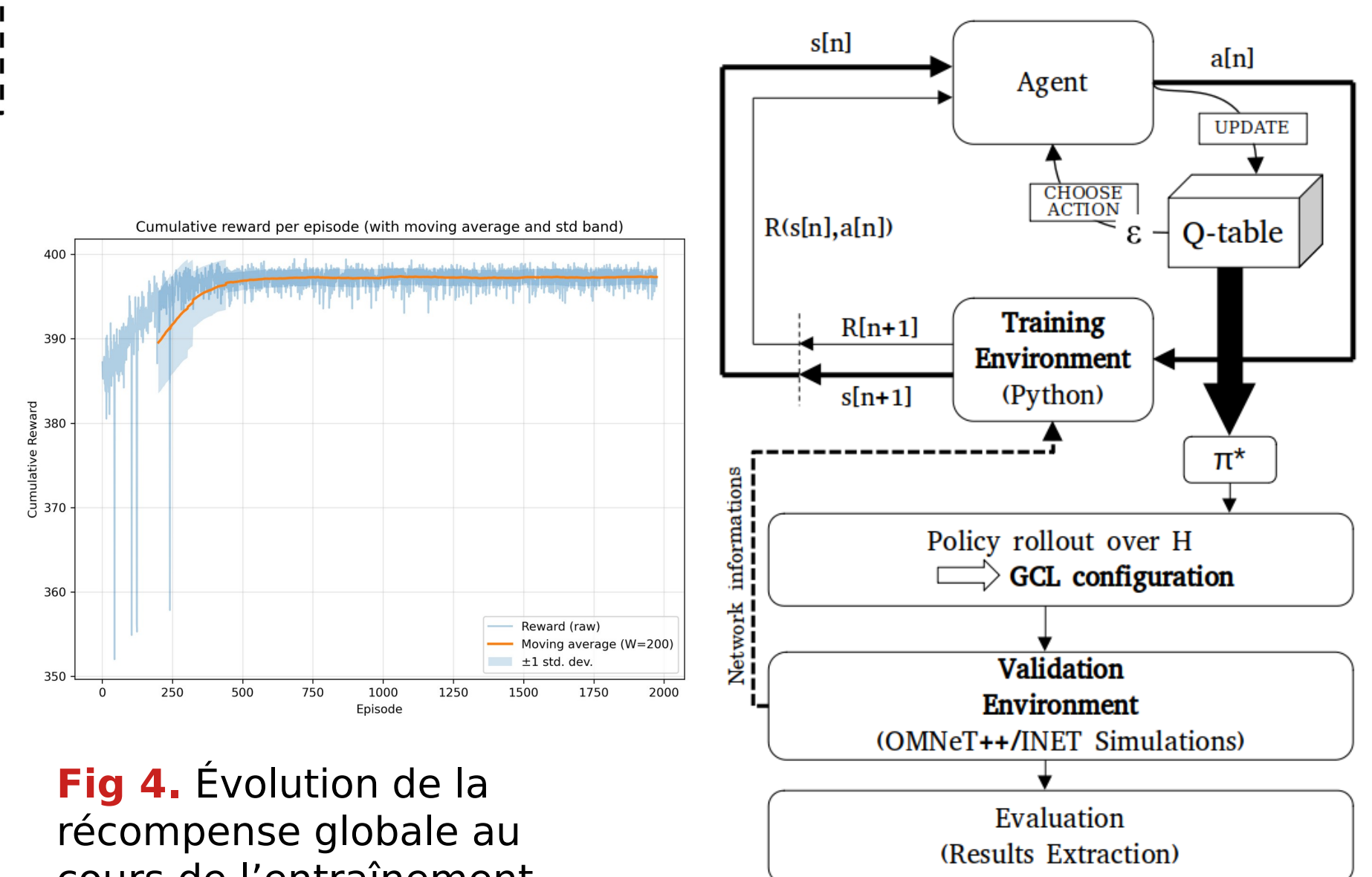


Fig 4. Évolution de la récompense globale au cours de l'entraînement

Fig 3. Architecture de la solution

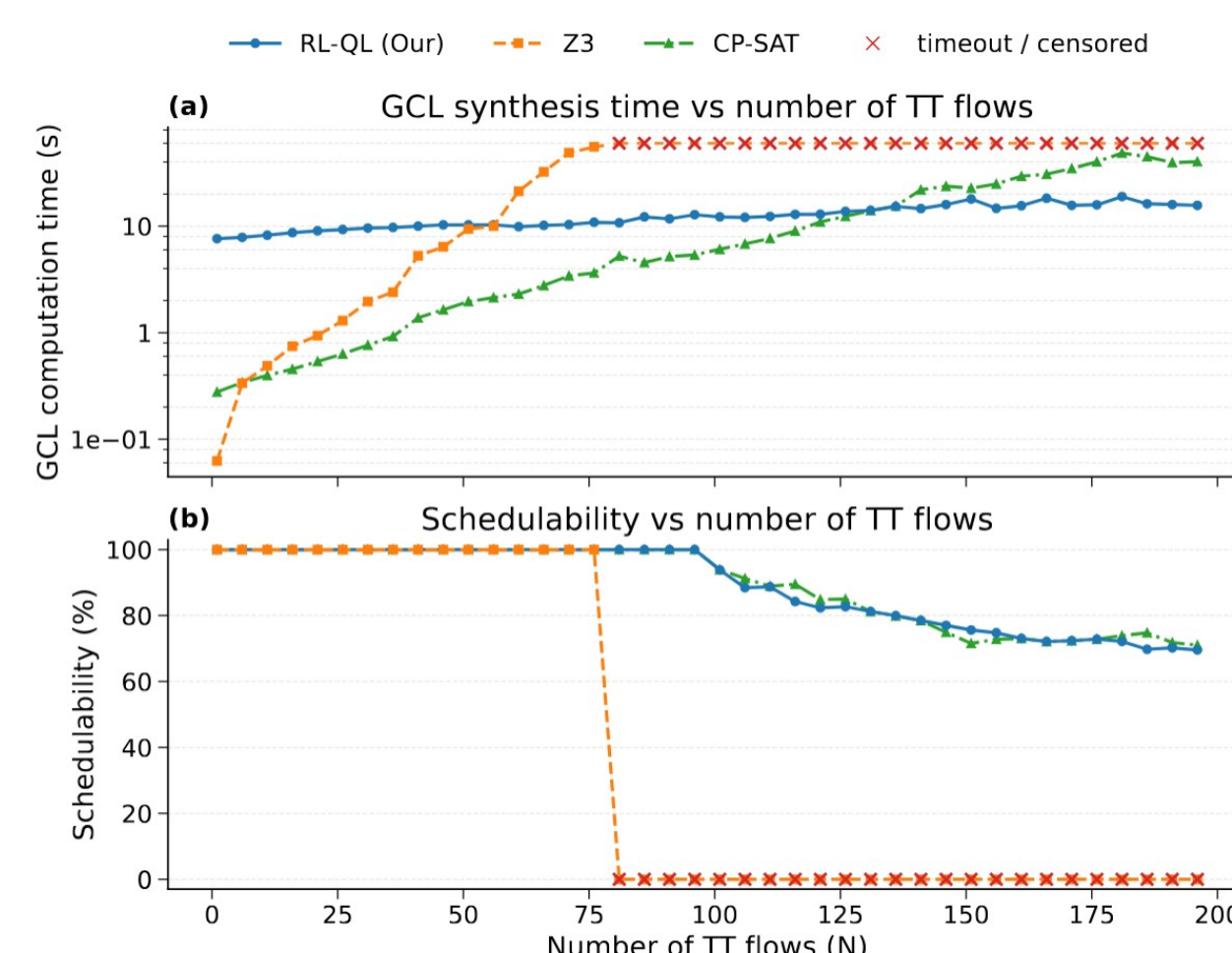


Fig 5. Benchmark