

# Proposition de thèse/ PhD proposal ISAE-SUPAERO

---

## Statistical analysis for TSN

Directeurs de thèse : Luca Santinelli (ONERA/DTIS/SEAS), Fabrice Francès (ISAE-SUPAERO/DISC)

Contact : Luca.Santinelli@onera.fr Fabrice.Frances@isae-sup aero.fr

### Contexte :

Les travaux du groupe IEEE Time-Sensitive Networking (TSN) visent à fournir des services déterministes sur les réseaux locaux (IEEE 802), et notamment des garanties pour un transport de paquets à latence bornée et pour une gigue et des pertes de paquets réduites. Ces services, appliqués sur la technologie Ethernet (IEEE 802.3), apportent une nouvelle réponse aux besoins d'un Ethernet « temps réel », en particulier dans les secteurs du contrôle industriel et des réseaux embarqués automobiles. Récemment, les avionneurs se sont aussi montrés intéressés par la capacité de ces réseaux à véhiculer des trafics de types et criticités différentes.

Toutefois, les travaux qui sont réalisés dans le groupe de travail TSN sont encore très évolutifs et les mécanismes et protocoles sont proposés avant que les chercheurs ne fournissent des preuves de déterminisme ou d'autres études (simulations) permettant d'augmenter la confiance sur les garanties de latence ou de gigue.

Dans une thèse précédente [7], nous avons par exemple été parmi les premiers à trouver des bornes déterministes pour les latences au sein de réseaux TSN utilisant le mécanisme BLS (Burst-Limiting Shaper). Nous avons utilisé pour cela la théorie du Network Calculus et avons pu montrer au passage que des travaux concurrents, basés sur la technique CPA (Compositional Performance Analysis) étaient trop optimiste, donc erronés. Cela montre bien la jeunesse des travaux dans ce domaine.

Il se trouve que le mécanisme BLS proposé au sein du Task Group TSN a maintenant été remplacé par plusieurs autres propositions, qui n'ont pas encore été évaluées formellement. Le sujet de cette thèse vise à aborder les nouvelles propositions de mécanismes protocolaires TSN, en utilisant un angle différent : les approches statistiques. L'apport de cette thèse pour le secteur aéronautique est qu'une technologie émergente pour les besoins de l'industrie et de l'automobile pourra, grâce aux analyses déterministes et statistiques, envisager une certification pour l'utilisation de composants COTS TSN dans un prochain programme avion (à l'horizon 2030 actuellement chez Airbus).

### Description :

Cette thèse porte sur l'analyse des performances de réseaux (ou de composants de réseaux) TSN en s'appuyant sur des approches statistiques :

- 1) l'analyse statistique du comportement quantile et moyen - métriques à définir pour analyser la mesure de la performance;
- 2) la théorie de la valeur extrême sur les mesures pour la performance du pire cas - modèles pire cas à définir à partir de mesures.

Des métriques statistiques du premier et deuxième ordres, l'évaluation des tests, les quantiles, la théorie des valeurs extrêmes, etc. seront mis en œuvre pour l'évaluation moyenne et le pire cas, à partir des mesures des paramètres et/ou descriptions des composants [1].

Étant donné une composante de réseau TSN, par exemple un shaper ou autre mécanisme ou protocole, l'analyse statistique permet d'évaluer ses performances moyennes et pire cas [2,3].

Les travaux dans le cadre d'une thèse précédente avaient essentiellement porté sur les protocoles non synchronisés, en particulier le shaper BLS qui se montre particulièrement intéressant pour le support de criticités mixtes [4,5,6,7], mais cette nouvelle thèse s'intéressera aussi aux protocoles synchrones de TSN.

En effet, pour ce qui concerne les contraintes de synchronisation des composants, l'analyse peut être quantitative ou qualitative. Avec les probabilités, il est possible de définir la confiance des estimations et des évaluations, ce qui peut être adapté à des services de criticités différentes. Avec des mesures et des probabilités, il est possible de définir le comportement pour différentes probabilités / niveaux de confiance possible. Cela permet d'analyser la mixité de trafics critiques et d'audio de sécurité, par exemple [8,9].

Les mesures de paramètres spécifiques (retards, etc.) peuvent être prises en entrée (traces de trafic) et distribuées et analysées selon les approches déjà existantes, mais de nouvelles métriques pourront être développées afin d'améliorer le diagnostic de performance.

On appliquera également l'analyse de la sensibilité (ou analyse paramétrique) pour évaluer l'impact des paramètres des composants dans la performance du réseau [9,10].

### **Contributions attendues :**

- Une analyse statistique de la performance des réseaux TSN. Inexistante à ce jour, elle permettra la modélisation moyenne et pire des cas de la performance des composants TSN.
- Des modèles probabilistes des composants de réseau. Combinés aux modèles probabilistes déjà développés pour des tâches et des réseaux tels que AFDX, ils permettront d'analyser le comportement en environnement de criticité mixte ;
- Un simulateur pour des composants TSN. Un tel simulateur permettra de générer des données d'entrées (traces de mesures de différents paramètres) pour appliquer les analyses statistiques sur ces données.

### **Collaboration ONERA-ISAE**

L'équipe ONERA DTIS / SEAS développe des approches probabilistes depuis le projet DGAC IREHDO2. Un simulateur AFDX a déjà été développé, qui pourra être étendu avec les composants et mécanismes de TSN, et l'ISAE a déjà une expérience de TSN et de son analyse déterministe depuis le même projet IREHDO2.

La combinaison d'expertise de l'ONERA DTIS/SEAS et de l'ISAE permettra d'étudier un nouveau réseau embarqué et de mener une étude complète sur TSN. Avec l'analyse statistique, il sera possible d'explorer des compromis en matière de performance et de prévisibilité.

L'originalité consiste à 1) appliquer une approche statistique aux composants réseau TSN, 2) à évaluer les performances des composants TSN, 3) à utiliser la mesure de performance et la simulation pour les reproduire et comparer réseau/composantes.

## Références

1. Samuel Jimenez Gil, Iain Bate, George Lima, Luca Santinelli, Adriana Gogonel, Liliana Cucu-Grosjean, *Open Challenges for Probabilistic Measurement-Based Worst-Case Execution Time*. *Embedded Systems Letters* 9(3): 69-72 (2017)
2. Luca Santinelli, Fabrice Guet, Jérôme Morio, *Revising Measurement-Based Probabilistic Timing Analysis*, RTAS 2017: 199-208
3. Fabrice Guet, Luca Santinelli, Jérôme Morio, *Probabilistic analysis of cache memories and cache memories impacts on multi-core embedded systems*, SIES 2016: 131-140
4. Finzi, Anaïs and Lochin, Emmanuel and Mifdaoui, Ahlem and Frances, Fabrice. *Improving RFC5865 Core Network Scheduling with a Burst Limiting Shaper*. (2018) In: GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference, 4 December 2017 - 8 December 2017 (Singapore, Singapore).
5. Finzi, Anaïs and Mifdaoui, Ahlem and Frances, Fabrice and Lochin, Emmanuel. *Incorporating TSN/BLS in AFDX for Mixed-Criticality Applications: Model and Timing Analysis*, ( In Press: 2018) In: 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, 13 June 2018 - 15 June 2018 (Imperia, Italy).
6. Finzi, Anaïs and Mifdaoui, Ahlem and Lochin, Emmanuel and Frances, Fabrice. *Mixed-Criticality on the AFDX Network: Challenges and Potential Solution*, (2018) In: The 9th European Congress EMBEDDED REAL TIME SOFTWARE AND SYSTEMS (ERTS 2018), 31 January 2018 - 2 February 2018 (Toulouse, France).
7. Finzi, Anaïs and Mifdaoui, Ahlem and Frances, Fabrice and Lochin, Emmanuel. *Network Calculus-based Timing Analysis of AFDX networks with Strict Priority and TSN/BLS Shapers*, ( In Press: 2018) In: 13th International Symposium on Industrial Embedded Systems (SIES 2018), 6 June 2018 - 8 June 2018 (Graz, Austria).
8. Luca Santinelli, Zhishan Guo, *On the Criticality of Probabilistic Worst-Case Execution Time Models*, SETTA 2017: 59-74
9. Luca Santinelli, David Doose, Guy Durrieu, Frederic Boniol, Charles Lesire-Cabaniols, Christophe Grand, *Schedulability Analysis for Mixed Critical Cyber Physical Systems*, ICPS 2018
10. Luca Santinelli, Laurent George, *Probabilities and Mixed-Criticalities: the Probabilistic C-Space*, WMC at the RTSS 2015