
Développement et simulation d'une chaîne de communication 5G dans l'environnement AFF3CT

— Télécommunications —

Réalisé par : Afaf Alaoui Mrani



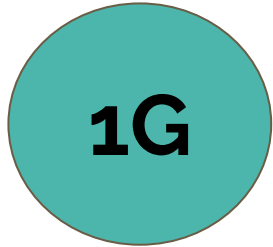
Encadré par : Romain Tajan
Camille Leroux
Christophe Jégo



Contexte

Génération de téléphonie mobile

~1980

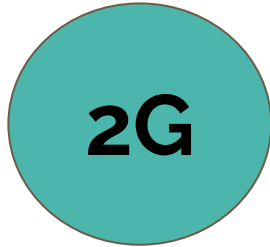


Voix



2 Kbits/s

~1990

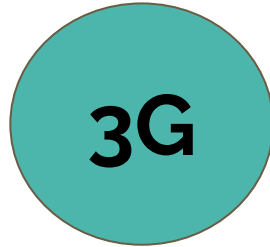


Voix
+
Messages
textes



100 Kbits/s

~2000

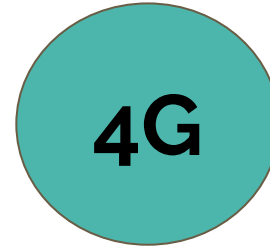


Données
mobiles

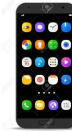


2 Mbits/s

~2010

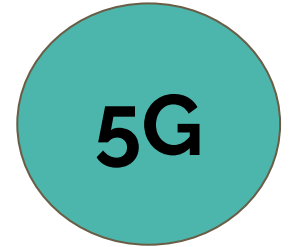


Données
mobiles
haut-débit



1 Gbits/s

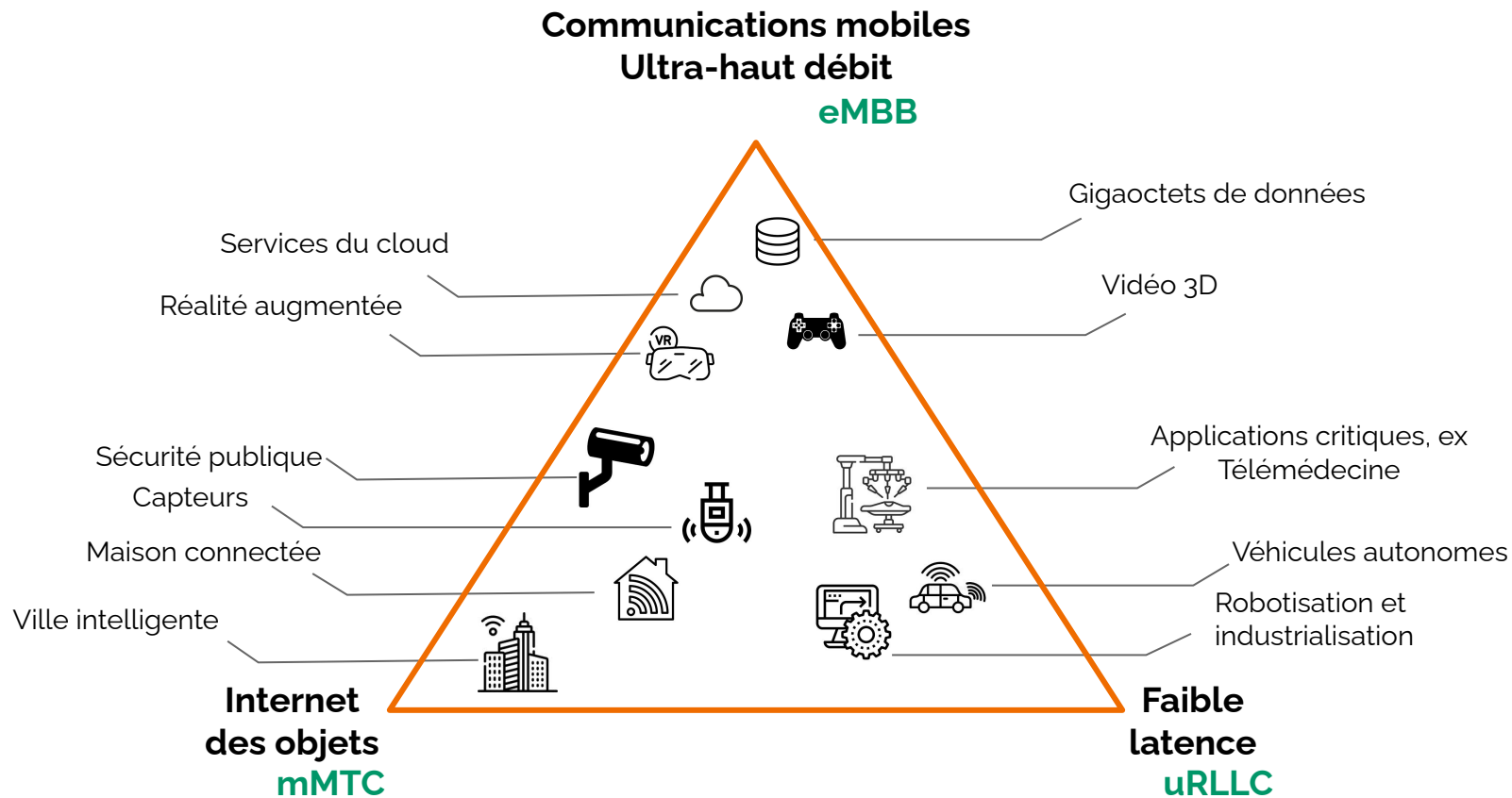
~2020



Voix
Données
Vidéos
Objets connectés
...

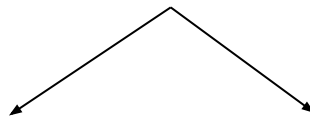
10 Gbits/s

Cas d'usage de la 5G



Objectif

Développer un démonstrateur conforme au standard 5G



16^{ème} *release* des
spécifications techniques
3GPP

Environnement **AFF3CT**

AFF3CT: A Fast Forward Error Correction Toolbox

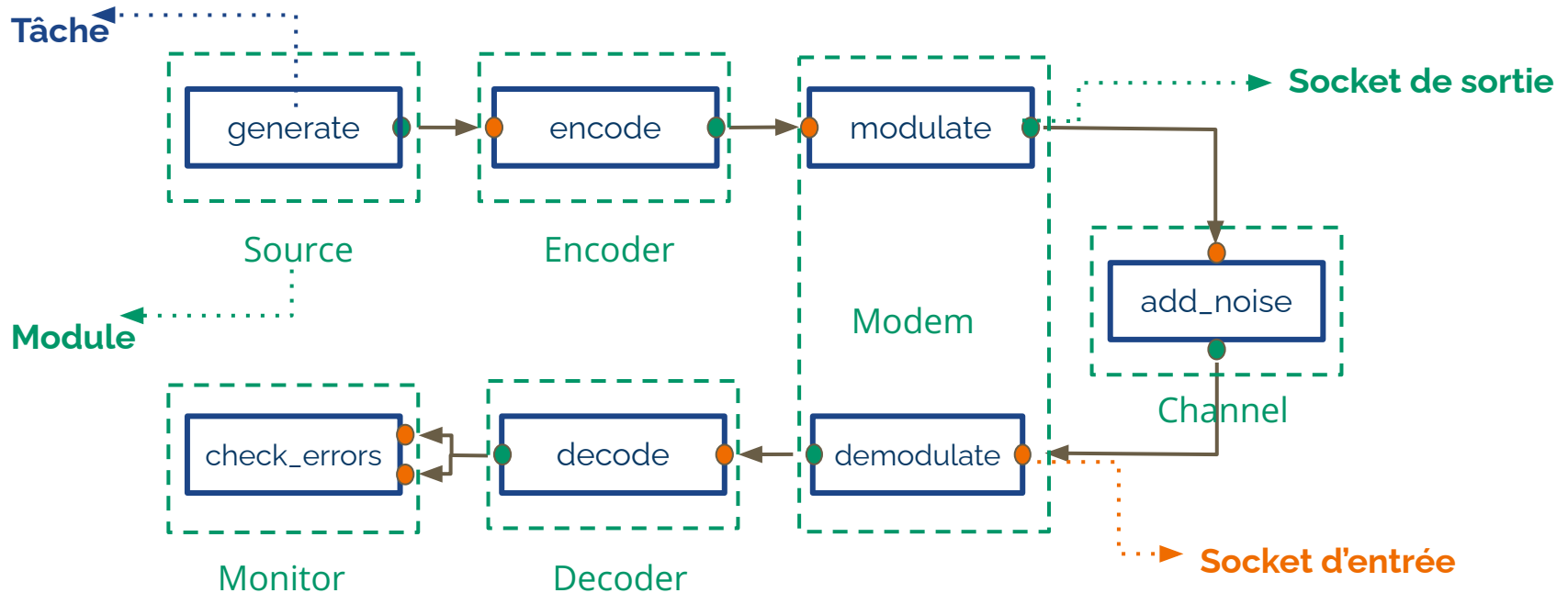
Simulateur

- Exécutable en ligne de commande.
- Large choix de familles de codes.
- Variété des algorithmes de codage et décodage.
- Performances des algorithmes de l'état d'art

Bibliothèque

- Chaînes de communication personnalisées.
- Simulations haut débit.
- Interface `py__aff3ct` utilisable en langage Python.

Architecture d'AFF3CT



Plan de la présentation



Plan

Contexte

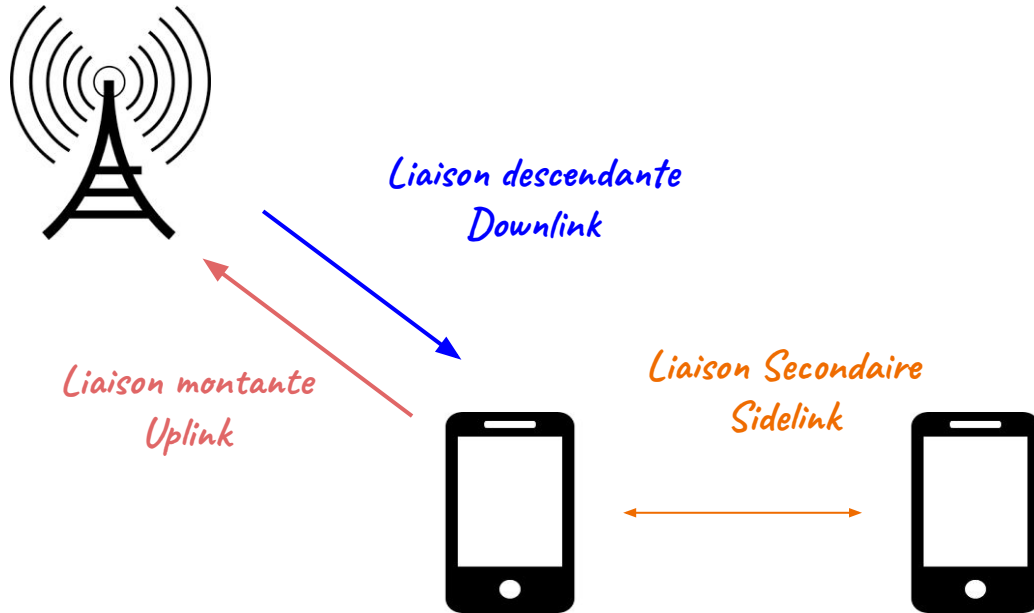
Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Hiérarchie de couches dans la 5G

Liaisons de transmission



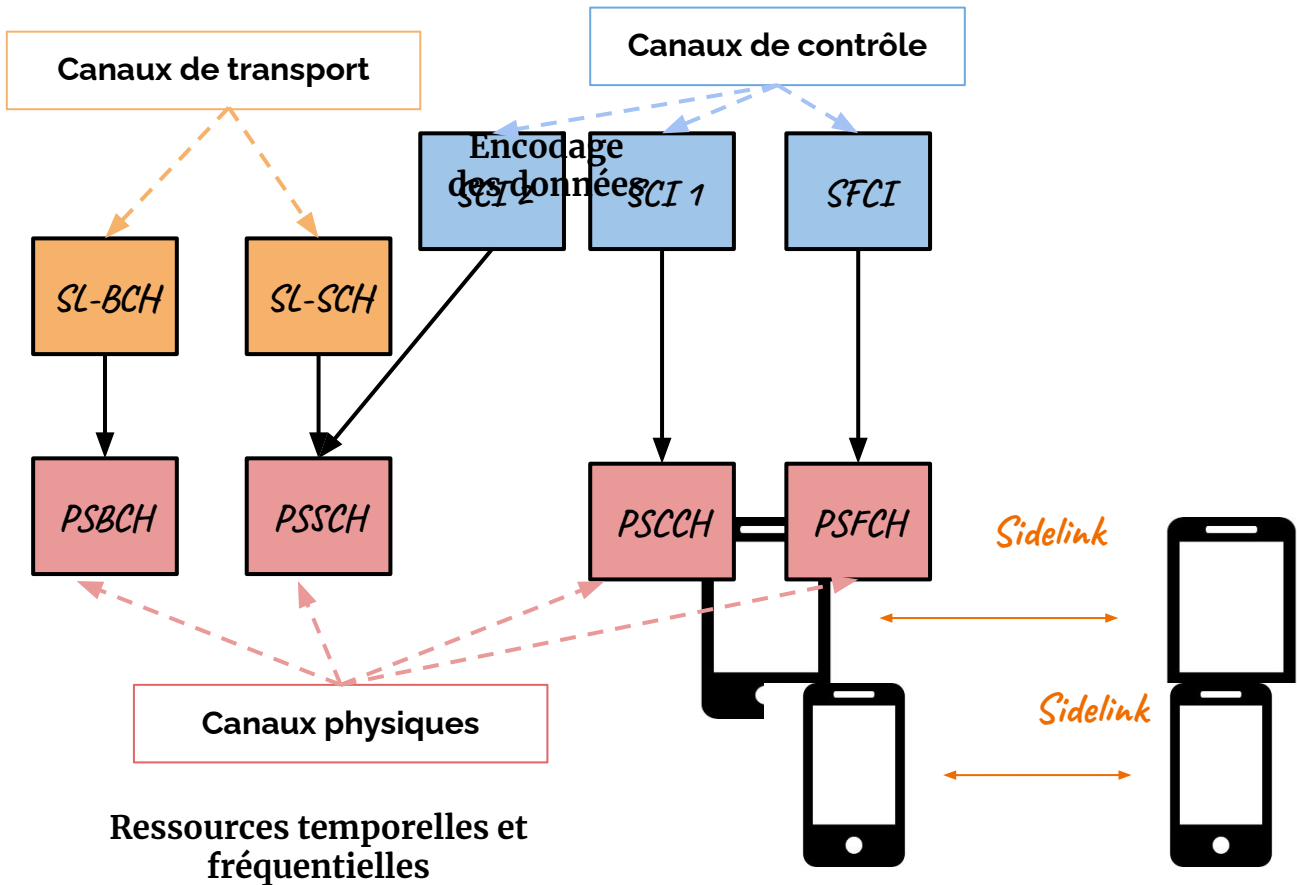
Contexte

Plan

1. **Hiérarchie de couches dans la 5G**
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Liaison secondaire



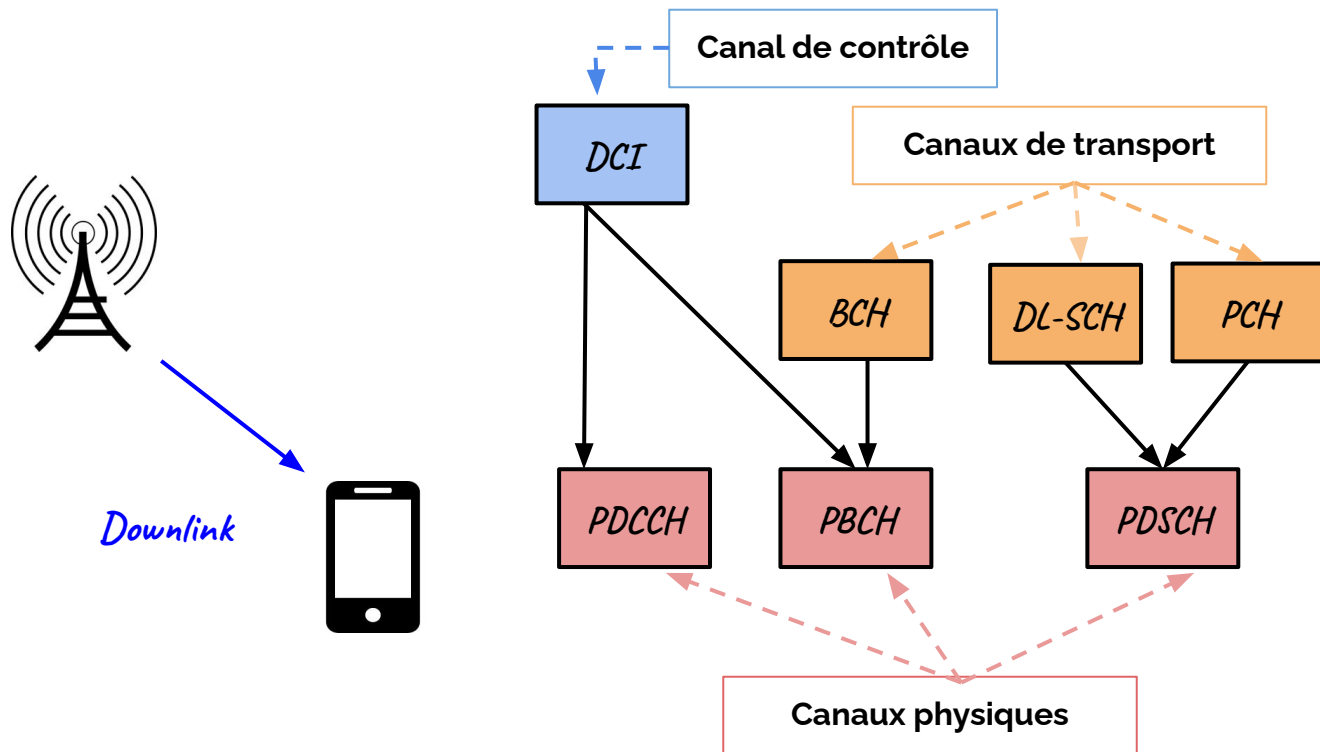
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Liaison descendante



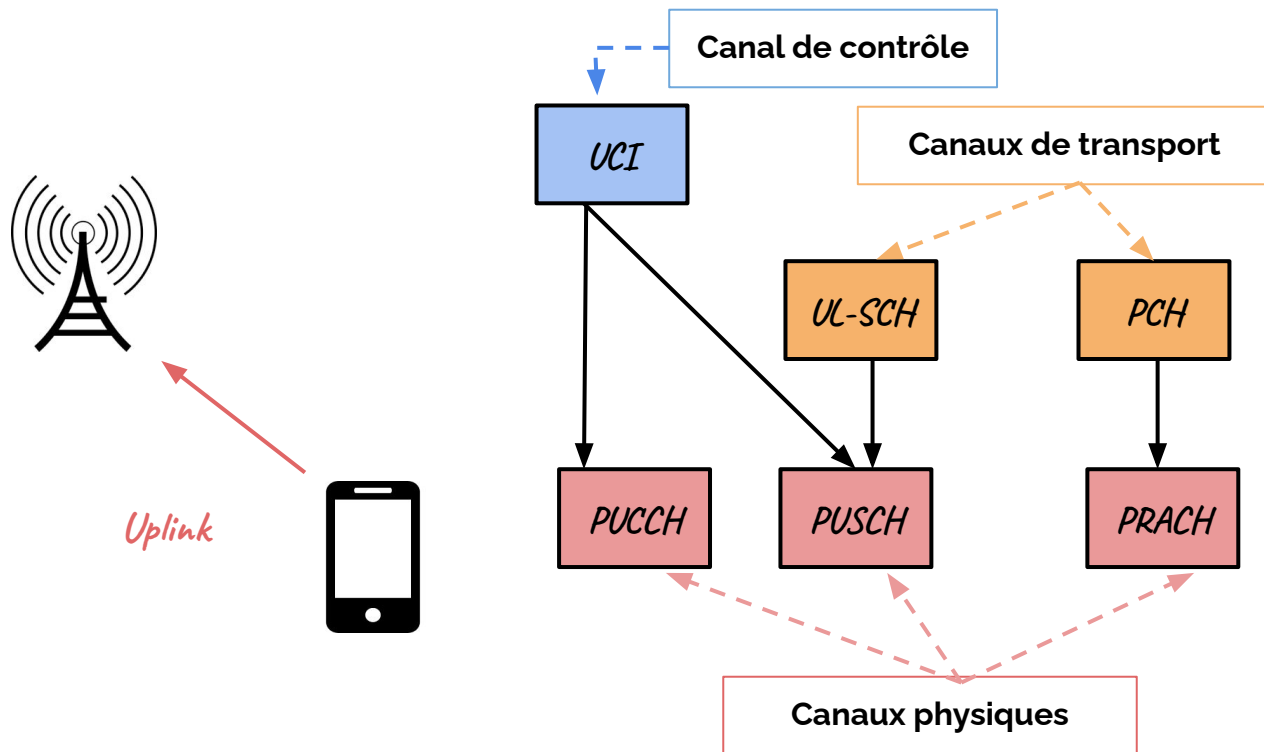
Contexte

Plan

1. **Hiérarchie de couches dans la 5G**
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Liaison montante



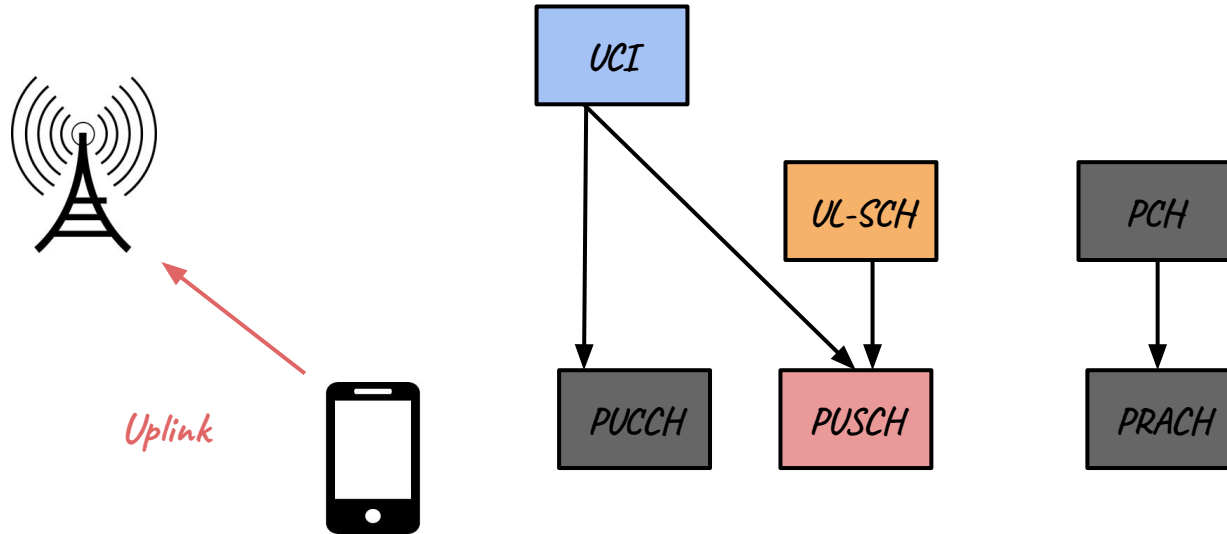
Contexte

Plan

1. **Hiérarchie de couches dans la 5G**
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Liaison montante : canal PUSCH



Contexte

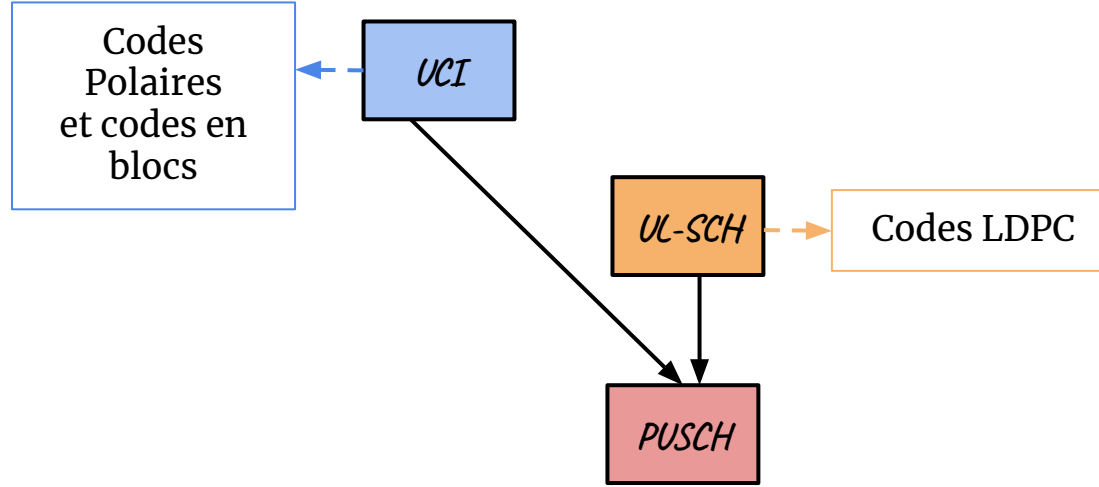
Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal physique PUSCH

Canal PUSCH



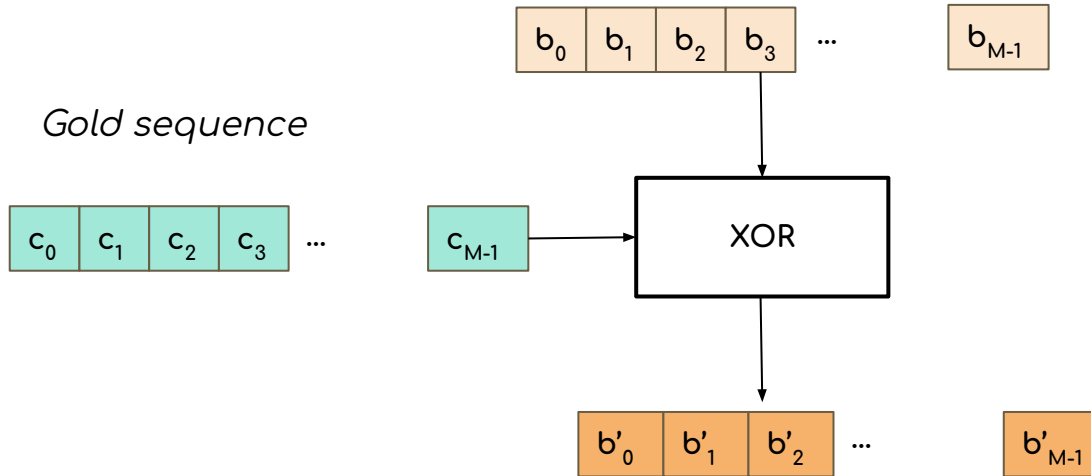
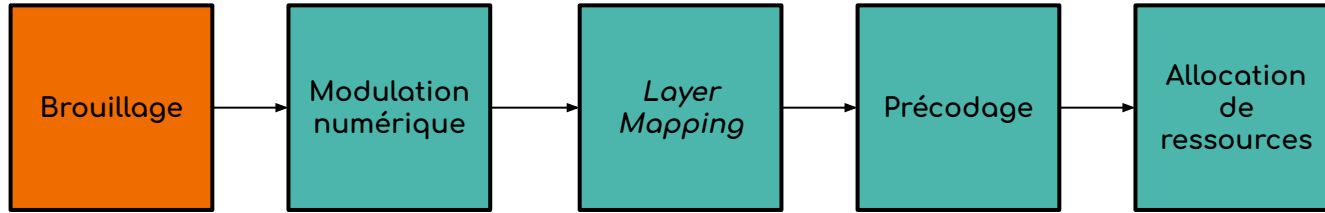
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. **Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)**
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal PUSCH : Brouillage



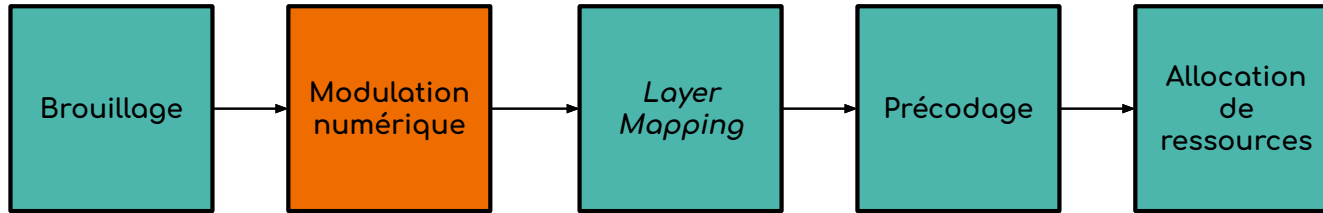
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. **Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)**
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

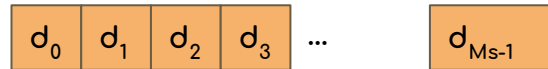
Conclusion

Canal PUSCH : Modulation



MCS : Modulation and coding scheme

↓
DBPSK
QPSK
16QAM
64QAM
256QAM



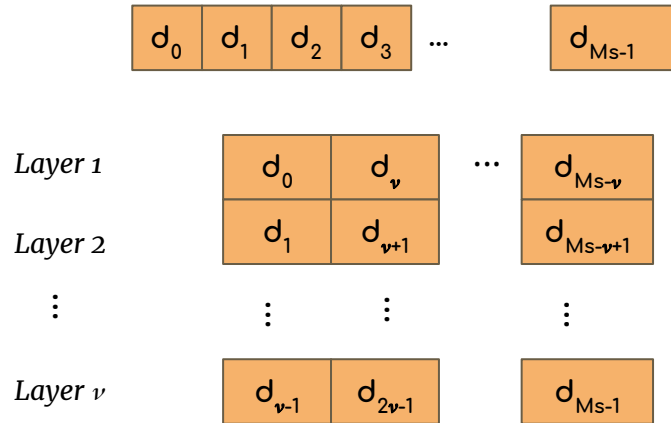
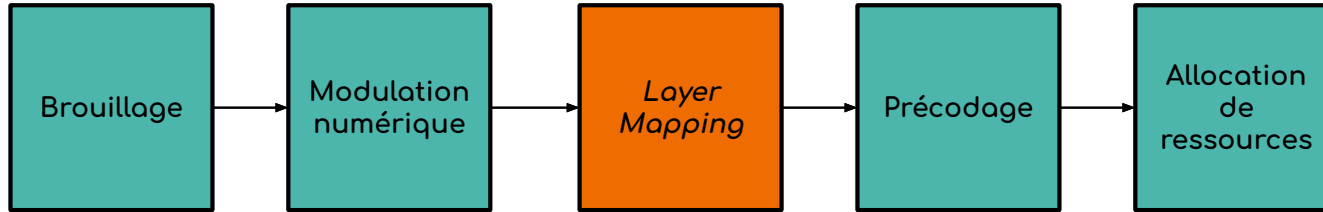
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. **Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)**
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal PUSCH : Layer Mapping



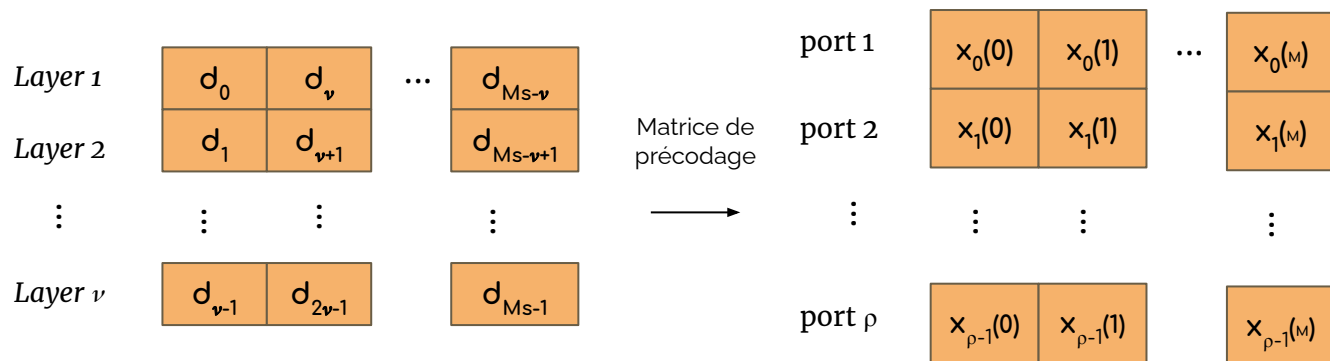
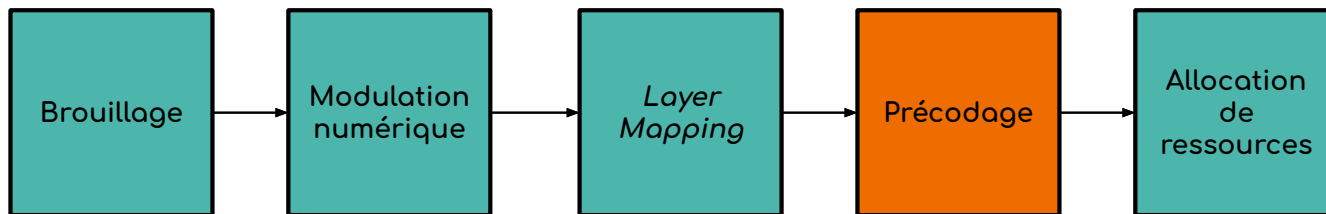
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. **Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)**
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal PUSCH : Précodage



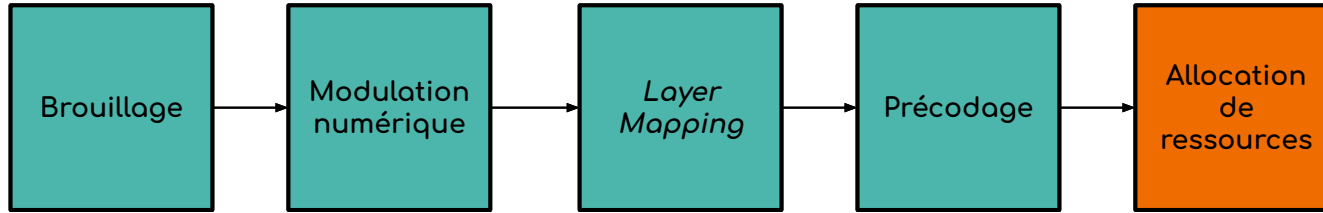
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. **Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)**
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal PUSCH : Allocation de ressources

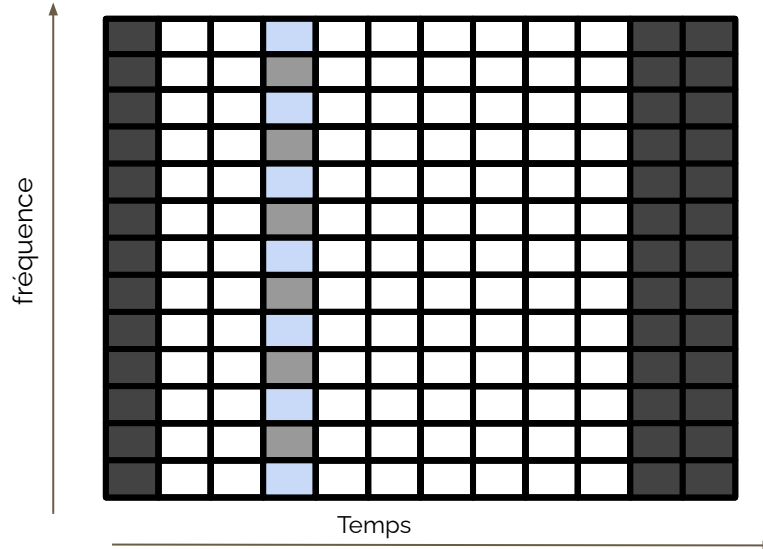


Espacement de sous-porteuses

Numéro de port



Position de signaux DMRS



Contexte

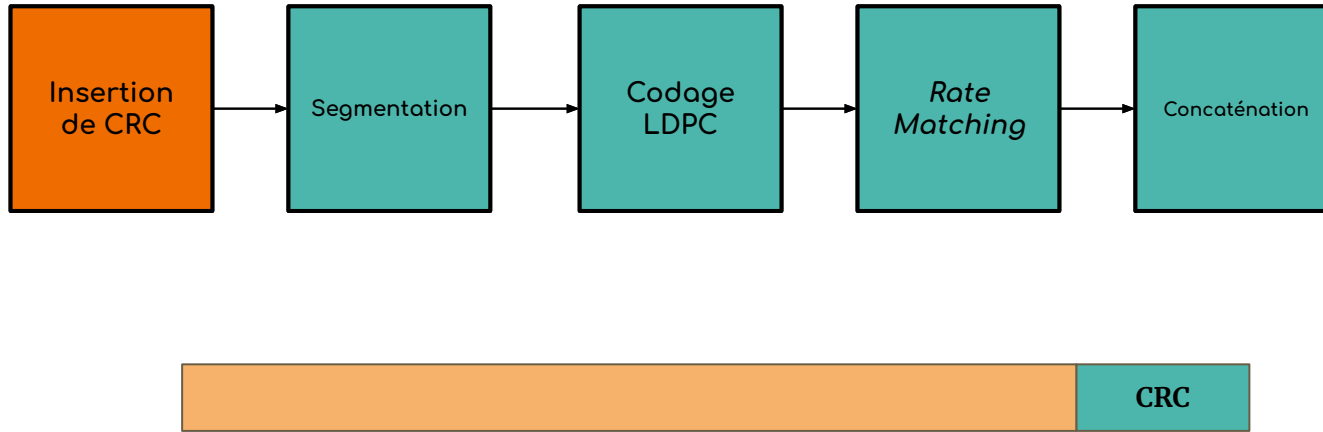
Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. **Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)**
3. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal de transport UL-SCH

Canal UL-SCH : Codage de contrôle



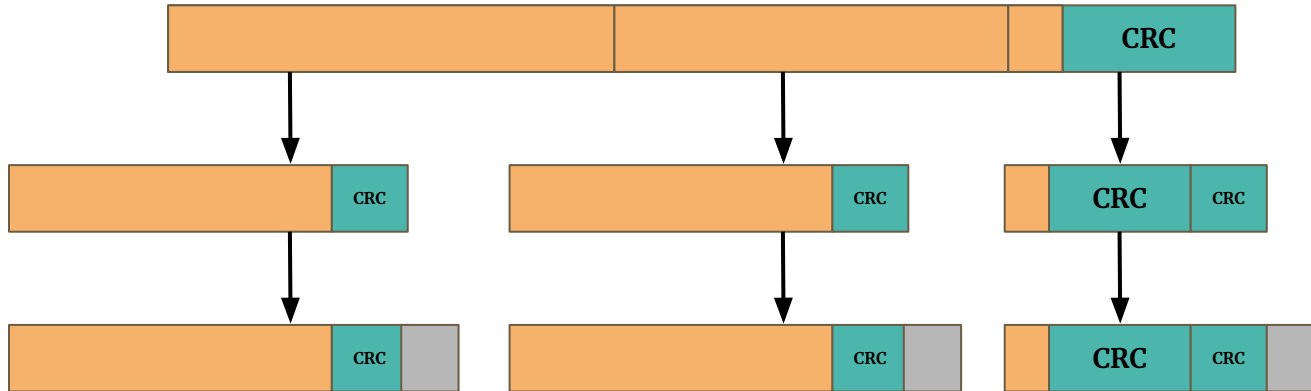
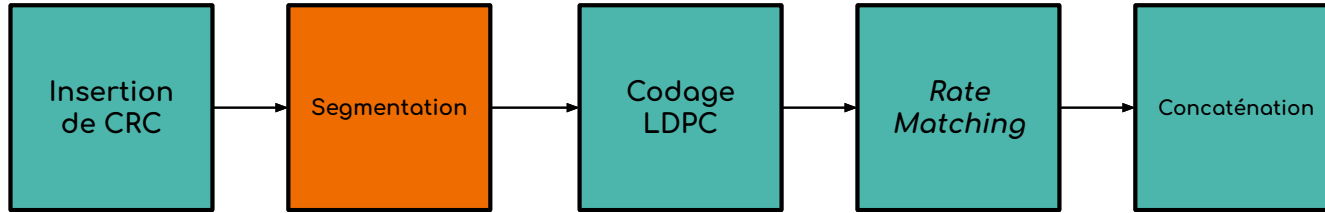
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. **Uplink Shared Channel (UL-SCH)**
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal UL-SCH : Segmentation



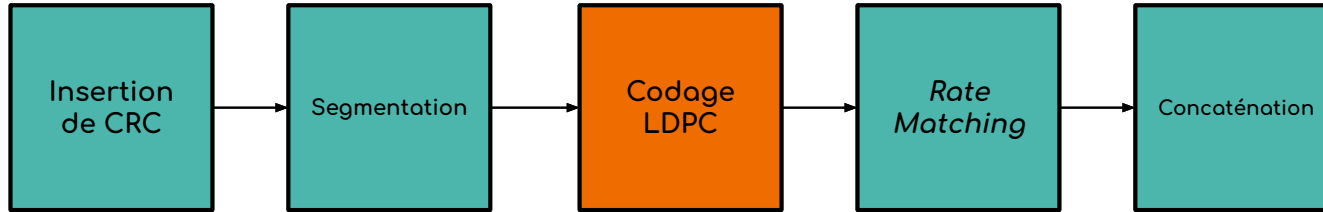
Contexte

Plan

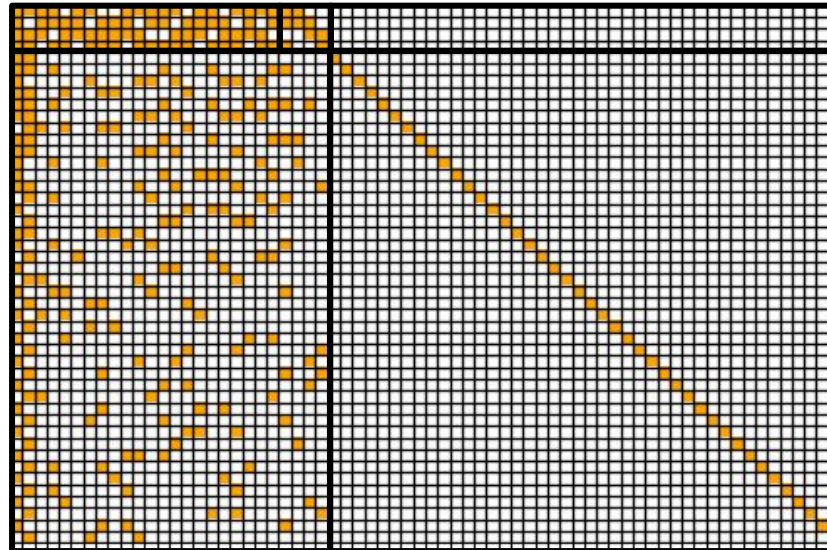
1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. **Uplink Shared Channel (UL-SCH)**
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal UL-SCH : Codage canal



Deux Graphes de base



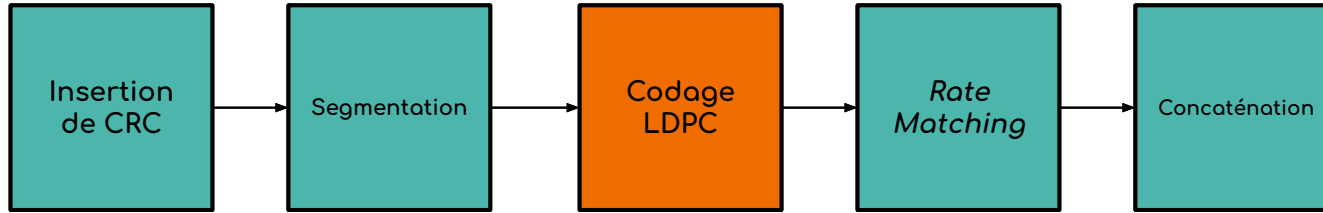
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. **Uplink Shared Channel (UL-SCH)**
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal UL-SCH : Codage canal



↓ Poinçonnage



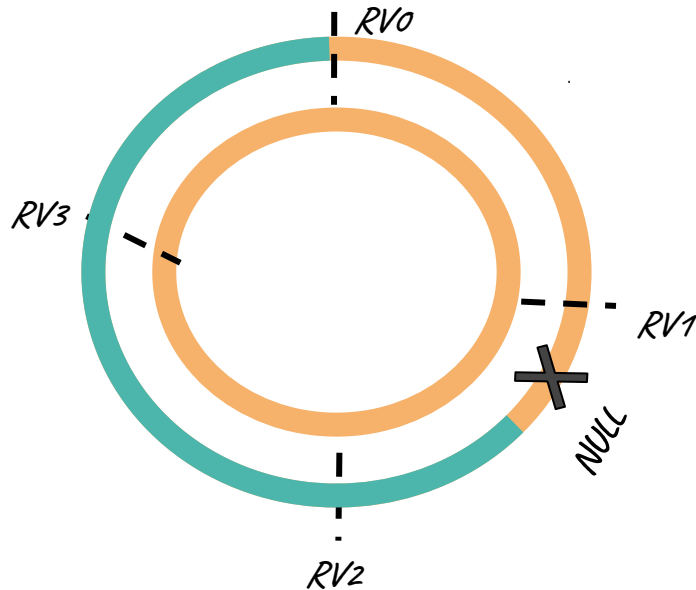
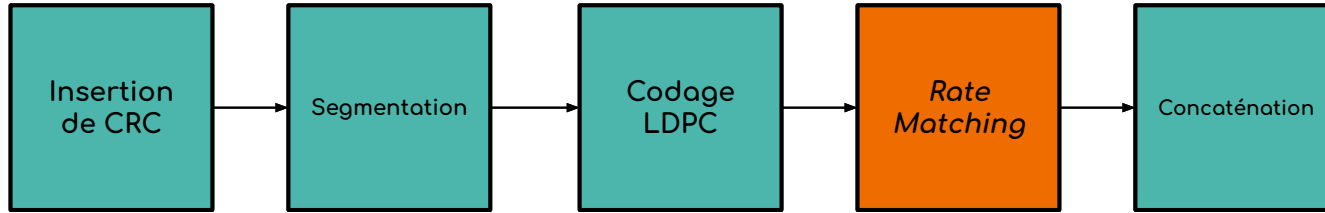
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. **Uplink Shared Channel (UL-SCH)**
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal UL-SCH : *Rate matching*



Sélection de bits

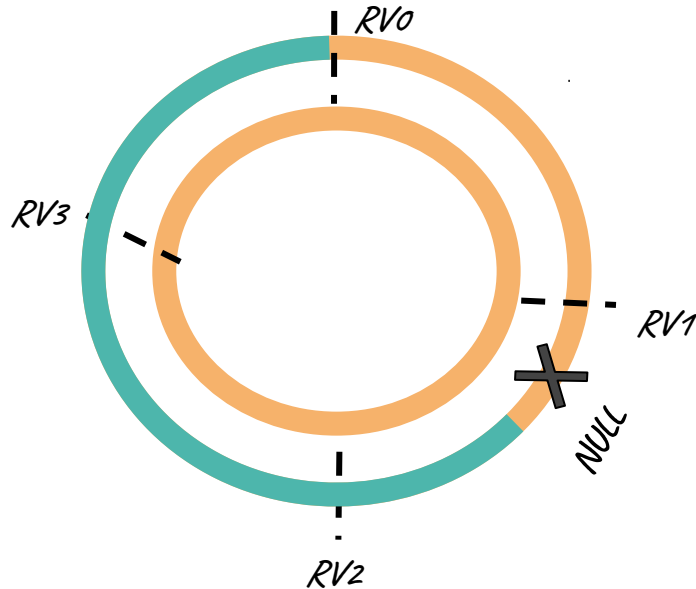
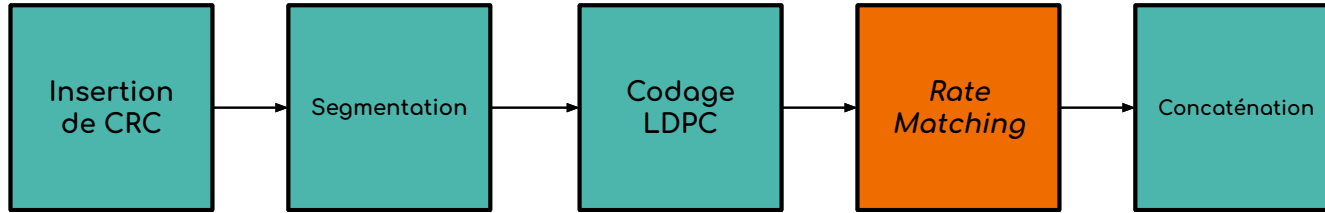
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. **Uplink Shared Channel (UL-SCH)**
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal UL-SCH : *Rate matching*



Entrelacement
ligne-colonne

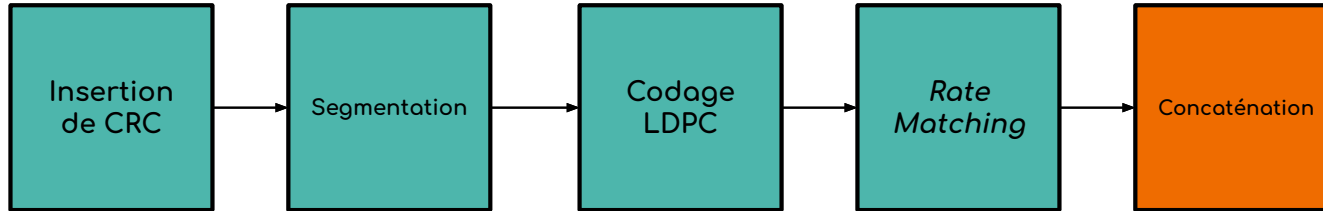
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. **Uplink Shared Channel (UL-SCH)**
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Canal UL-SCH : Concaténation



Contexte

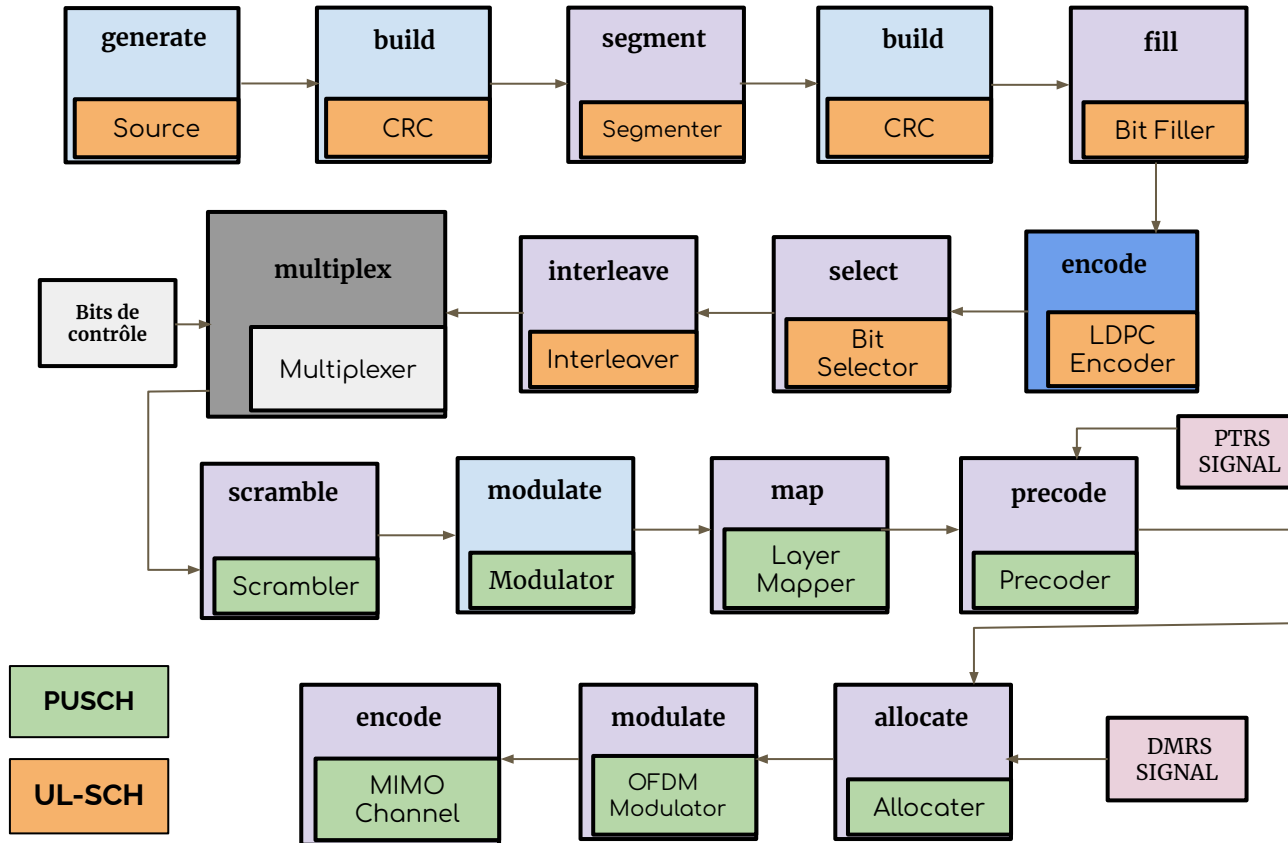
Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
3. **Uplink Shared Channel (UL-SCH)**
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Simulations en environnement AFF3CT

Partie émettrice



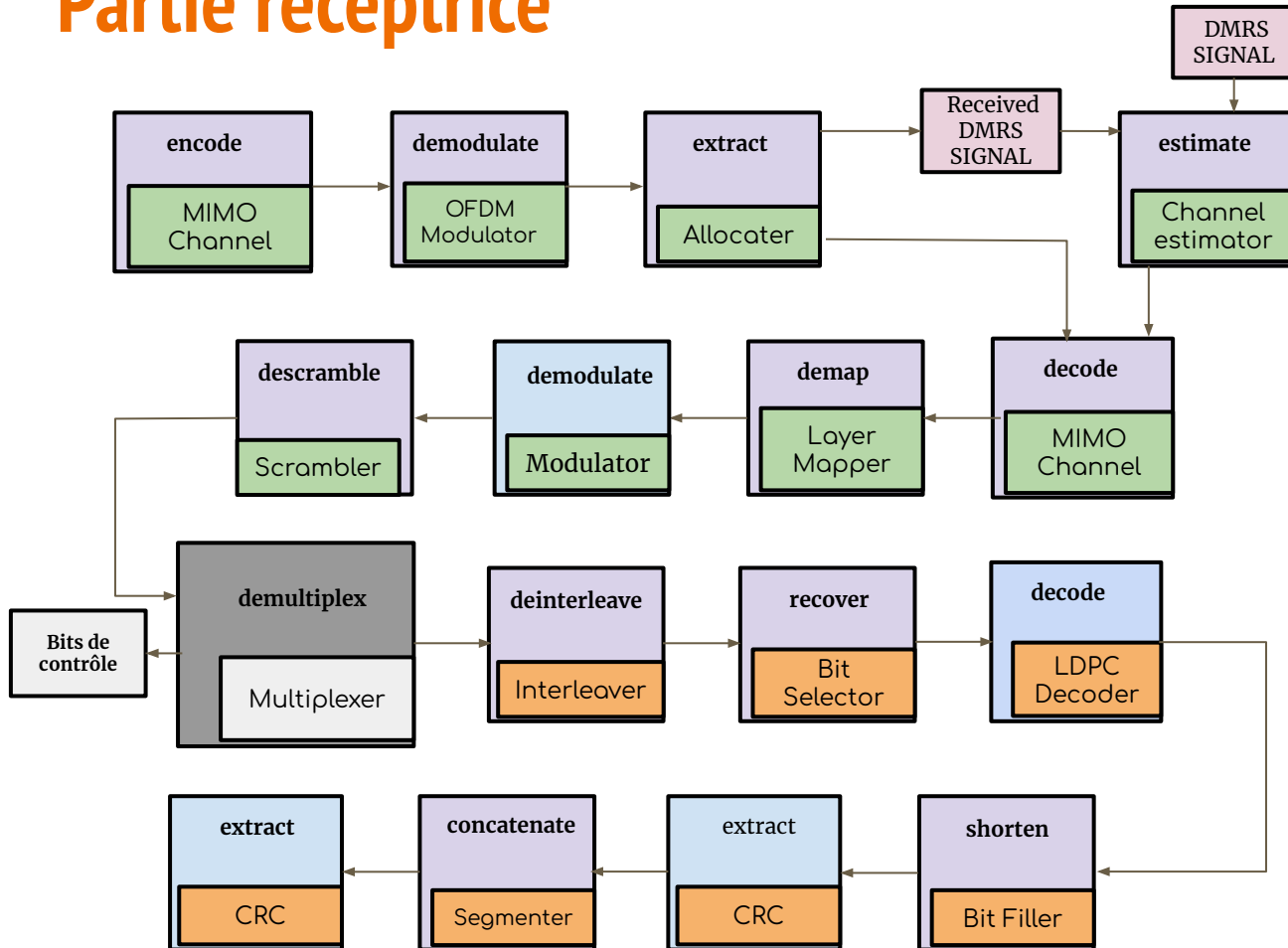
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
3. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Partie réceptrice



Contexte

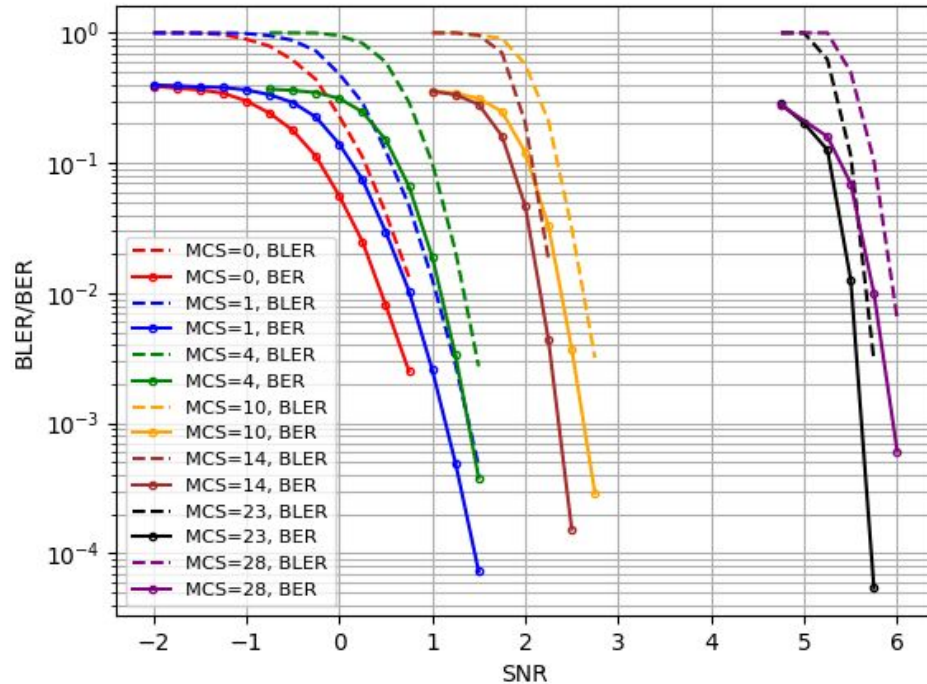
Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
3. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Résultats et performances

Performances en termes d'erreurs



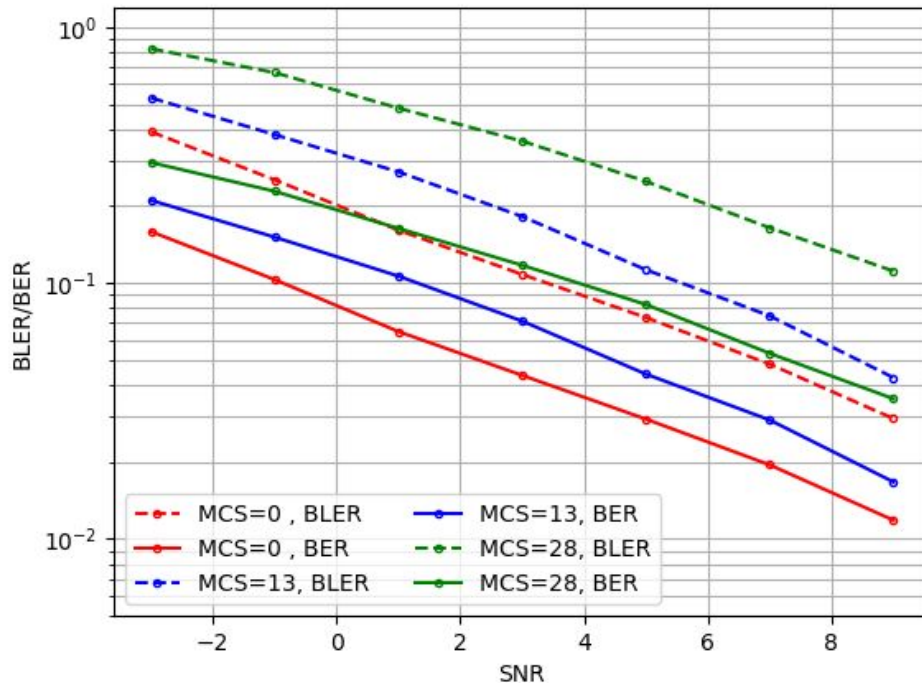
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
3. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Performances en termes d'erreurs



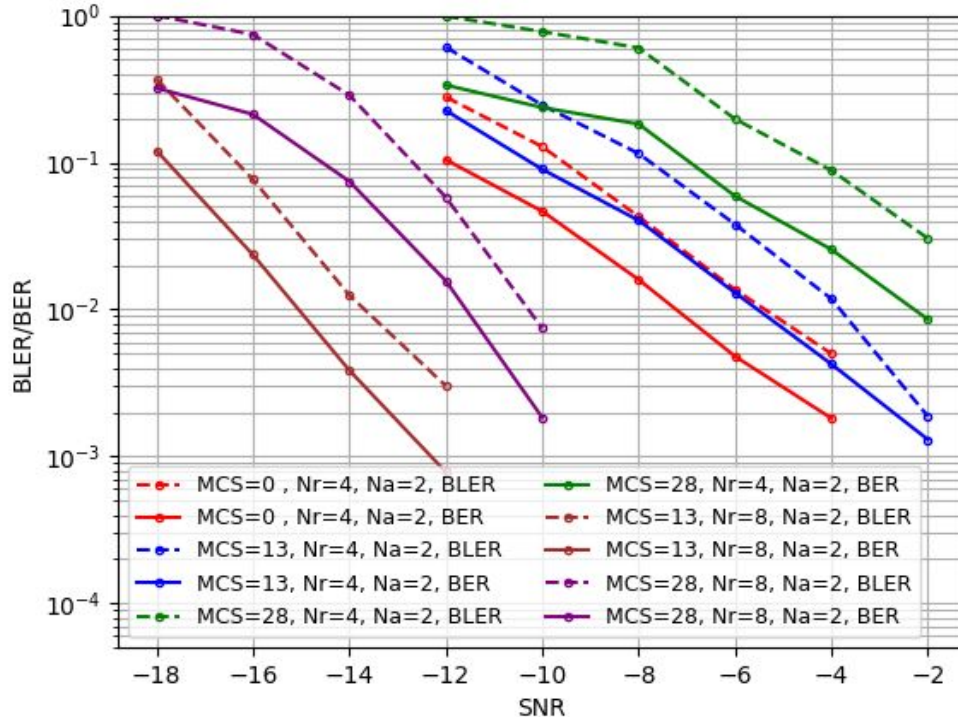
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
3. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Performances en termes d'erreurs



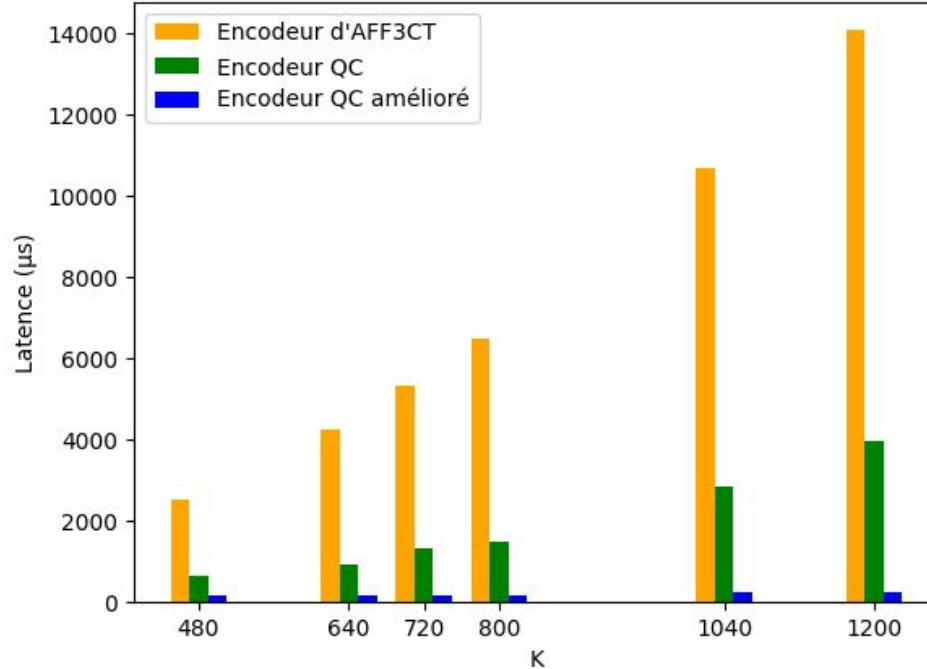
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
3. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Performances en termes de latence



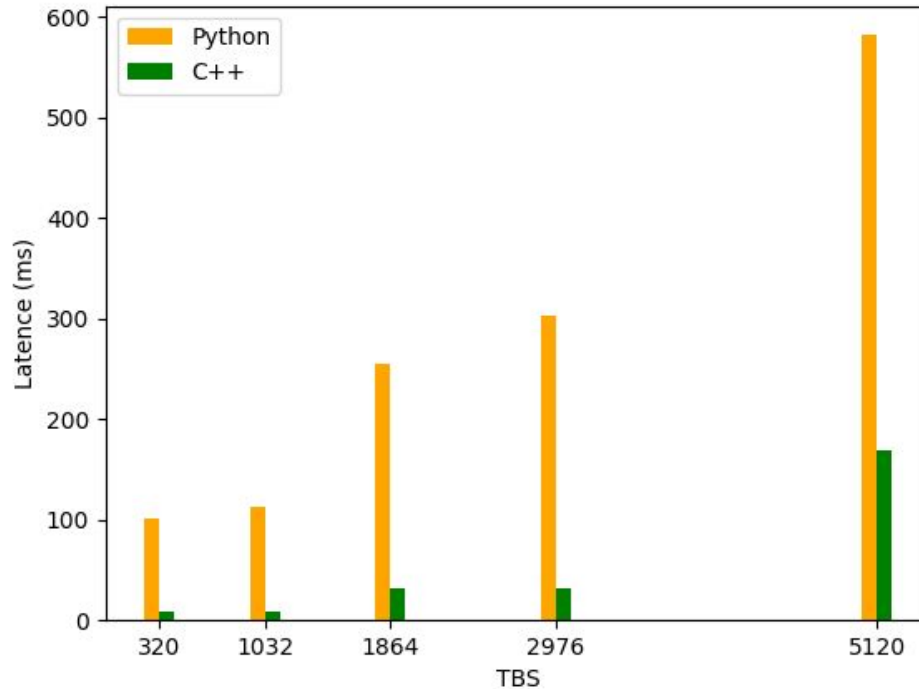
Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
3. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Performances en termes de latence



Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
3. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion

Conclusion

Conclusion

- Implémentation des canaux PUSCH et UL-SCH.
- Réalisation de tests pour valider les différentes implémentations.
- Amélioration des performances de la chaîne en transcodant en langage C++.
- Futures implémentations dans le but de coder le standard dans l'ensemble.

Contexte

Plan

1. Hiérarchie de couches dans la 5G
2. Uplink Shared Channel (UL-SCH)
3. Physical Uplink Uplink Shared Channel (PUSCH)
4. Simulations en environnement AFF3CT
5. Résultats et performances

Conclusion