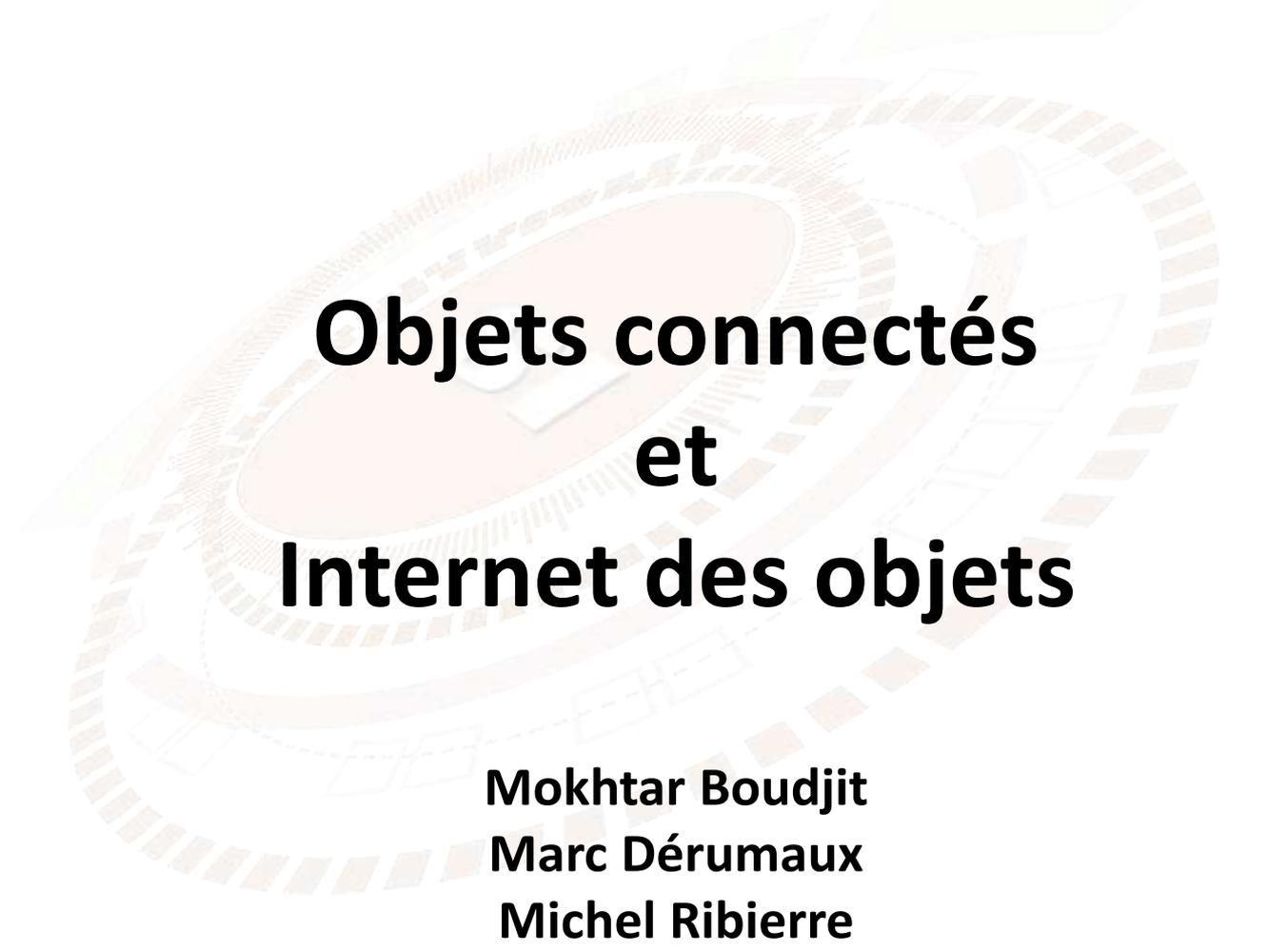


Plan National de Formation - 16 janvier 2019
CYCLE TERMINAL DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR



Objets connectés et Internet des objets

Mokhtar Boudjit
Marc Dérumaux
Michel Ribierre

Plan

Le contexte des objets connectés

Pourquoi introduire ces notions dans le programme

Objectifs pédagogiques

Proposition d'activités

Besoins en formation et matériels

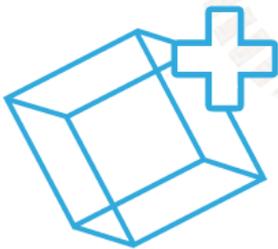
Le contexte des objets connectés

Objet connecté :

Objet intelligent et autonome relié à d'autres machines, dont la vocation première n'est pas informatique, mais dont la connexion améliore la fonctionnalité.

Internet des objets :

Réseau de réseaux permettant à des machines de communiquer entre elles pour mesurer, stocker, traiter des données de façon autonome.



Smart Things



Smart Home & City



Smart Industry

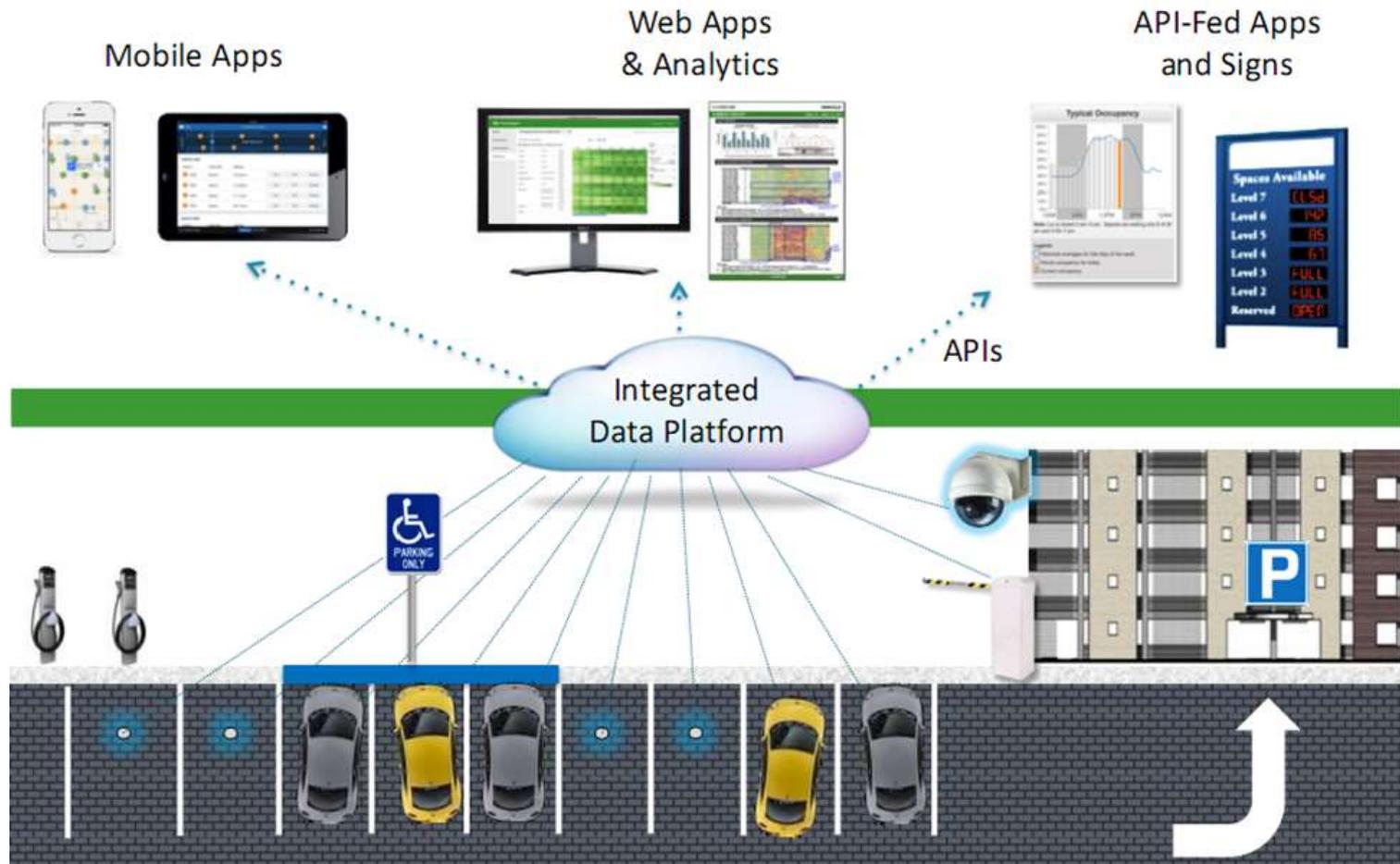


Smart Driving

Le contexte des objets connectés

Exemple : Smart Cities

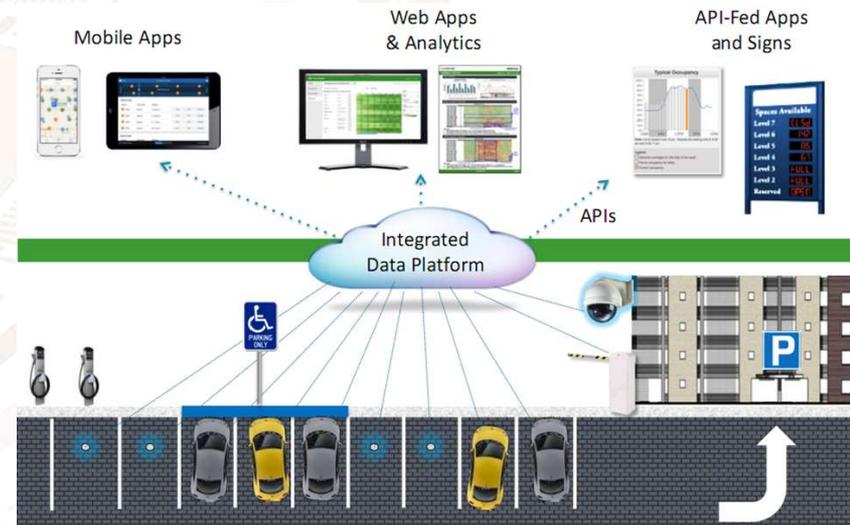
Gestion et assistance de places de stationnement



Le contexte des objets connectés

Exemple : Smart Cities

- Mesure des places libres
- Monitoring de l'occupation
- Paiement connecté
- Application de recensement des places libres
- Guidage vers les places disponibles
- Mécanisme d'attribution
- Il ne manque plus au véhicule qu'à être autonome pour aller se garer tout seul !



Le contexte des objets connectés

Technologies :

Systemes embarqués : micro-contrôleurs, micro-processeurs,

Communication réseau : Ethernet, wifi, bluetooth, zigbee, Z-Wave, GSM, LoRa, Sigfox... ou combinaison !

Interfaces mobiles : applications smartphone ou desktop de configuration ou de service au client,

Critères de performances :

Faible coût, autonomie, encombrement, portée, sécurité, ~~Vitesse de transfert, capacité de calcul, de stockage.~~

Programme de spécialité SI

Pourquoi intégrer les « objets connectés » au programme ?

Web 1.0 (1990-2000) : Web statique (diffusion d'information)

Web 2.0 (2000-2010) : Web social (réseaux sociaux)

Web 3.0 (2010-20??) : Web sémantique (Personnalisation)

Web 4.0 (2020-20??) : Web intelligent ??

L'IoT s'amorce dans le Web 3.0 mais devrait être au cœur du Web 4.0.

L'usine 4.0 répond aux mêmes enjeux.

S'approprier les objets connectés, c'est préparer les élèves au monde technologique de 2020 à 2050.

Programme de spécialité SI

Quels contours ? Que doivent savoir les élèves ?

Développer des compétences utiles dans le supérieur :

- Concepts informatiques et numériques (architectures, critères de choix de solutions, bus de données, etc).
- Modélisations scientifiques des composants permettant leur dimensionnement (relation temps/fréquence, modulations, encombrement spectral, protocoles, etc).

Développer des savoir-faire pour créer en projet :

- Mettre en œuvre des technologies faciles d'accès et représentatives.
- Comprendre les ressorts de l'innovation industrielle.

Propositions d'activités

Positionnement dans une progression possible

Ecrit de première

Séquence 1	Séquence 2	Séquence 3	CHALLENGE 12H	Séquence 4	Séquence 5	Séquence 6
6 semaines	5 semaines	4 semaines		4 semaines	5 semaines	5 semaines
Les nouvelles mobilités individuelles	L'assistance pour la santé	Les échanges et communications d'informations		Les objets connectés	Des applications nomades à l'intelligence artificielle	L'assistance aux personnes

Ecrit de Terminale

Séquence 7	Séquence 8	Séquence 9	PROJET 12H	Séquence 10	PROJET 12H	Séquence 11	PROJET 12H	Séquence 12	PROJET 12H	Séquence 13
4 semaines	3 semaines	4 semaines		3 semaines		3 semaines		2 semaines		4 semaines
Les structures, enveloppes et systèmes mécaniques	Les produits intelligents	Les réseaux et l'internet des objets		Les mobilités collectives		L'homme augmenté		L'énergie au service des territoires		Mobilités des personnes et des biens

Grand oral

Propositions d'activités

Positionnement dans une progression possible

Ecrit de première

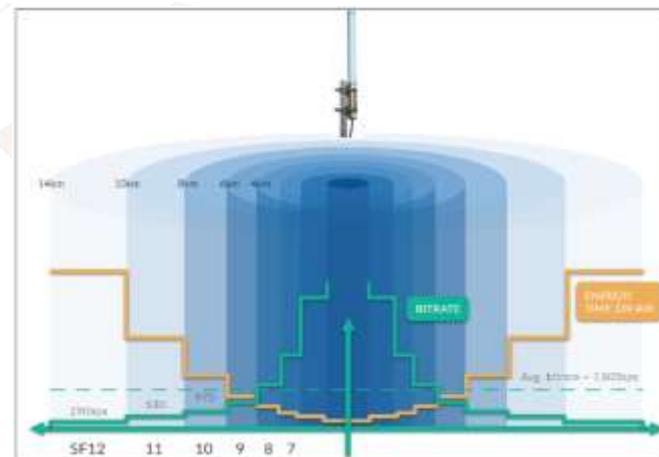
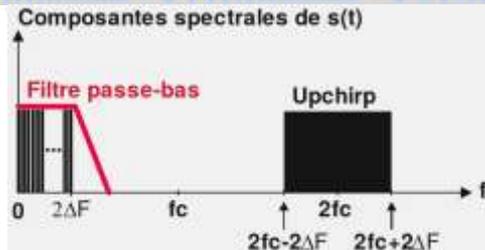
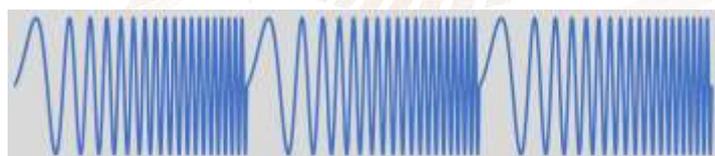
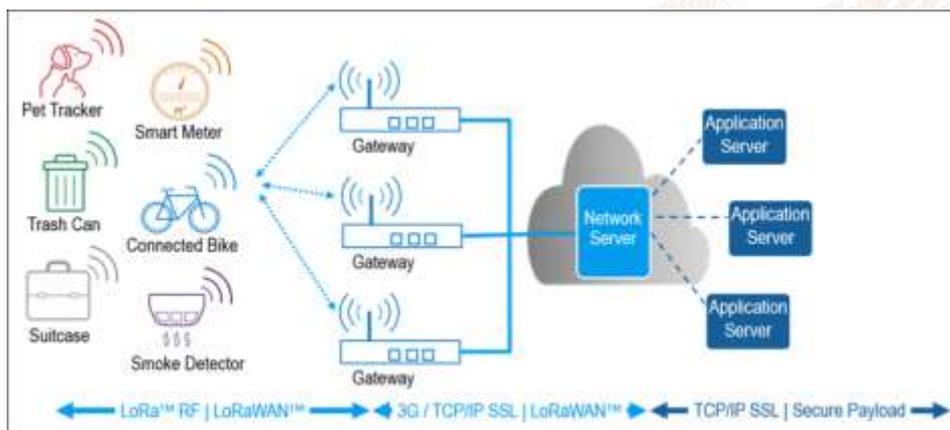
Séquence 1	Séquence 2	Séquence 3	CHALLENGE 12H	Séquence 4	Séquence 5	Séquence 6
6 semaines	5 semaines	4 semaines		4 semaines	5 semaines	5 semaines
Les nouvelles mobilités individuelles	L'assistance pour la santé	Les échanges et communications d'informations		Les objets connectés	Des applications nomades à l'intelligence artificielle	L'assistance aux personnes

Classe de 1ère,
3 semaines x (2h + 2h) (+ 4h évaluation/remédiation),

En lien avec les « applications nomades »,
Aspects plus « matériel » et « connecté ».

Propositions d'activités

Cours sur les objets connectés et l'IoT



Propositions d'activités

HYDRAO : le pommeau de douche connecté

L'Hydrao est un pommeau de douche connecté à un smartphone en Bluetooth. **Autoalimenté**, il éclaire le jet en fonction du volume d'eau consommé.

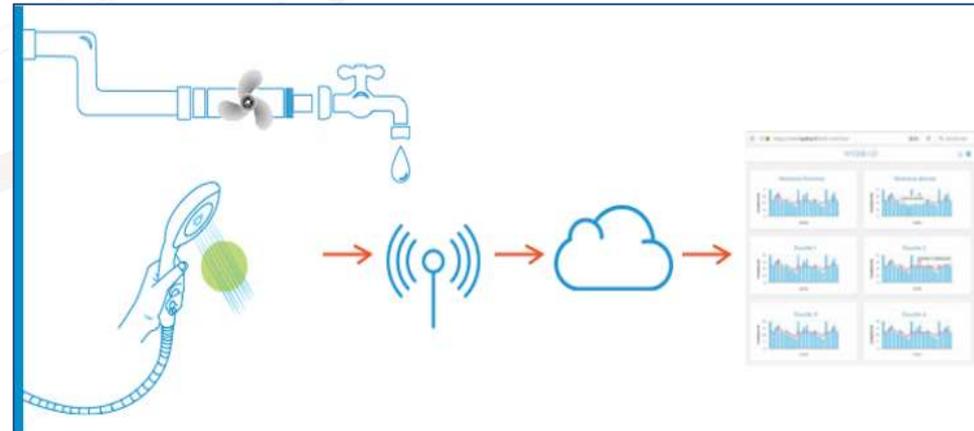
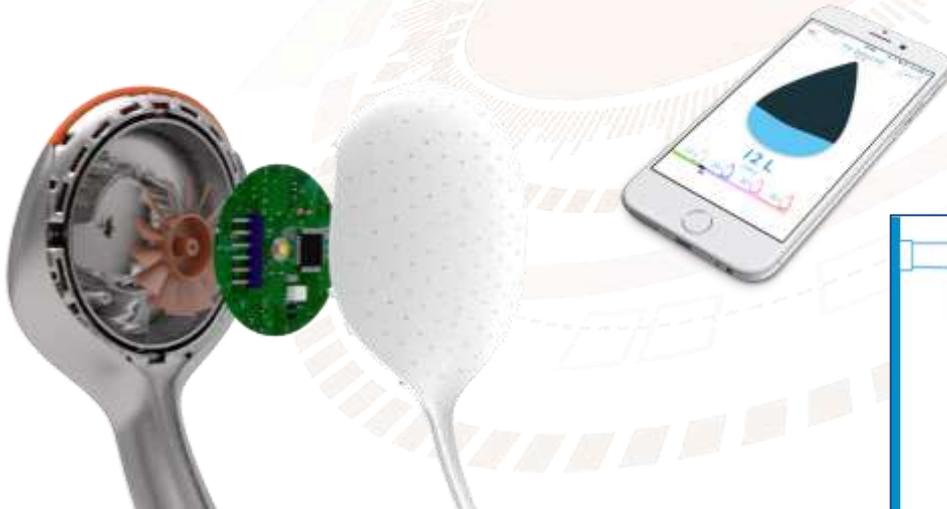
Un objectif écologique qui s'accompagne d'une dimension éducative.



Propositions d'activités

HYDRAO : principe de fonctionnement

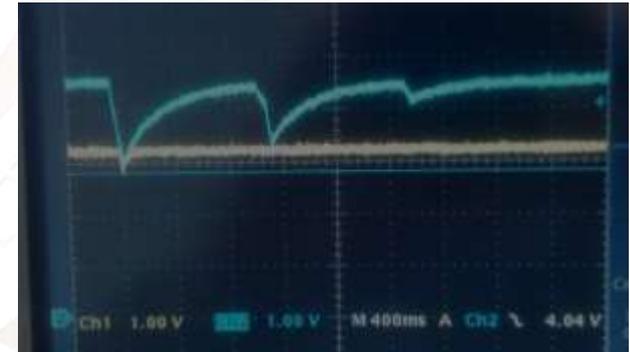
- Une **turbine** récupère l'énergie de l'eau, transformée par une carte électronique
- Des LED colorées avertissent l'utilisateur de sa consommation
- Une puce Bluetooth est alimentée par l'énergie de l'eau et envoie les consommations à un smartphone, où l'utilisateur peut consulter l'historique des consommations et changer les seuils de couleurs
- Les données (anonymisées) sont transmises à un cloud, permettant des analyses statistiques



Propositions d'activités

Activités possibles

- Analyse de l'architecture système
- Récupération de l'énergie
- Régulation de tension
- Gestion de l'énergie par un microcontrôleur
- Connectivité Bluetooth
- Infrastructure Cloud
-



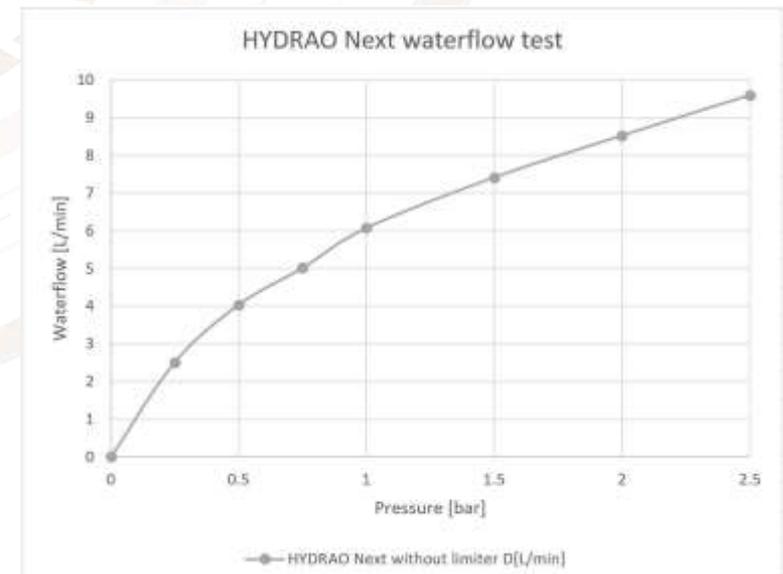
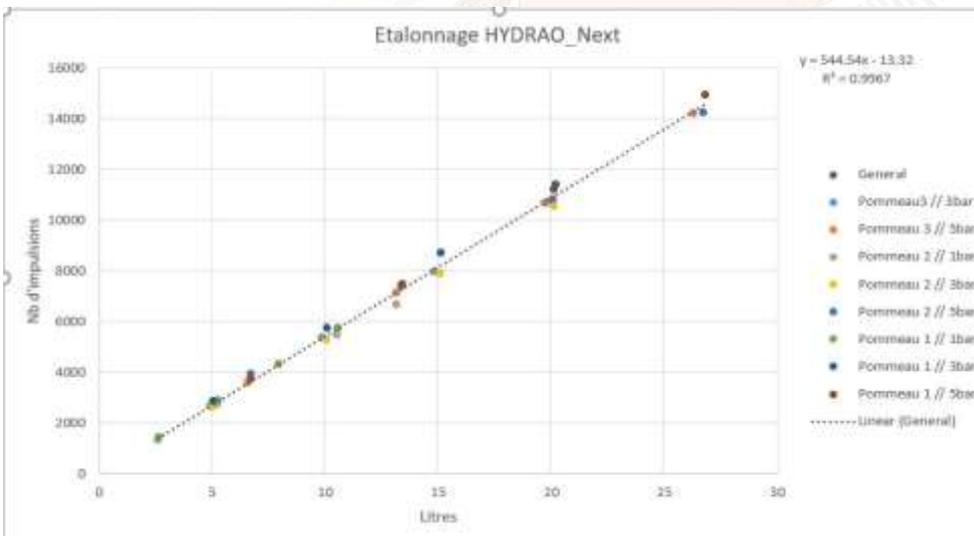
Moyens proposés

- Cartes électroniques segmentées par sous-système, avec points de test et carte électronique dédiée à la mesure.
- URL web pour consulter les données stockées sur une DB dans le cloud.

Propositions d'activités

Exemple 1 d'activité TD : Principe de fonctionnement et architecture système

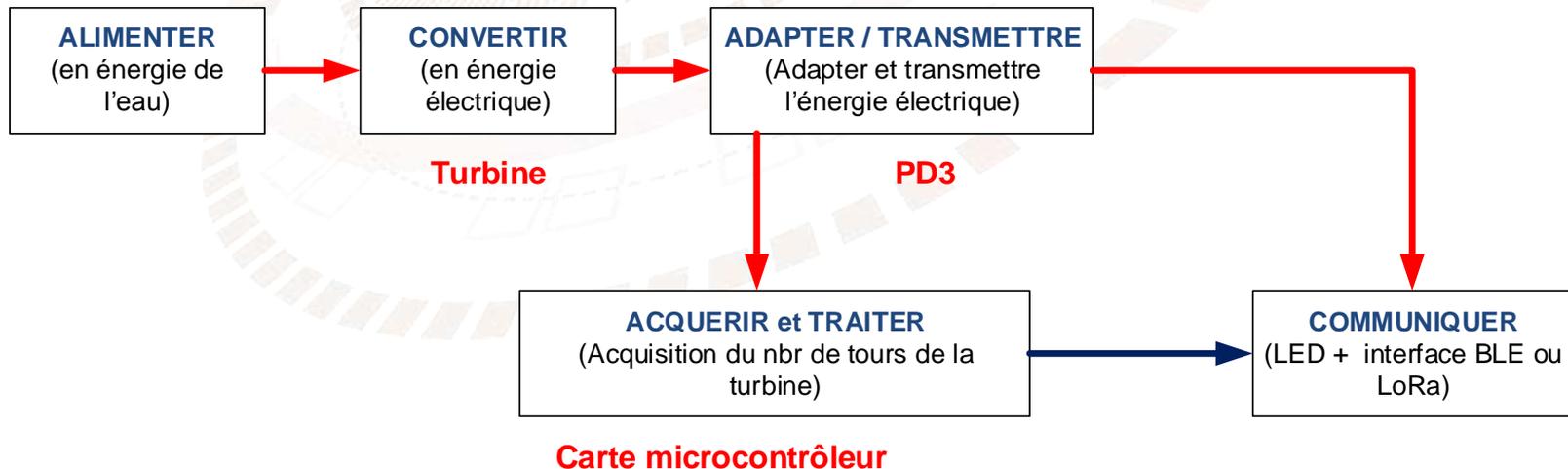
1. Mesure de volume d'eau en additionnant le nombre de tours de turbines et en divisant par un facteur de calibration.
2. Le débit est directement la dérivée du volume, mesuré à partir du temps entre 2 tours de turbine (période -> fréquence -> facteur de calibration -> débit)



Propositions d'activités

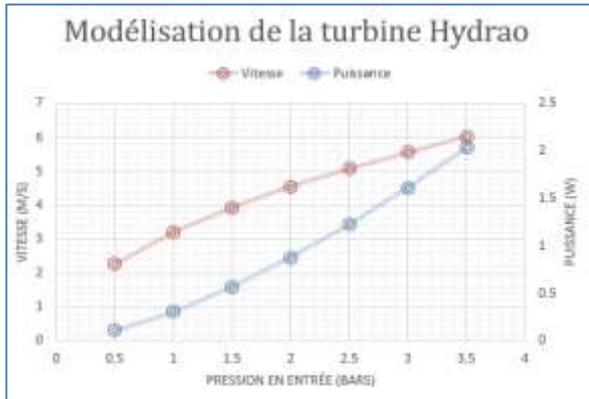
Exemple 1 d'activité TD : Principe de fonctionnement et architecture système

- Description des spécifications fonctionnelles.
- Diagrammes du système décrivant tous les éléments (hydraulique, mécanique, électrique). L'accent est mis sur les interfaces entre sous-systèmes.
- **Exercice 1** : expression de la puissance transitant sous forme d'eau, de rotation de la turbine, de circulation de courant
- **Exercice 2** : estimation du rendement à partir d'hypothèses simples



Propositions d'activités

Exemple 2 d'activité : mesure du volume d'eau et connectivité Bluetooth

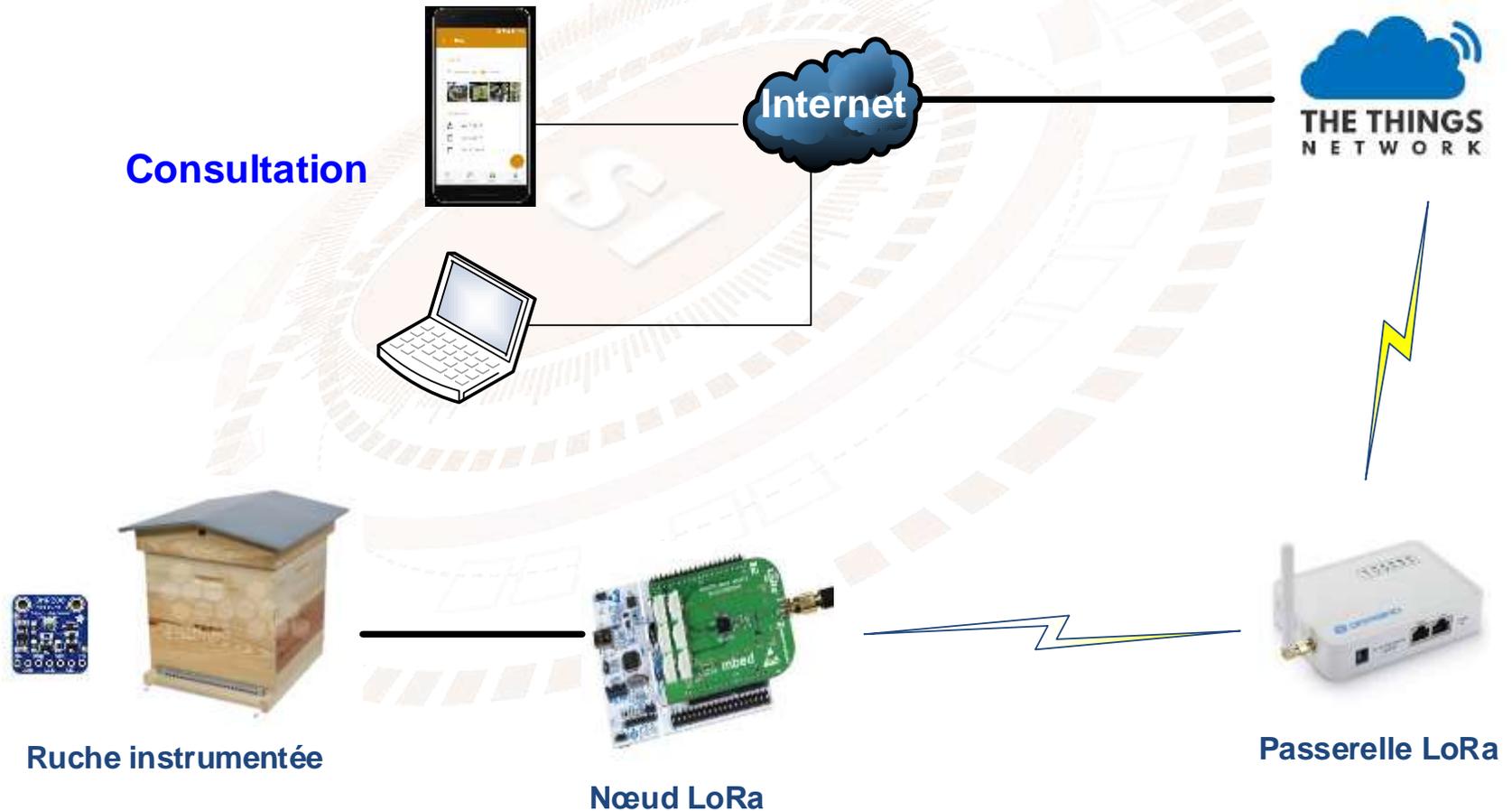


- Des tableaux ou des courbes de données sont fournies.
- Utilisation d'une carte à microcontrôleur pour calculer le volume total d'eau sur un intervalle de temps donné.
- Transmission Bluetooth vers une application Android.
- Rajouter un compteur journalier et un compteur total (pour la facturation).

```
# Ce programme calcule le volume d'eau à partir à partir  
# du nombre de tours de la turbine.  
  
#importation bibliothèques  
  
] def main():  
    """Le programme principal."""  
  
    # appel de la lfonction de calcul du nombre de tours de la turbine  
    nbr_tours = nombre_de_tours()  
  
    # calculer le volume en litres  
    volume = 544.54 * nbr_tours - 13.32  
  
    # appel fonction calibration  
    volume_calibre = calibration(volume)  
  
    # appel fonction transmission  
    transmission(volume_calibre)  
  
] if __name__ == "__main__":  
    main()
```

Propositions d'activités

Ruche connectée



Propositions d'activités

Ruche connectée : activités possibles

- Projet de terminale
- Mise en œuvre de modules Nœud LoRa et du protocole LoRaWan.
- Acquisition de données,
- Etude des bus de communication
- Programmation MicroPython
-

Moyens proposés

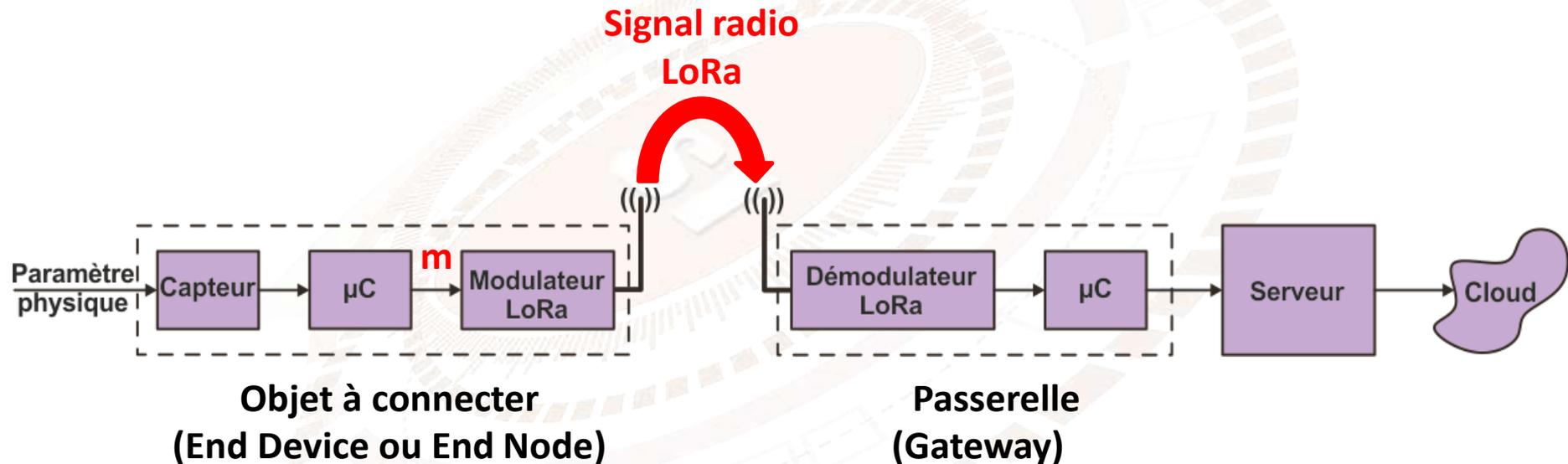


STM32 IoT Node

Cartes de prototypage PyCom

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa

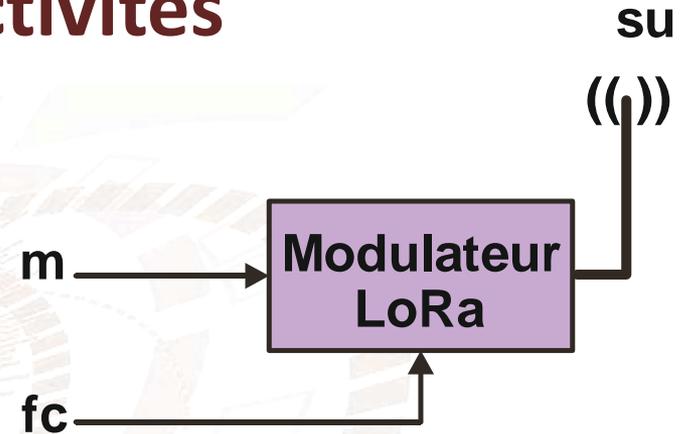


m : message numérique à transmettre à la passerelle par voie hertzienne

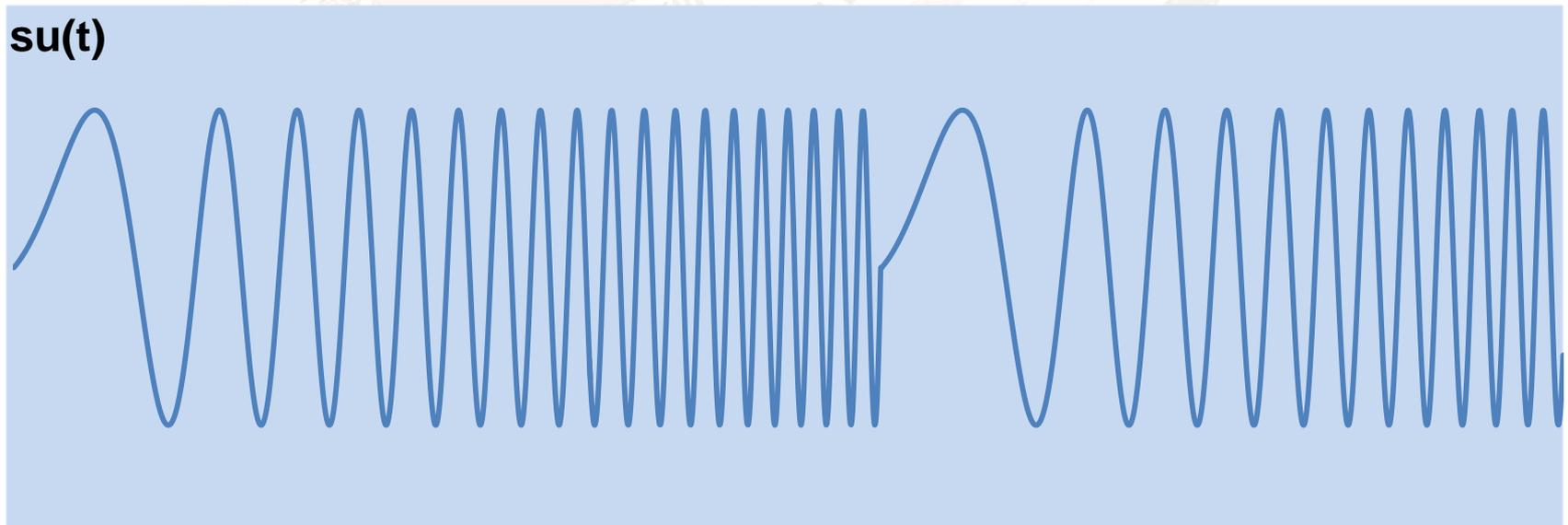
Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa

m : message binaire à transmettre
fc : onde sinusoïdale de fréquence f_c
su : signal radio Lora constitué d'Upchirps

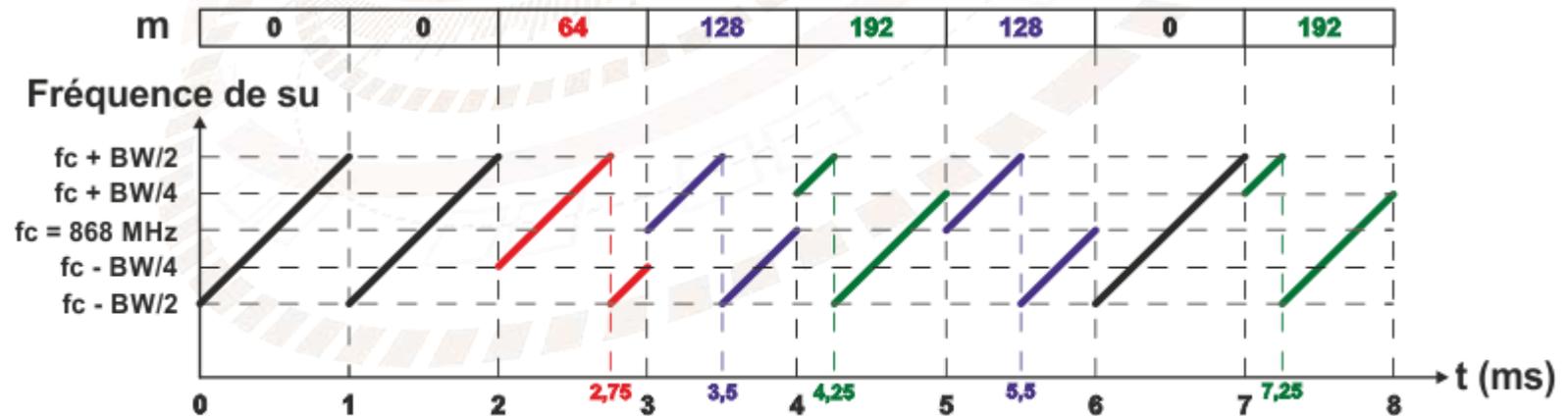
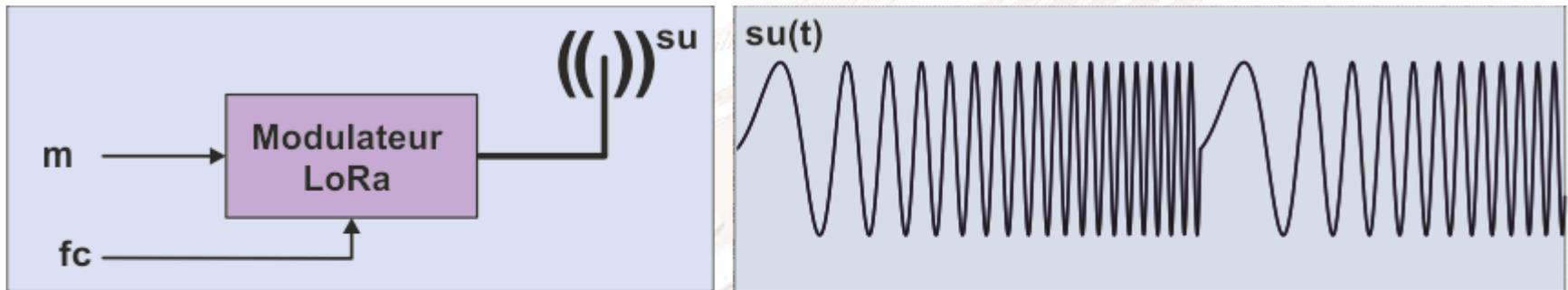


Upchirp : onde sinusoïdale dont la fréquence augmente linéairement dans le temps



Propositions d'activités

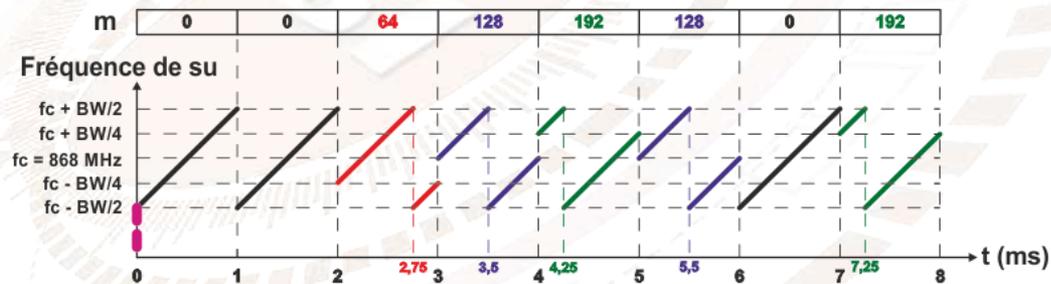
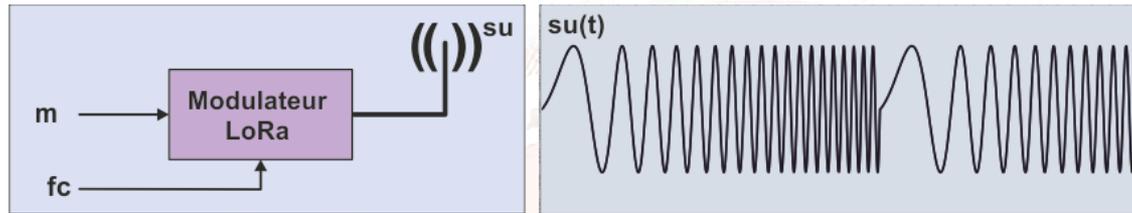
TP Caractérisation du signal radio LoRa



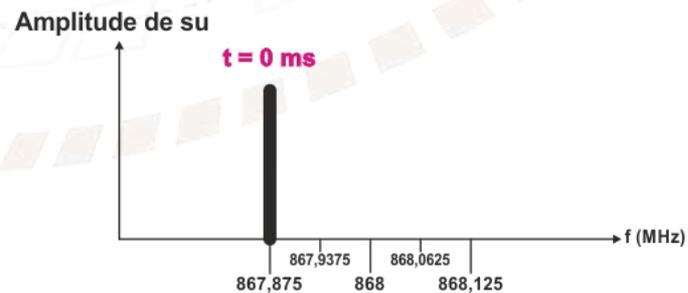
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



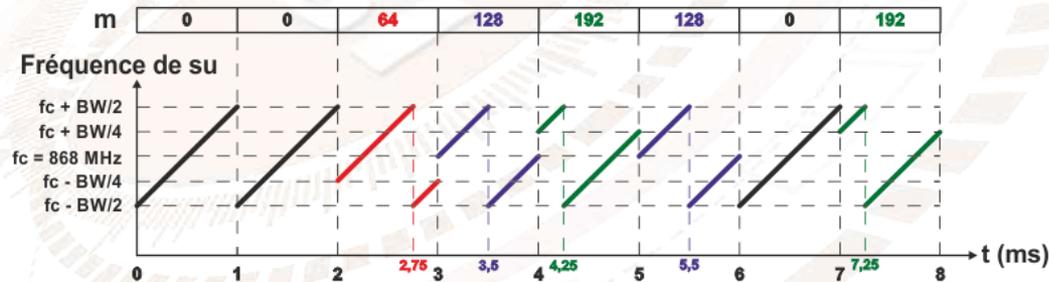
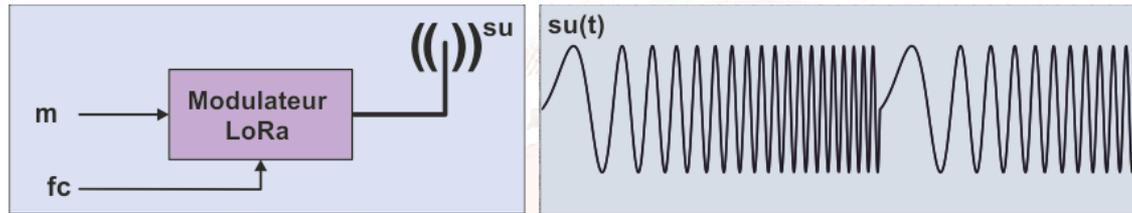
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



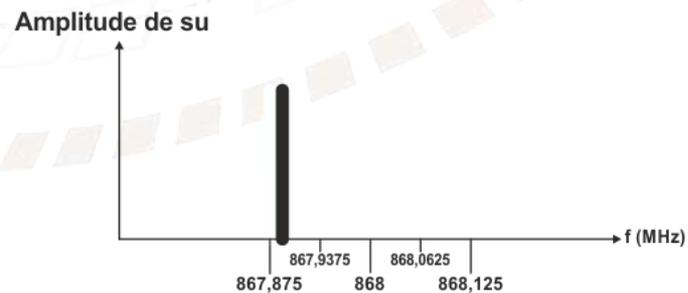
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



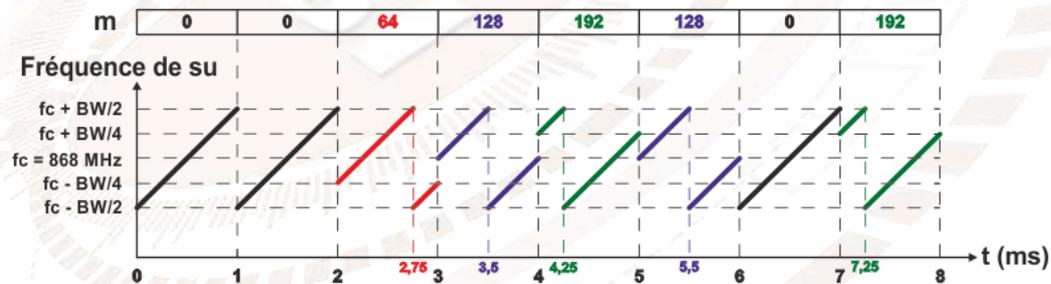
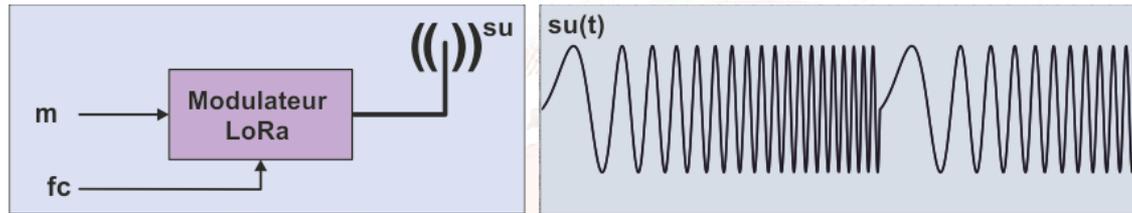
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



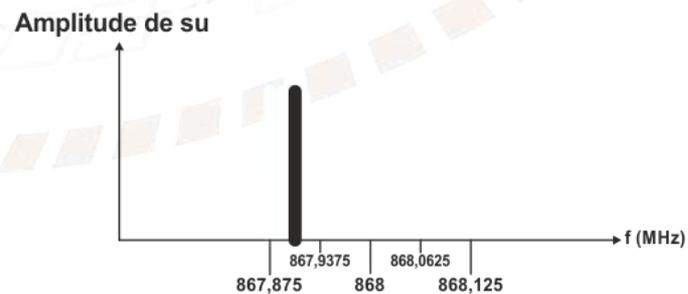
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



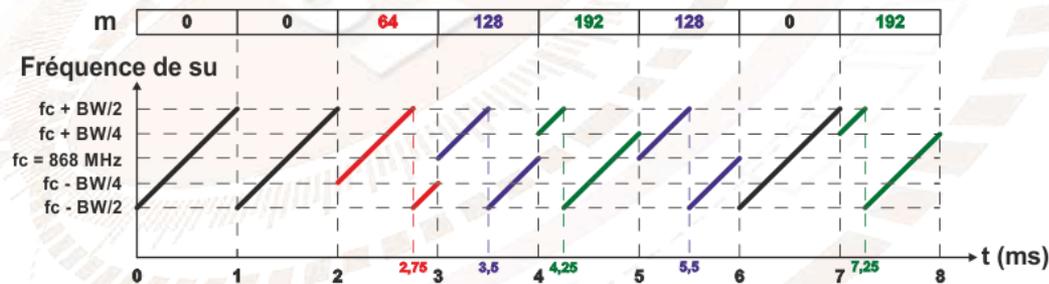
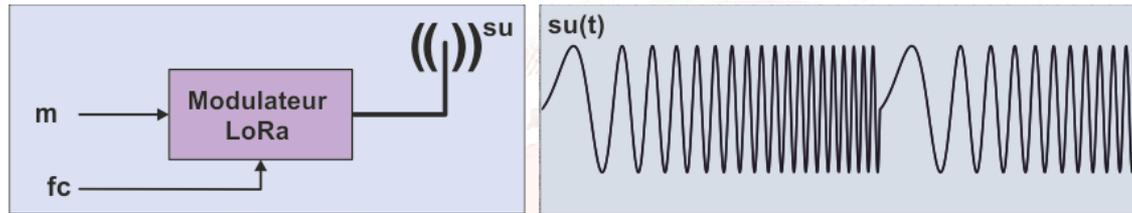
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



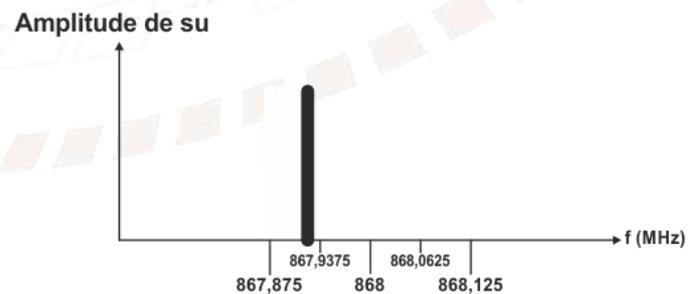
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



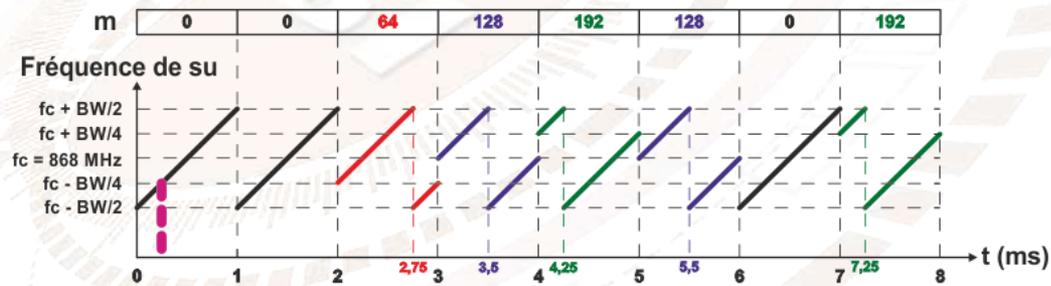
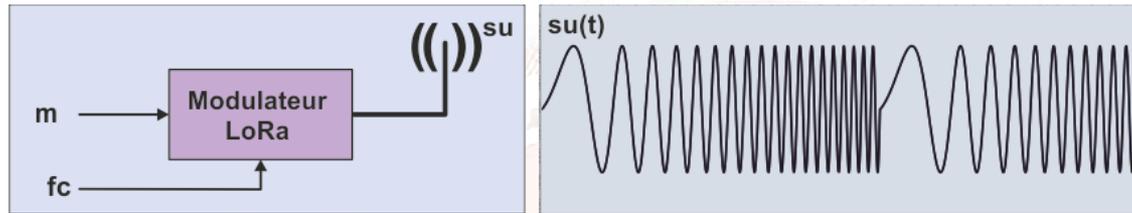
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



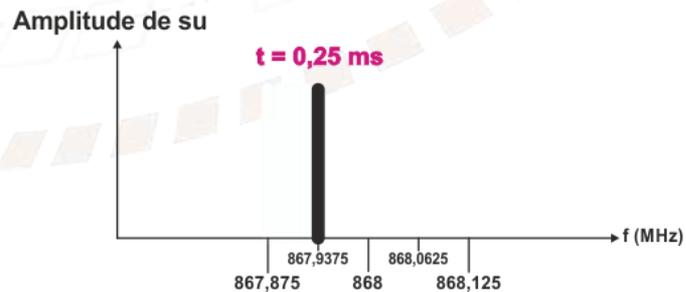
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



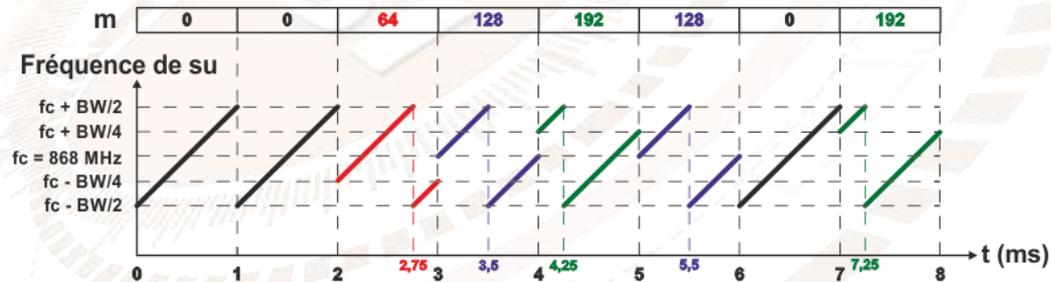
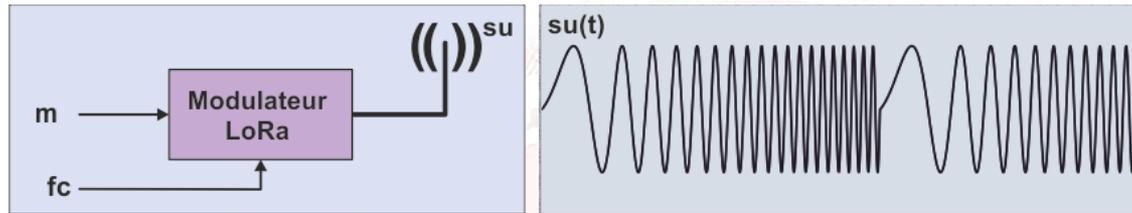
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



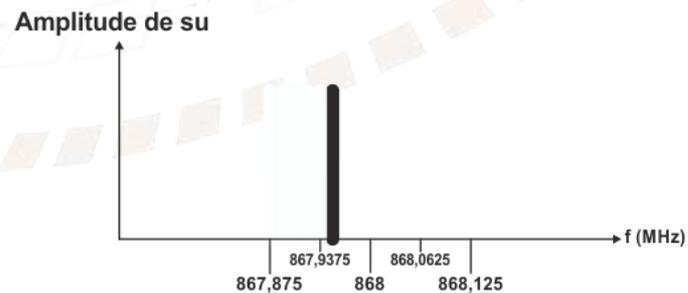
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



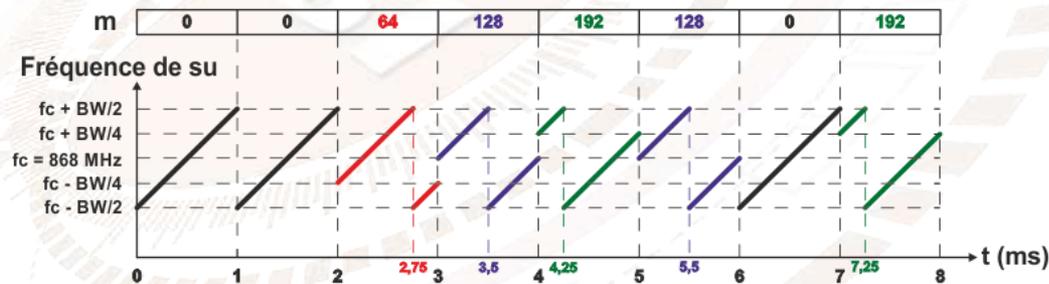
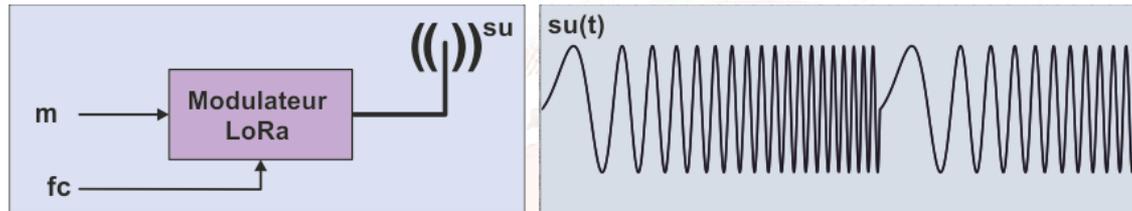
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



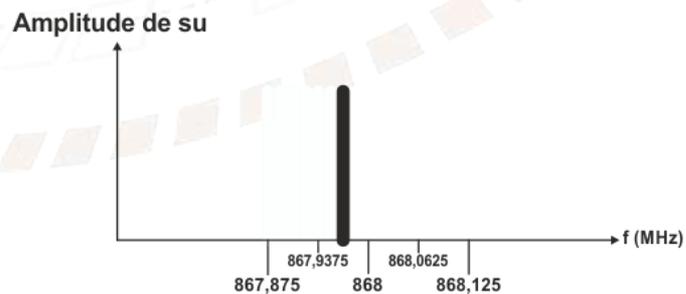
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



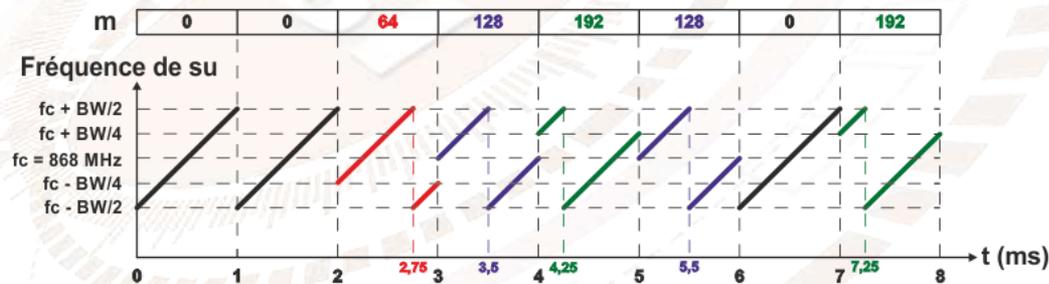
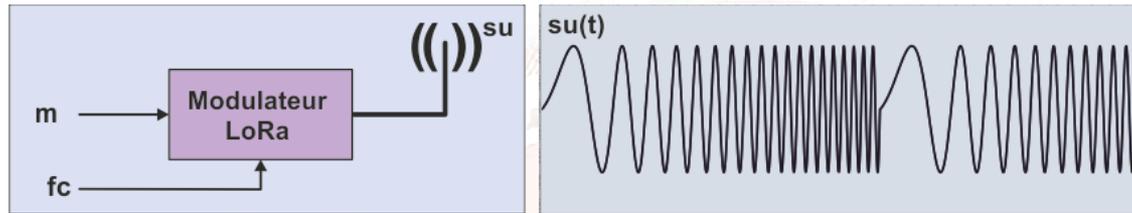
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



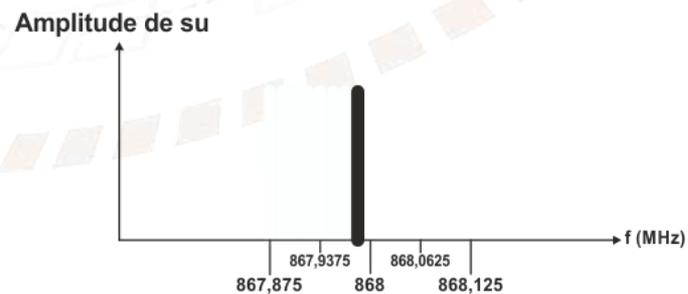
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



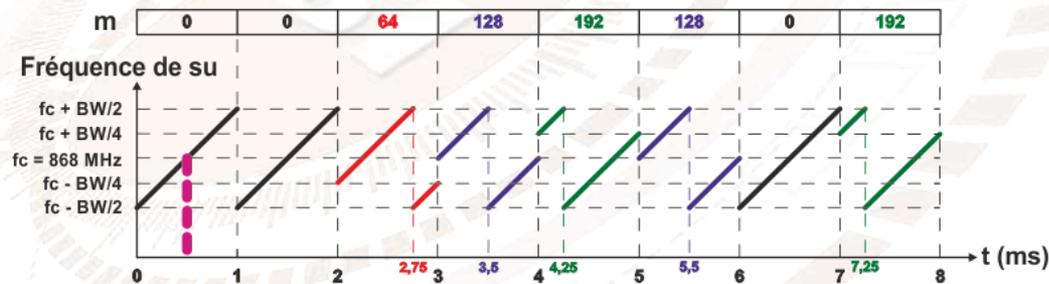
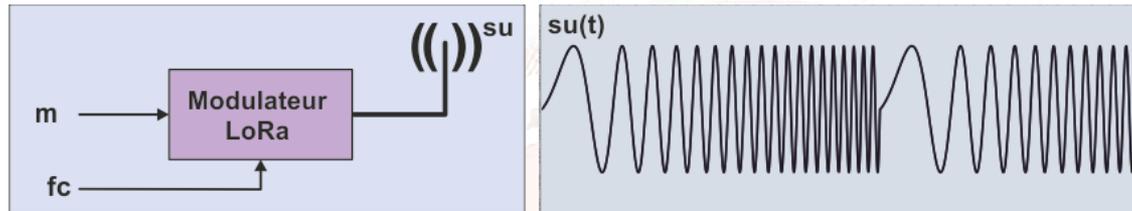
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



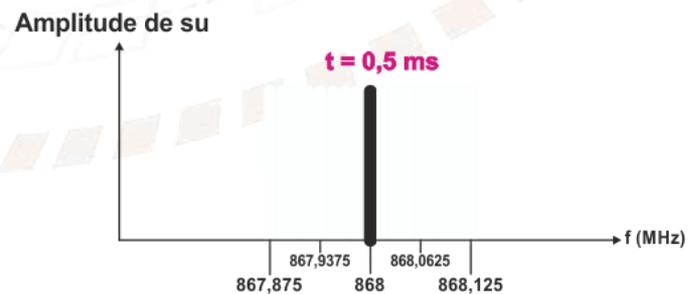
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



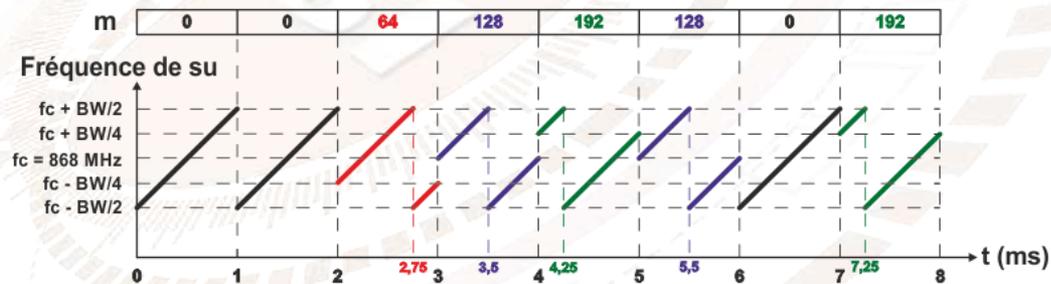
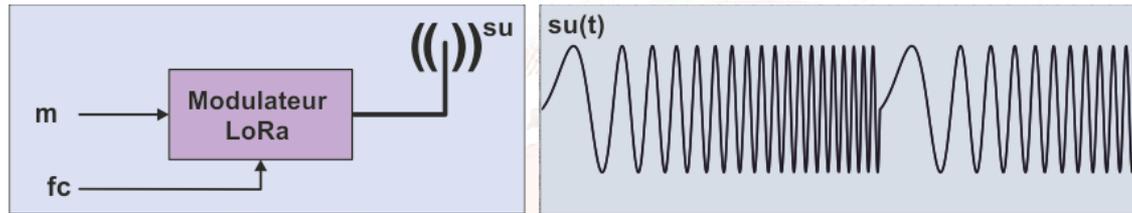
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



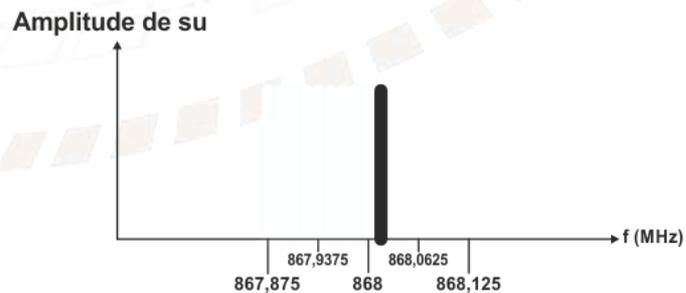
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



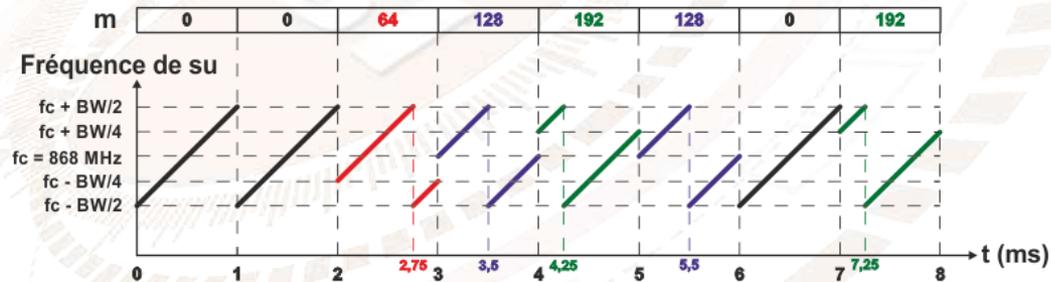
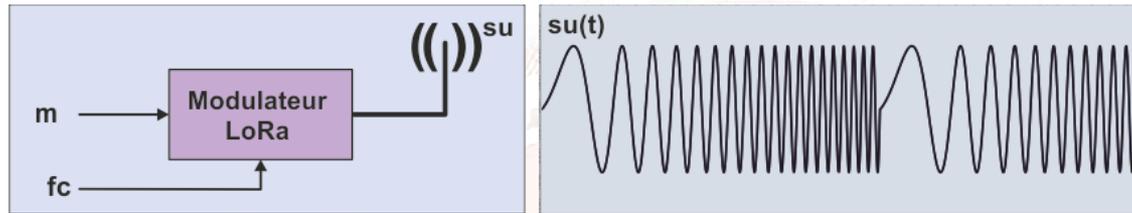
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



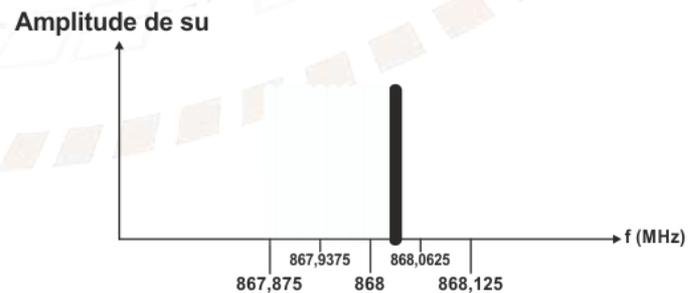
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



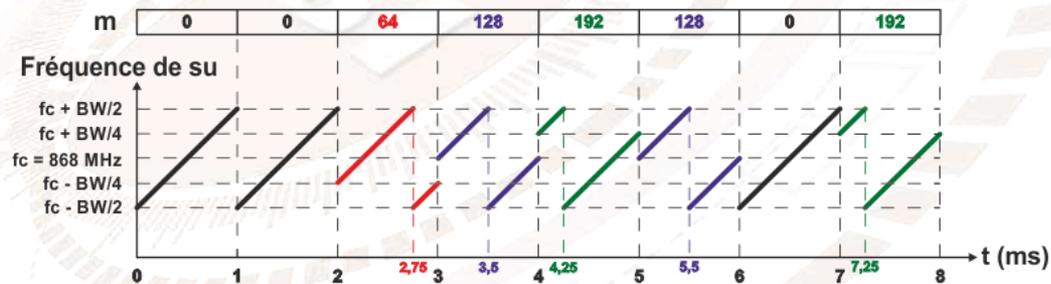
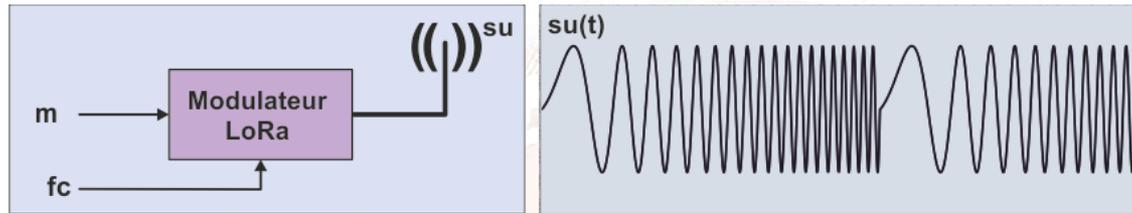
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



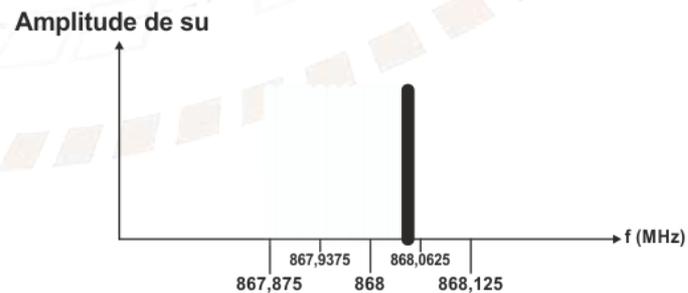
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



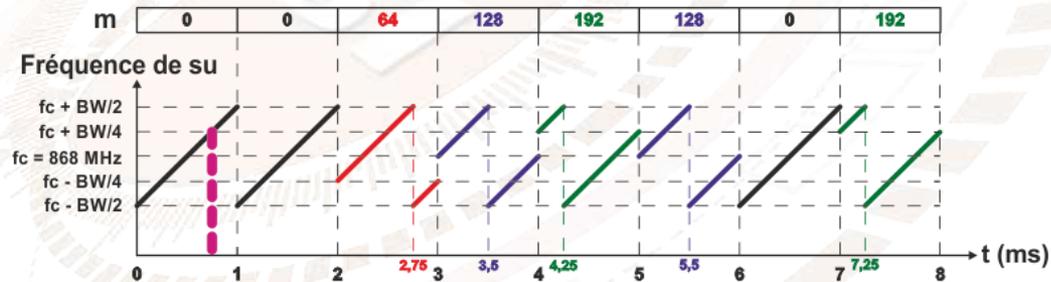
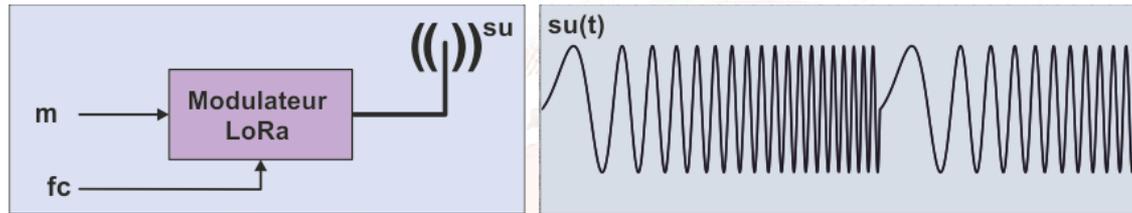
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



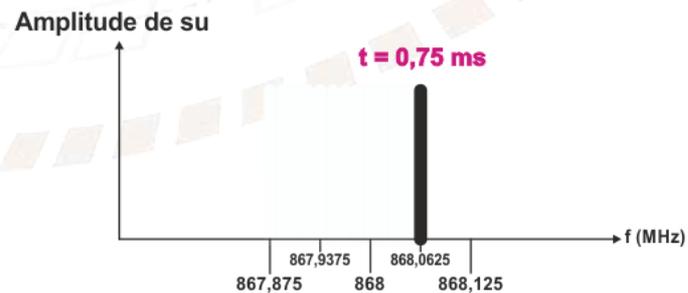
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



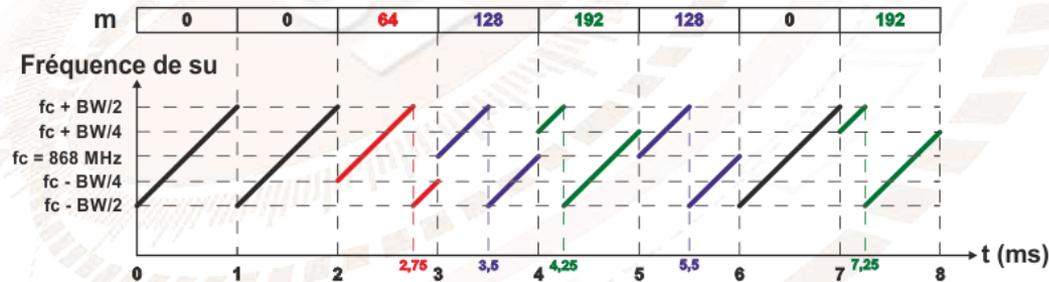
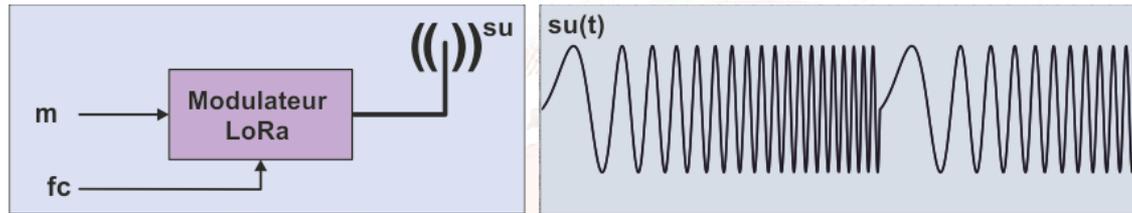
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



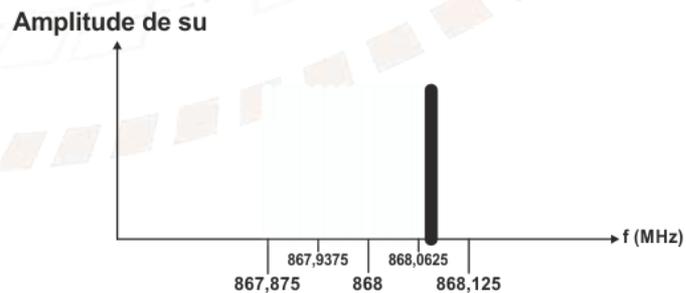
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



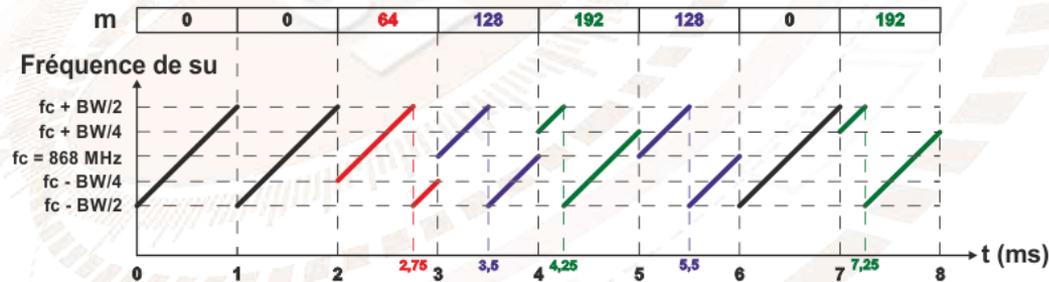
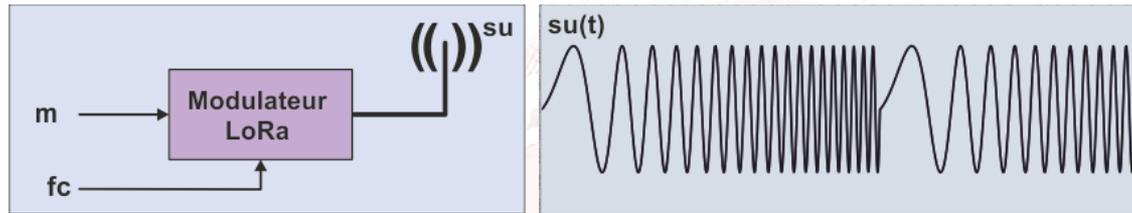
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



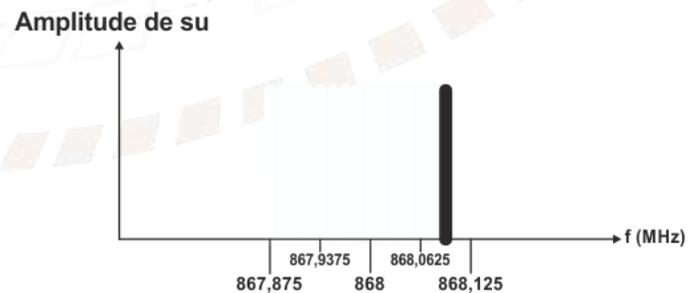
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



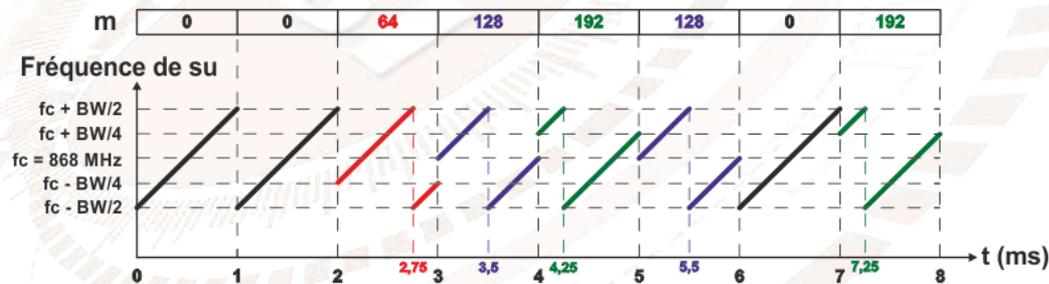
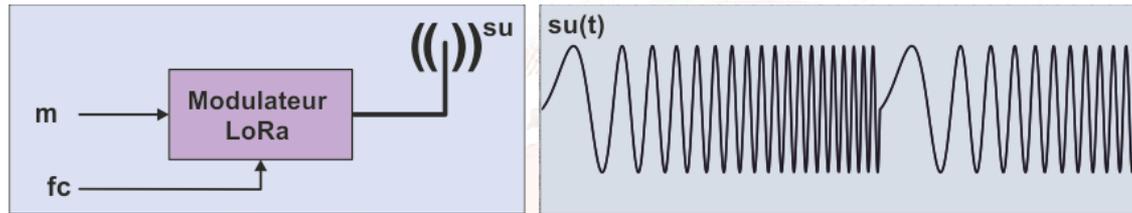
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



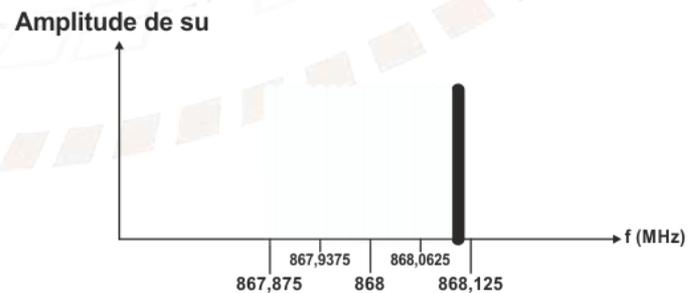
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



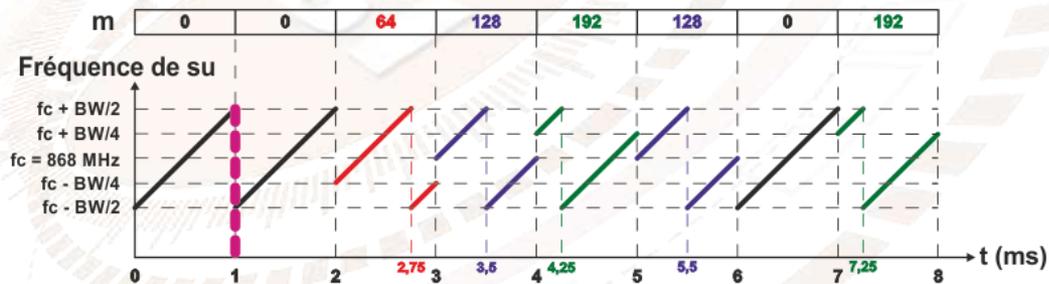
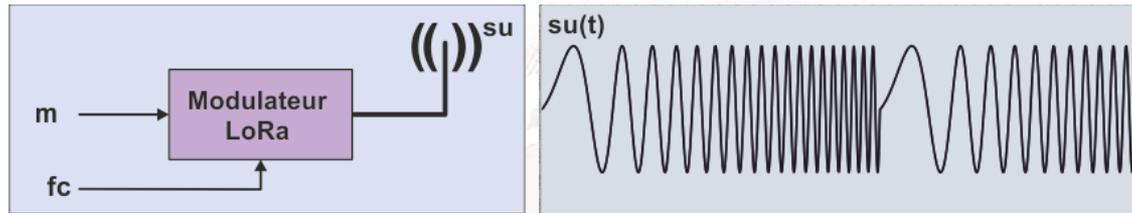
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



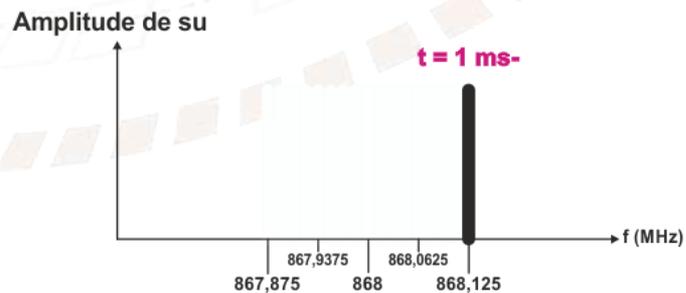
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



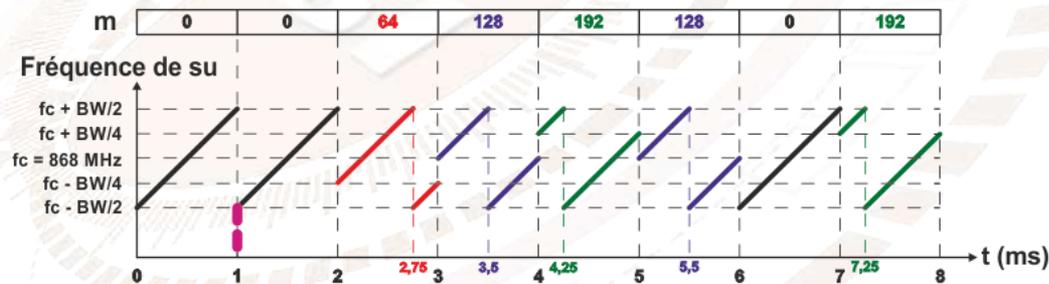
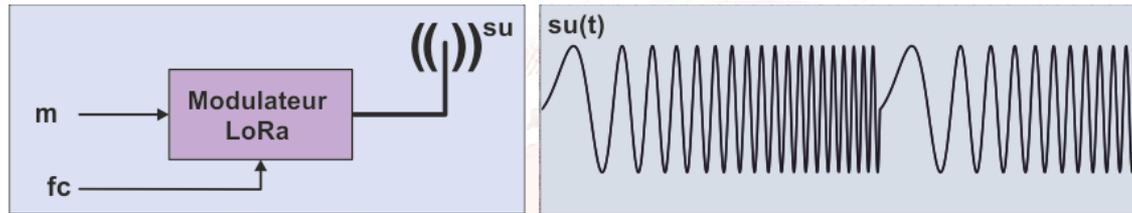
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



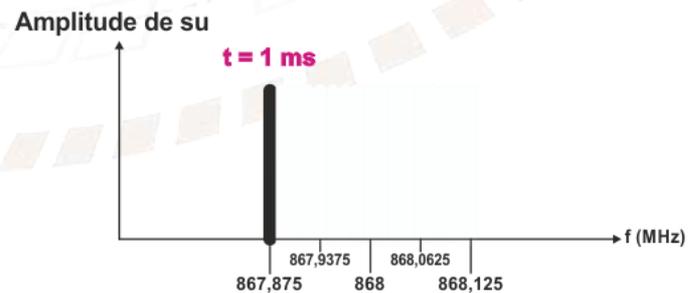
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



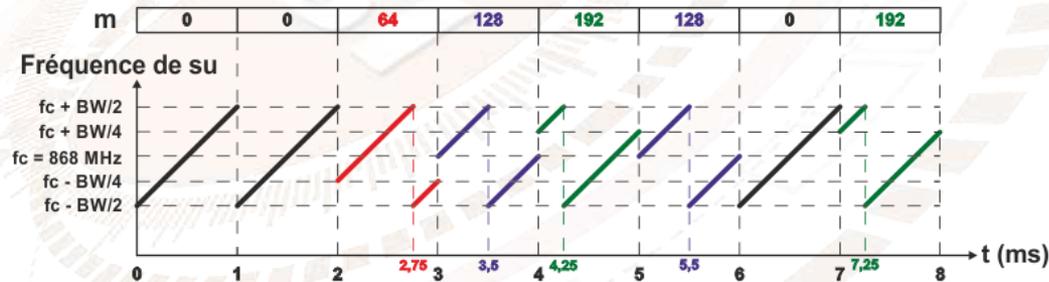
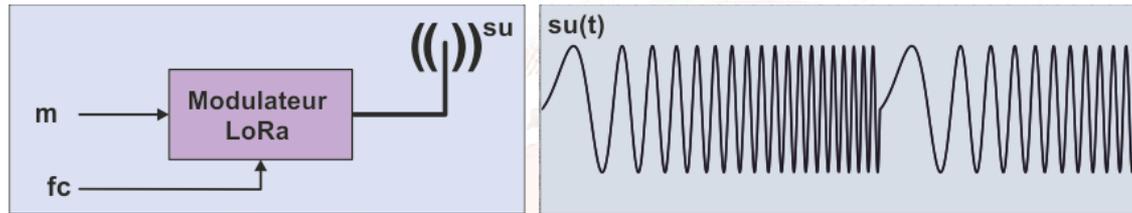
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



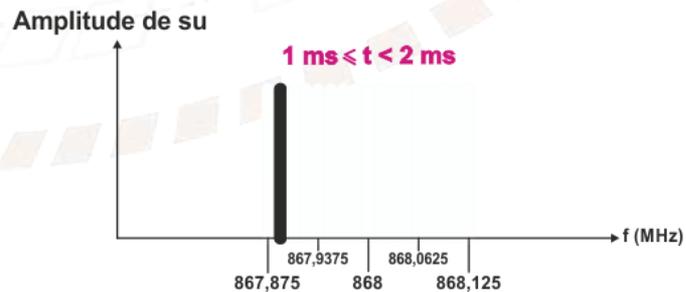
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



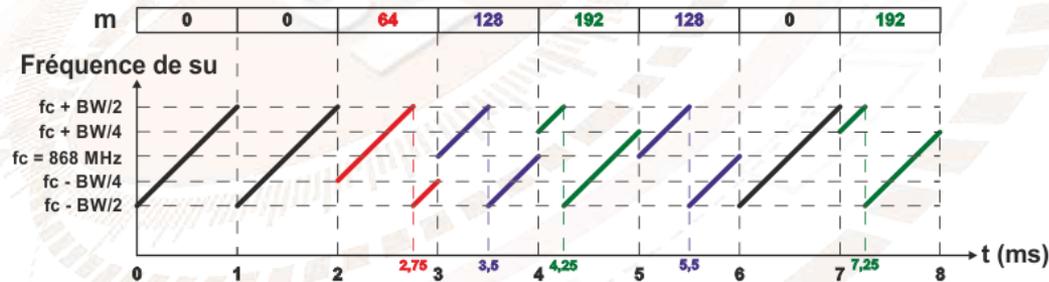
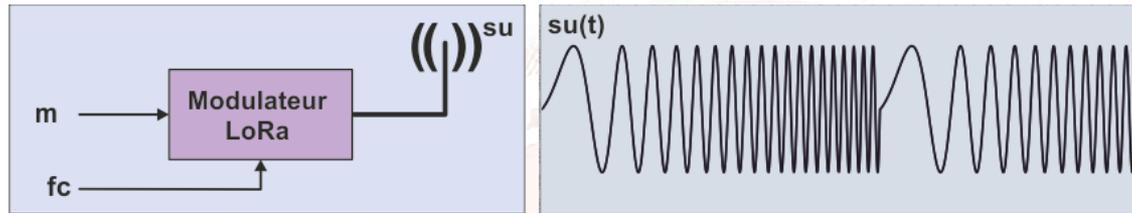
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



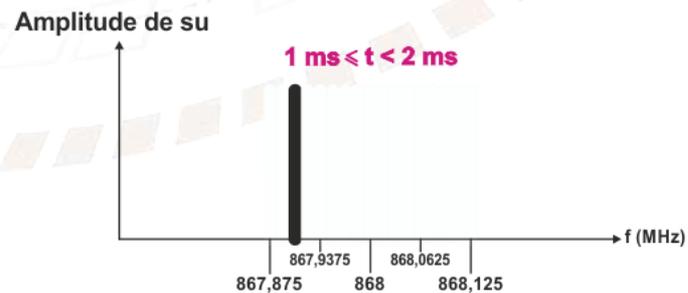
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



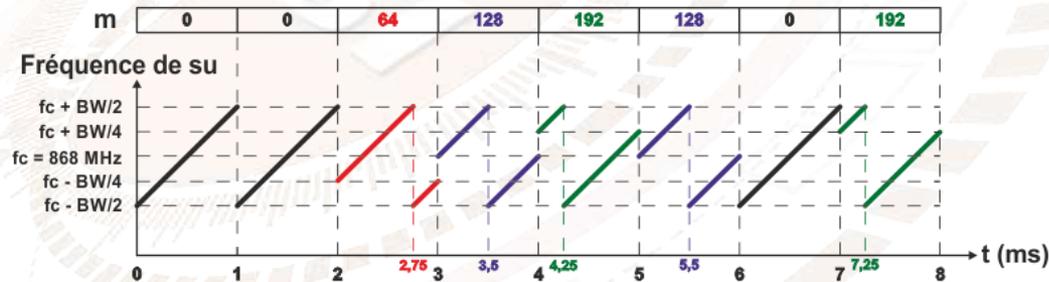
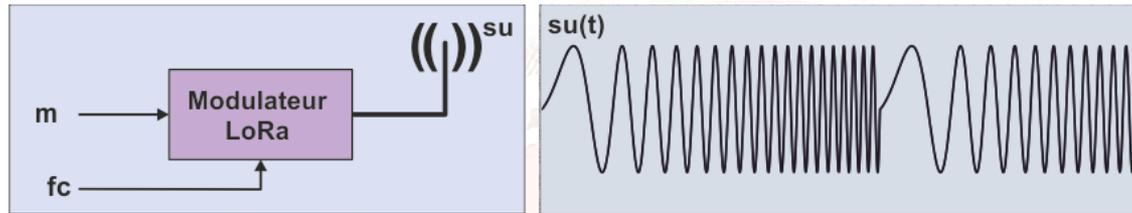
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



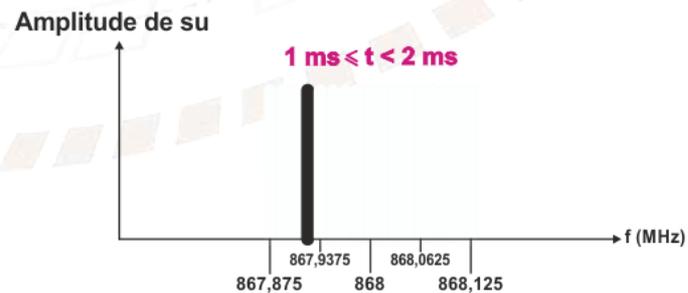
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



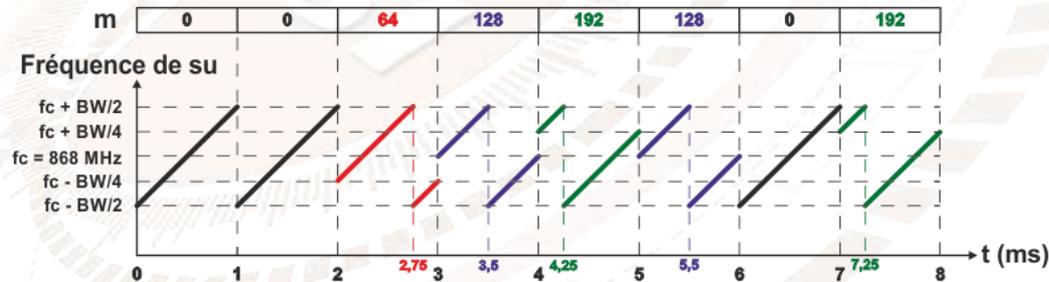
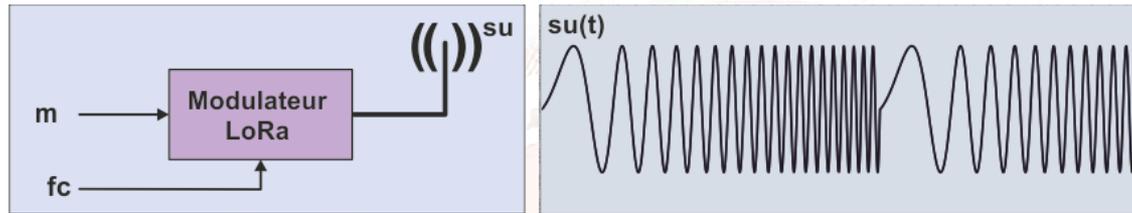
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



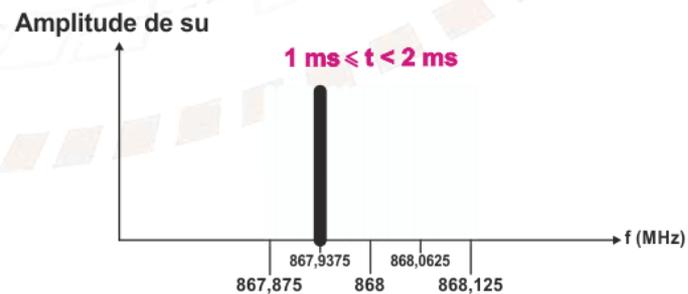
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



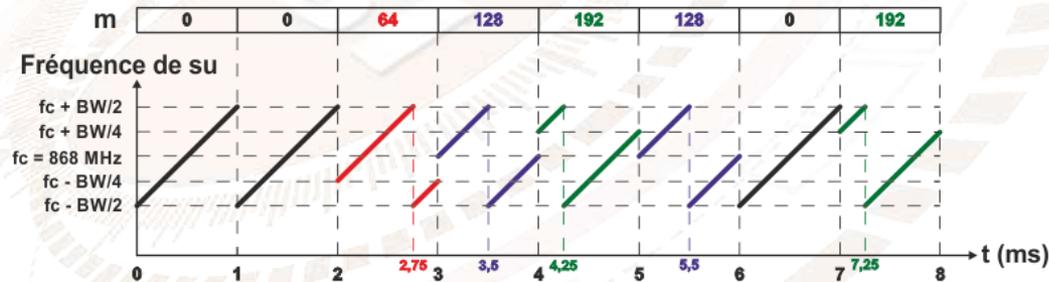
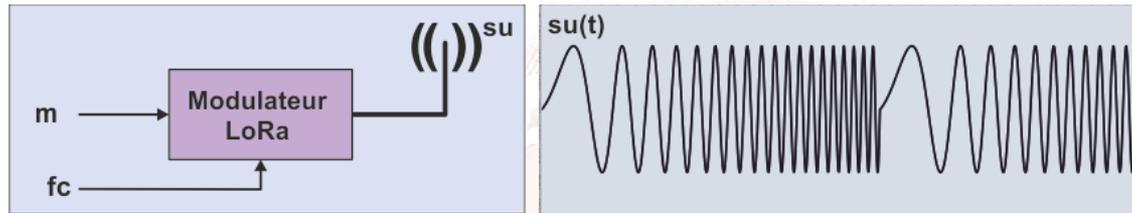
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



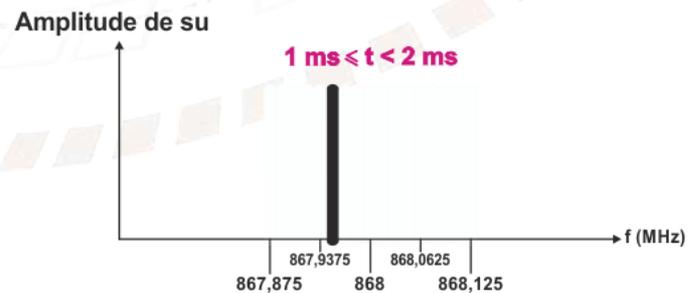
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



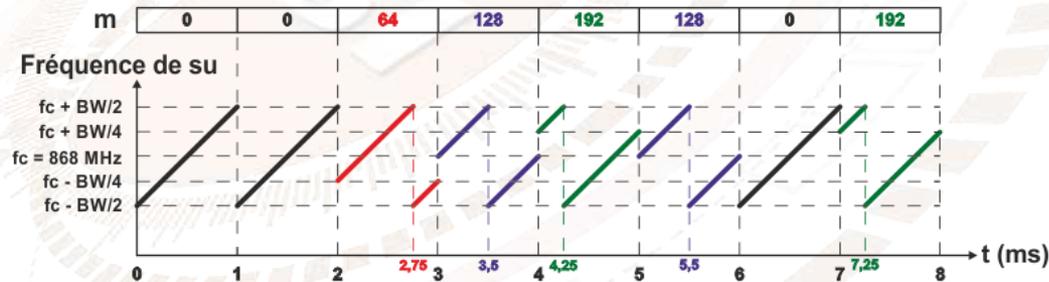
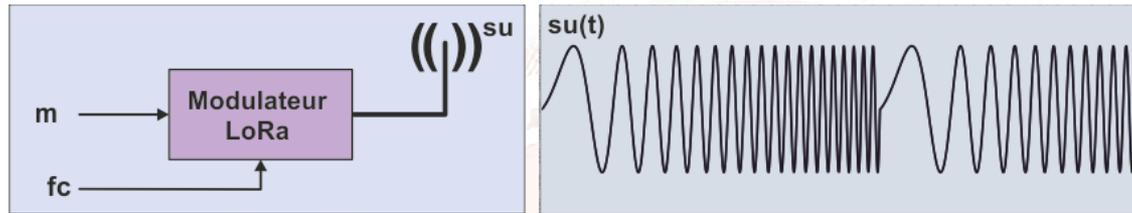
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



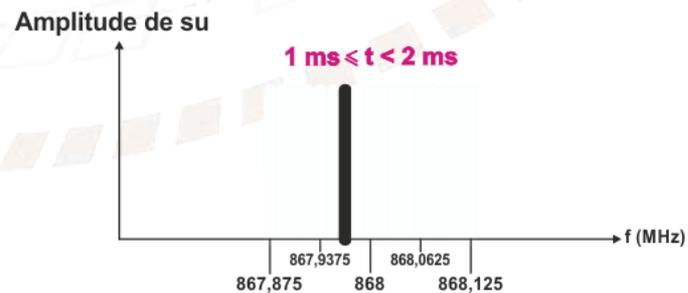
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



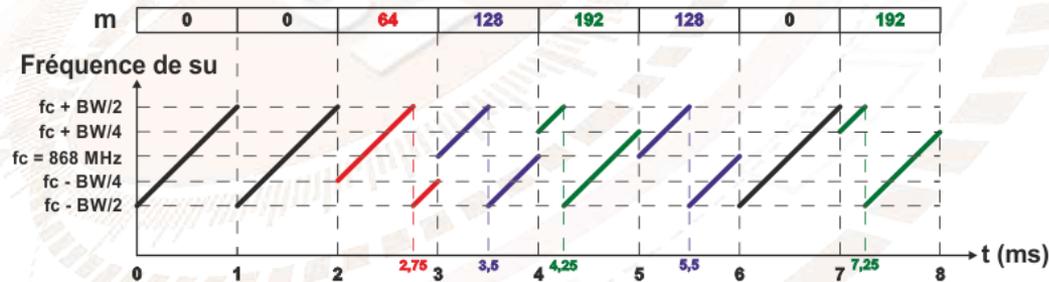
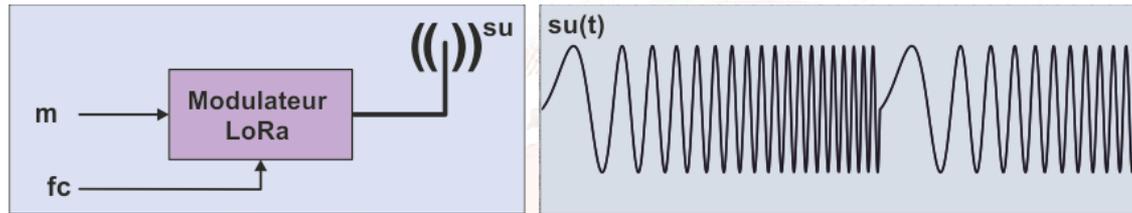
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



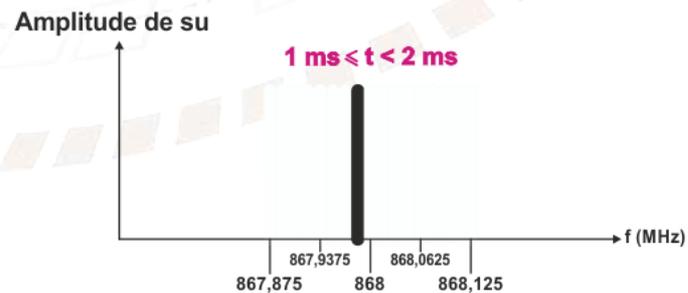
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



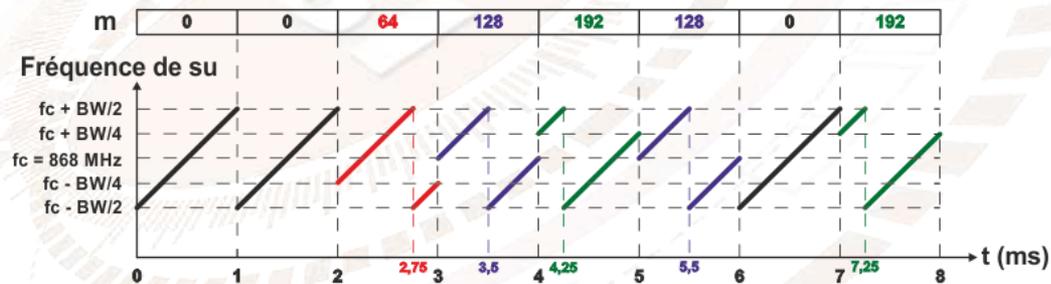
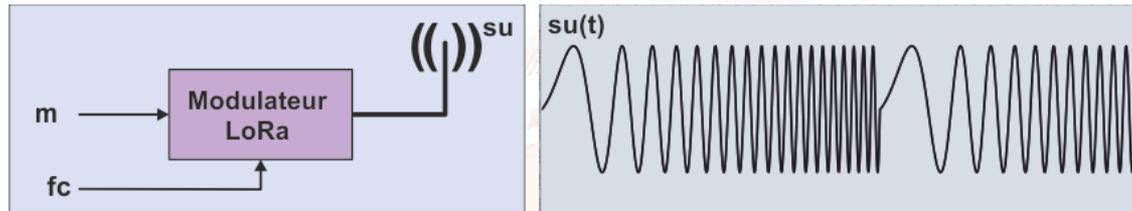
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



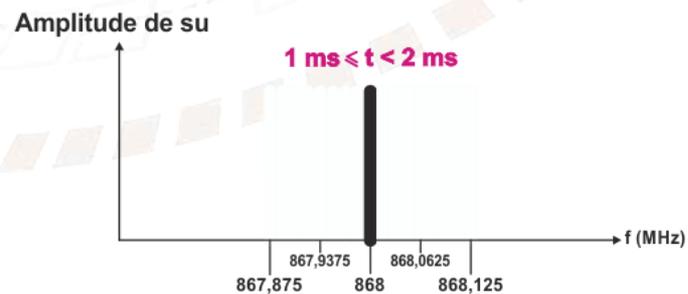
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



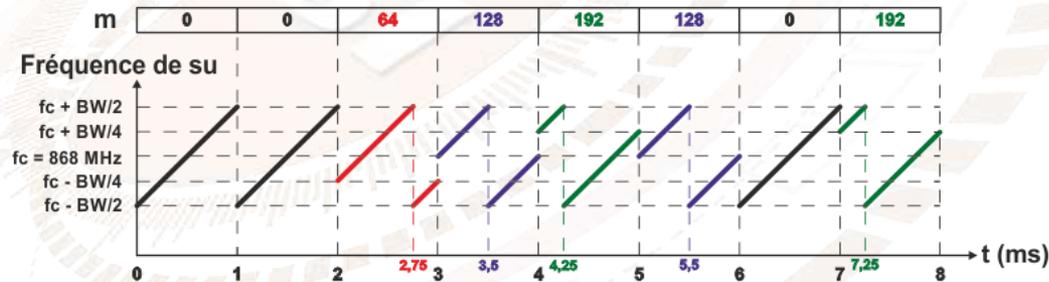
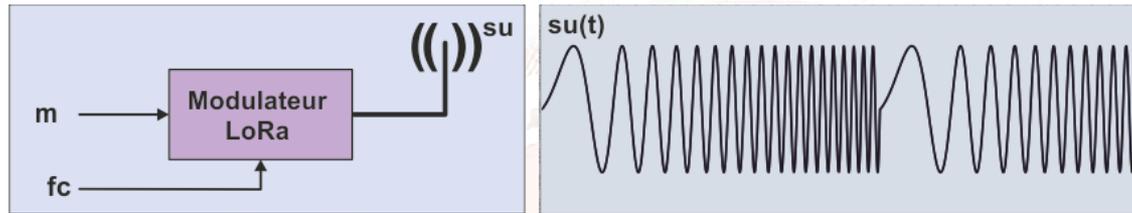
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



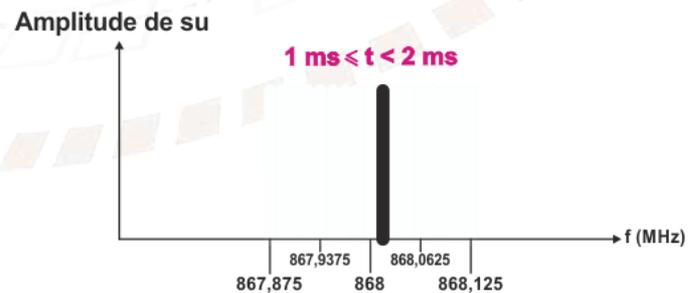
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



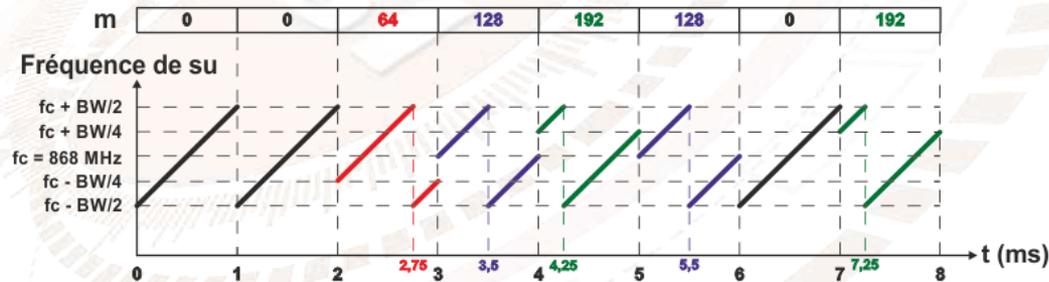
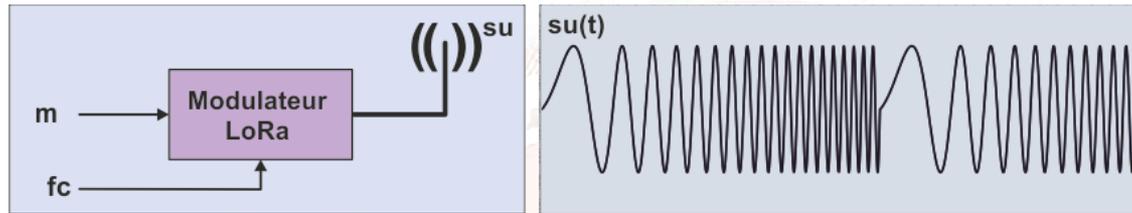
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



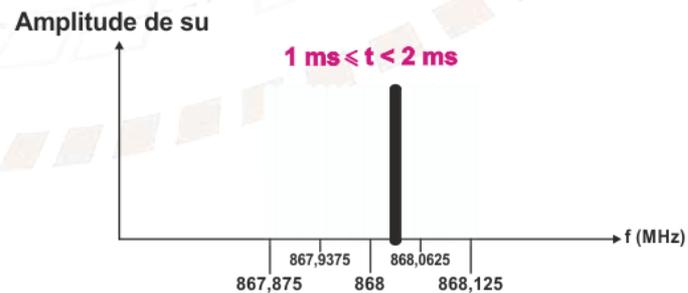
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



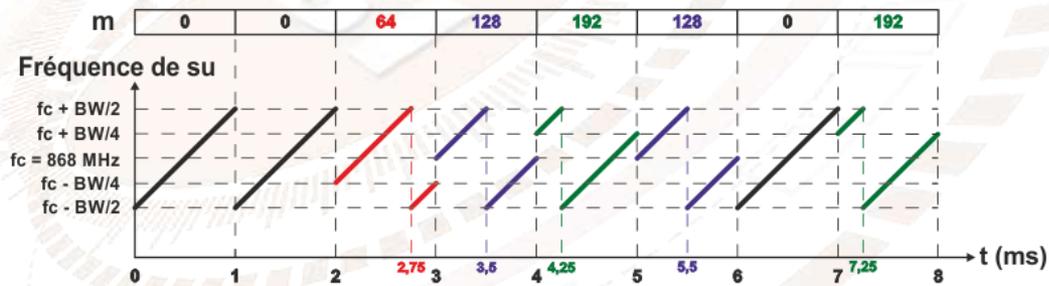
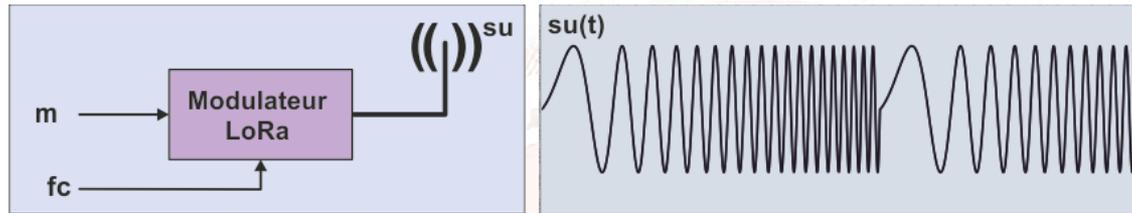
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



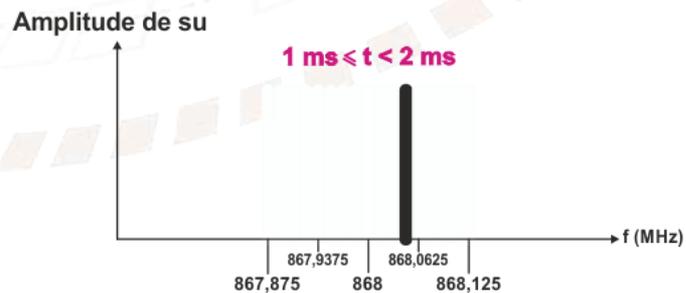
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



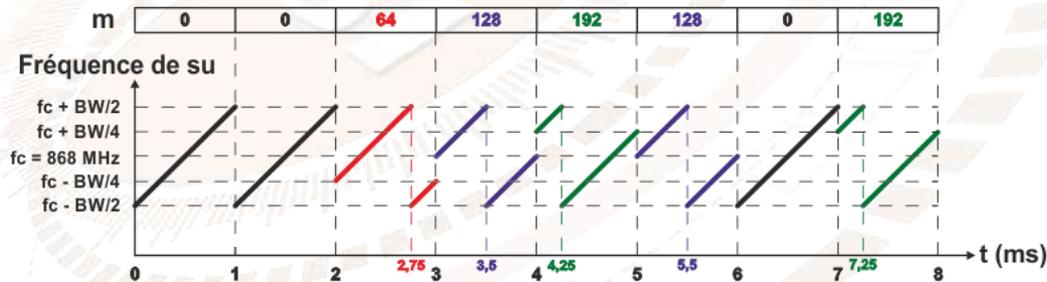
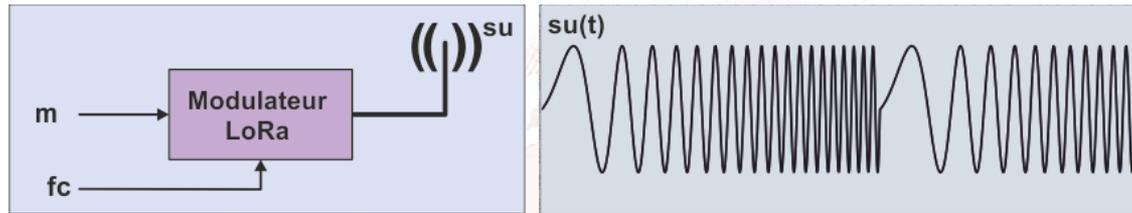
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



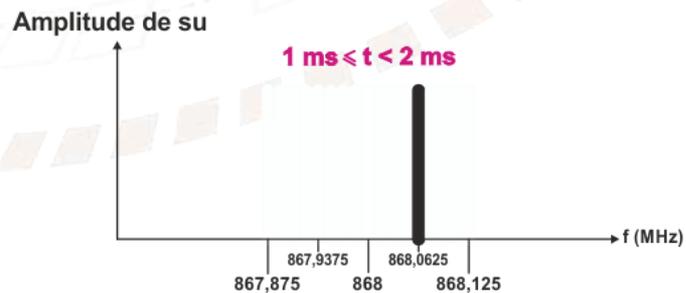
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



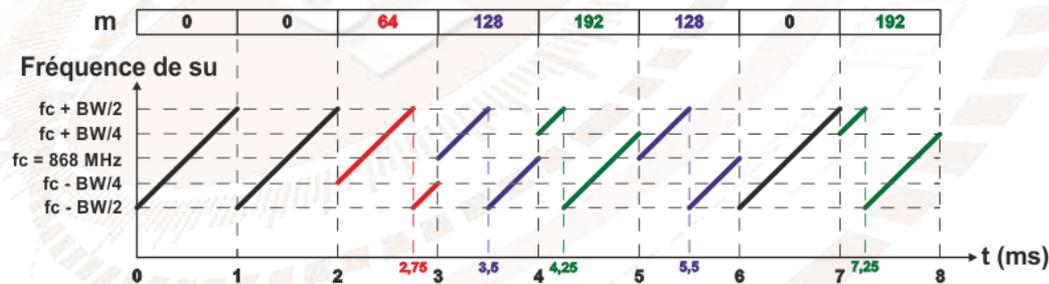
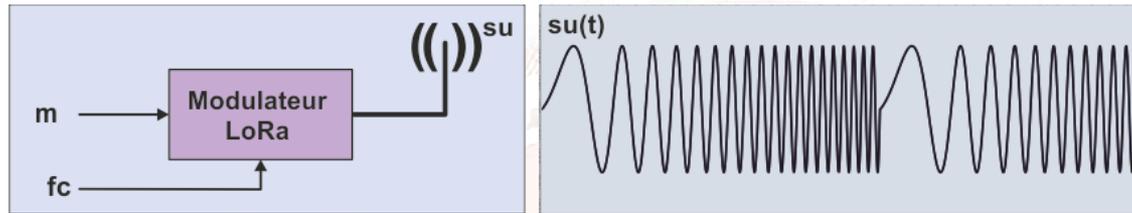
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



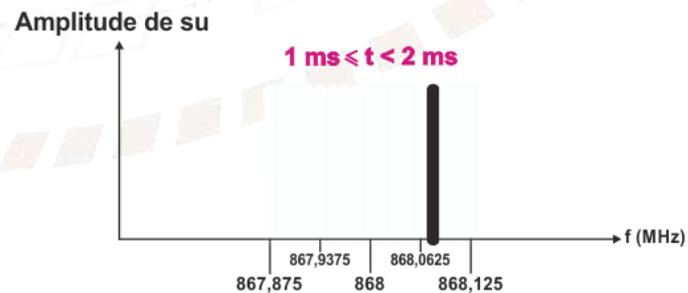
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



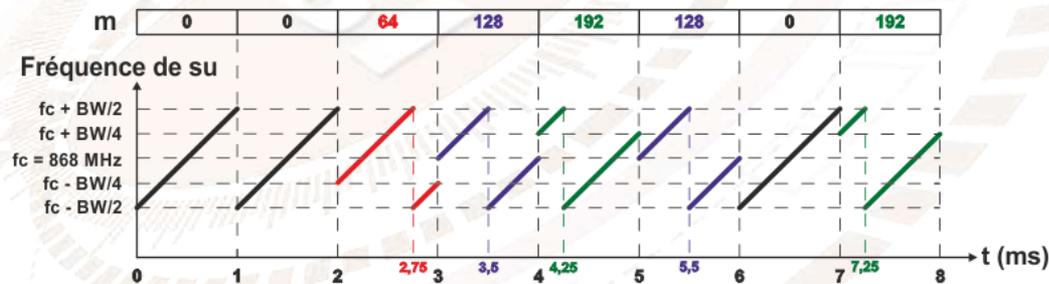
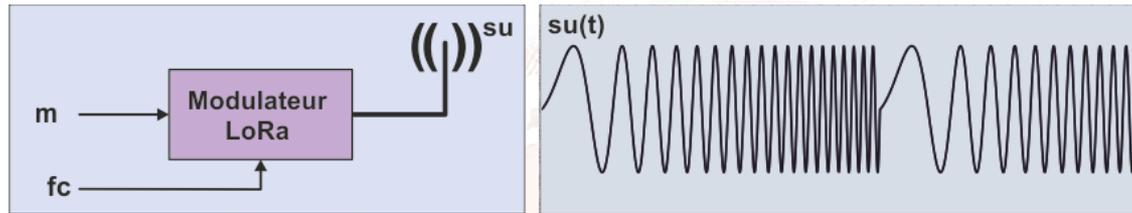
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



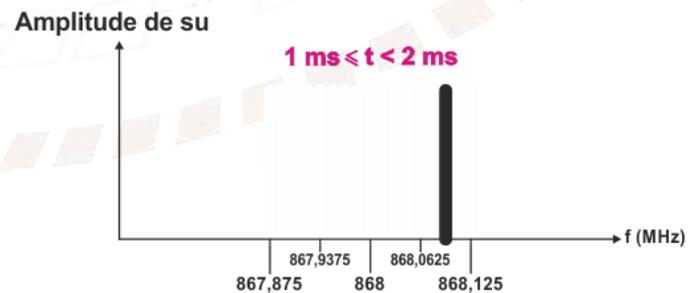
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



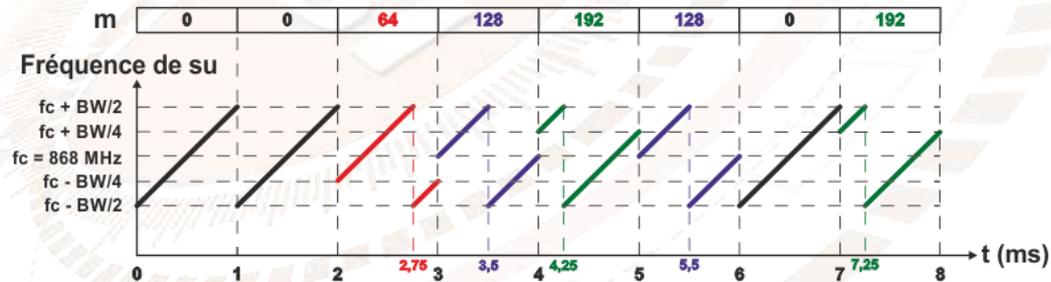
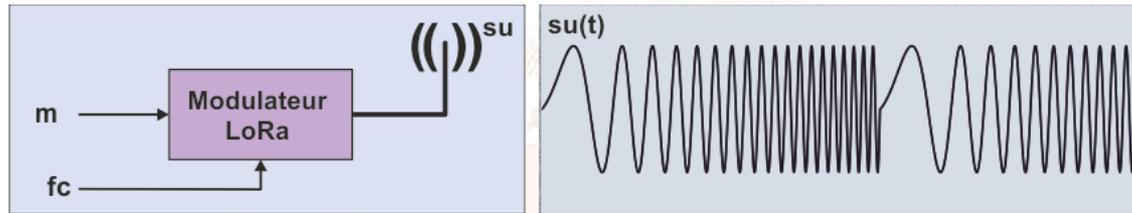
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



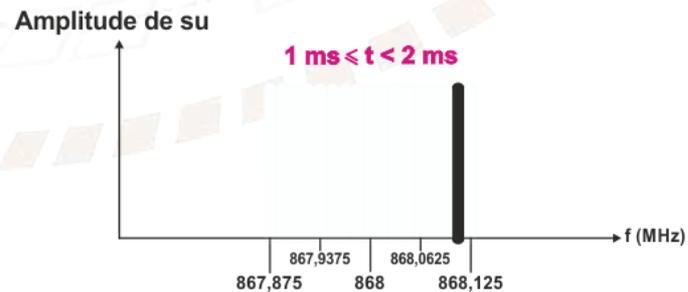
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



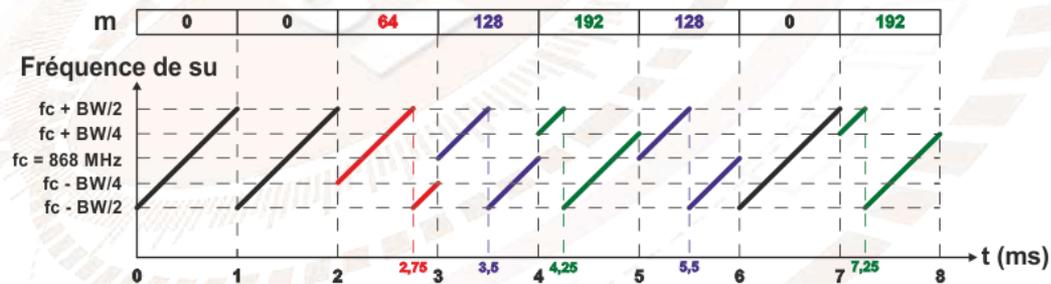
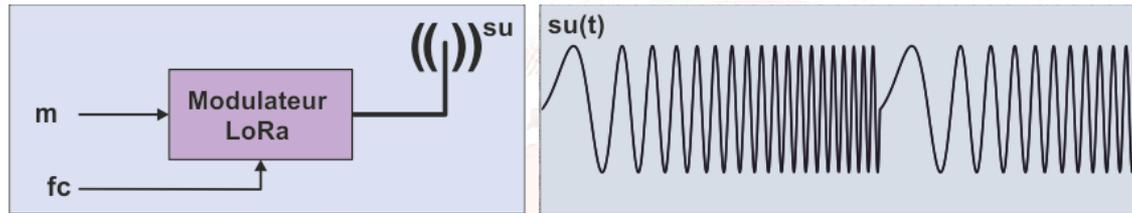
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



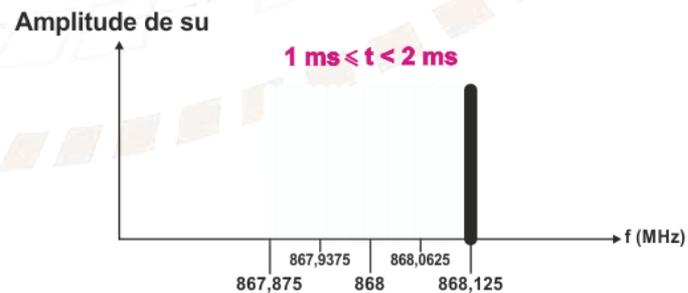
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



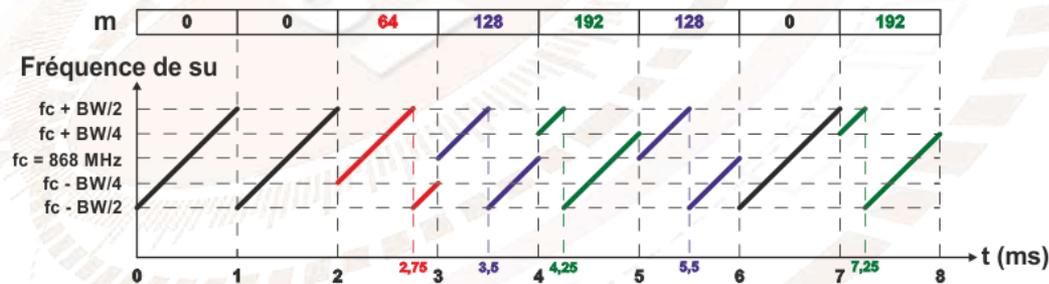
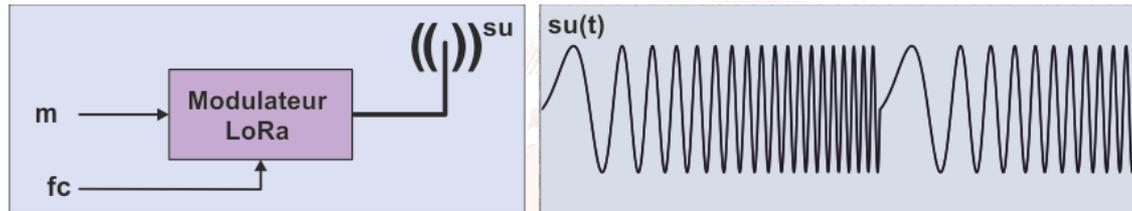
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



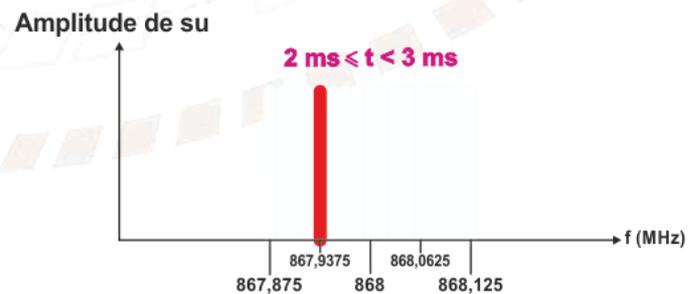
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



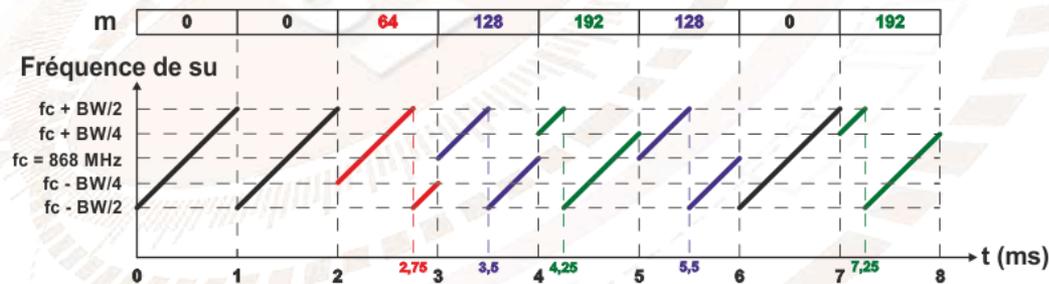
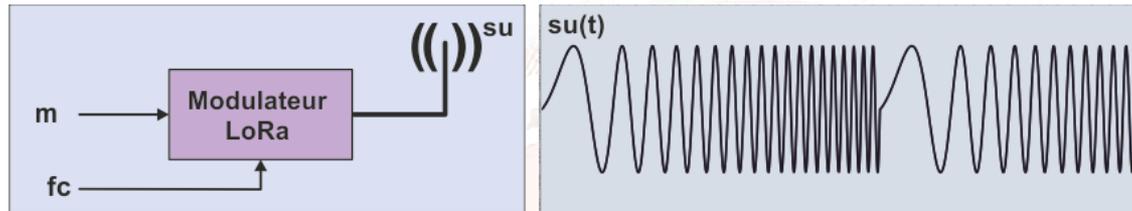
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



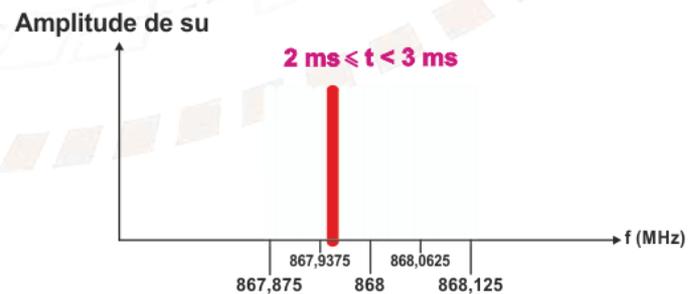
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



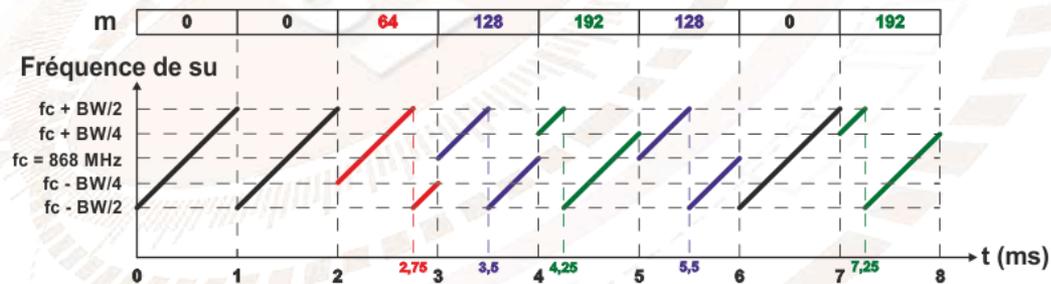
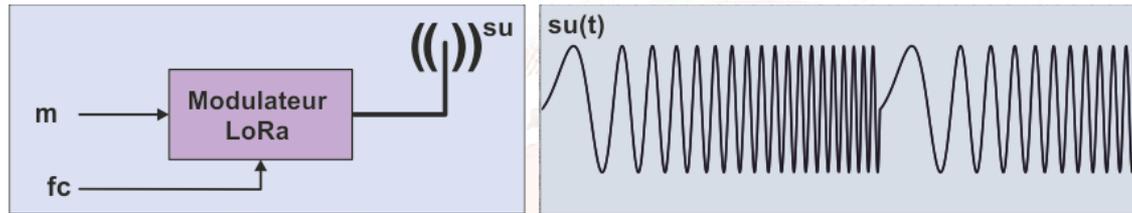
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



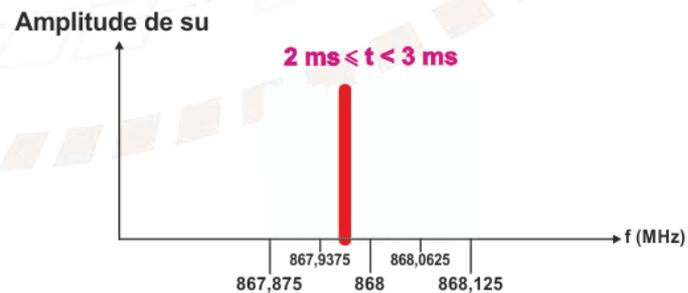
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



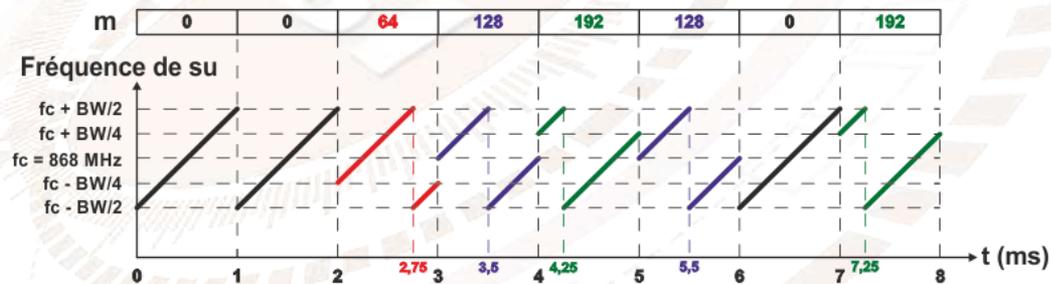
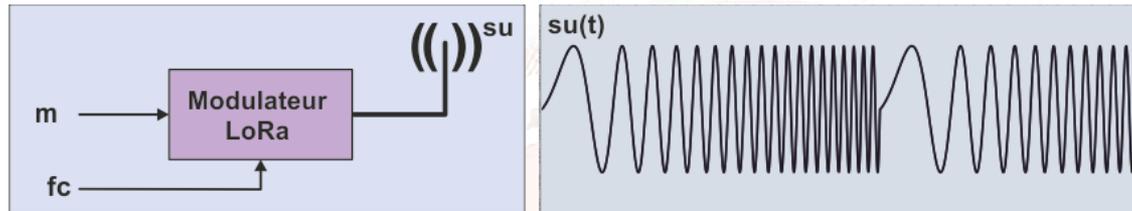
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



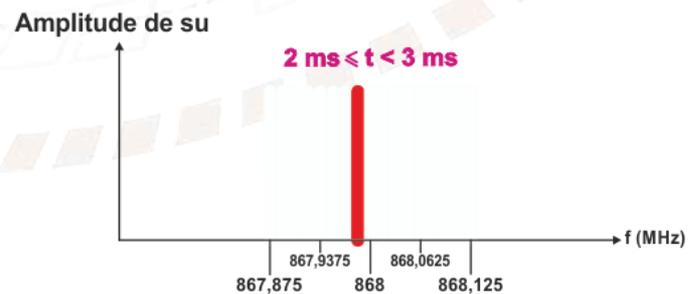
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



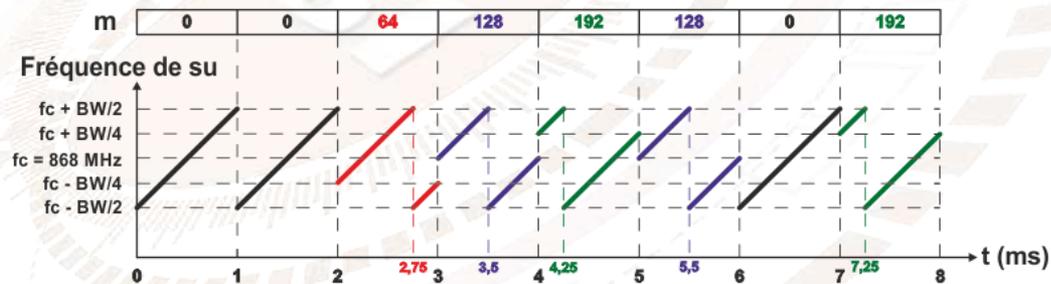
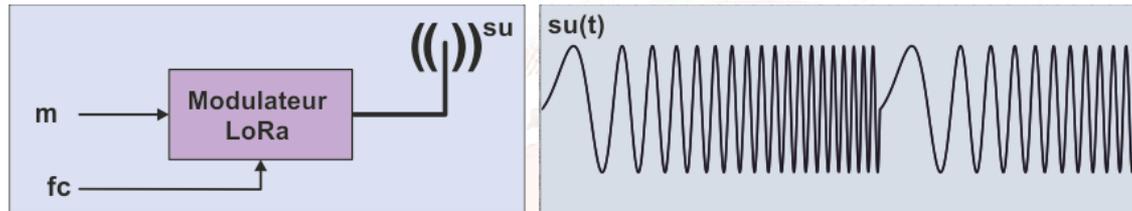
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



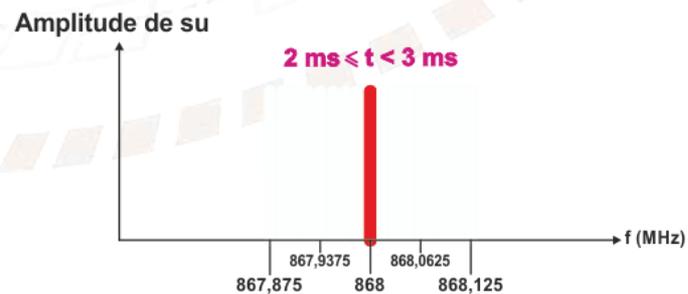
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



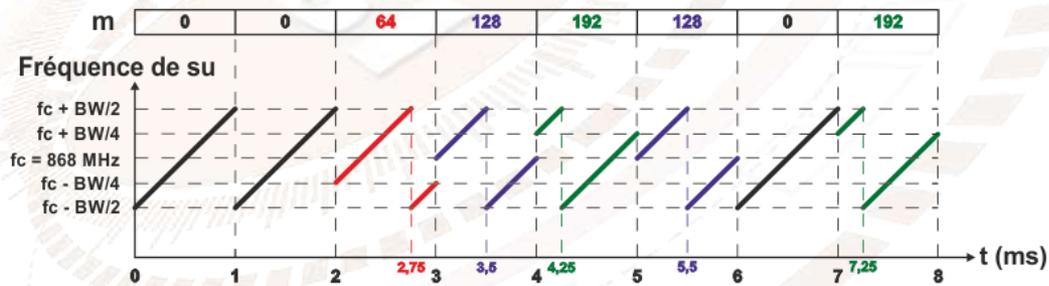
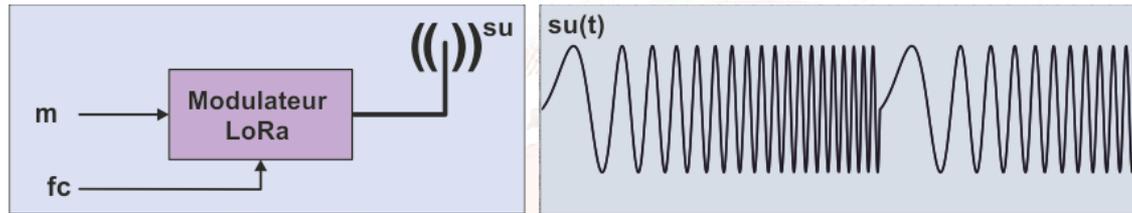
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



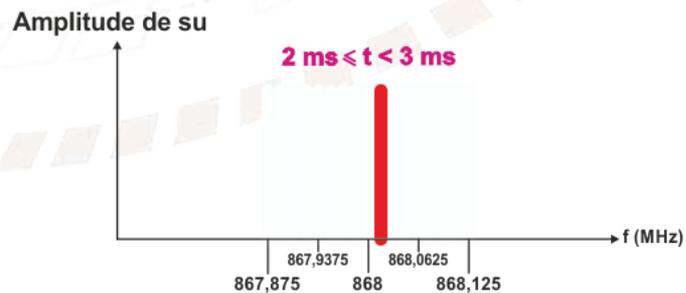
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



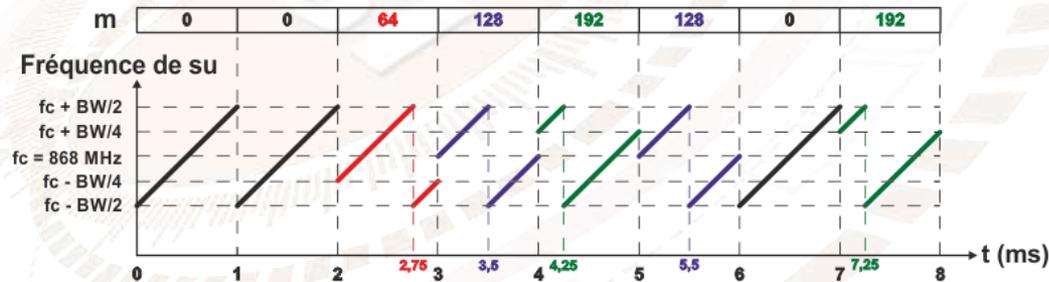
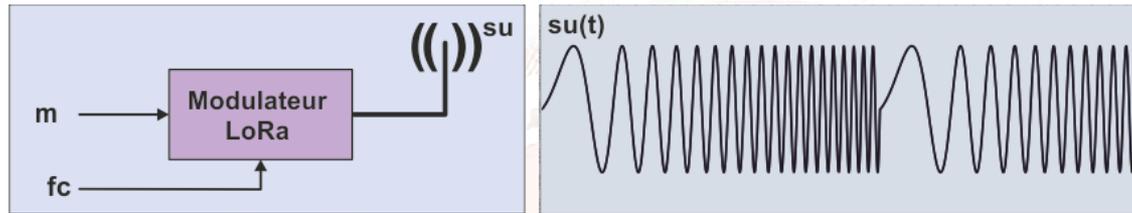
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



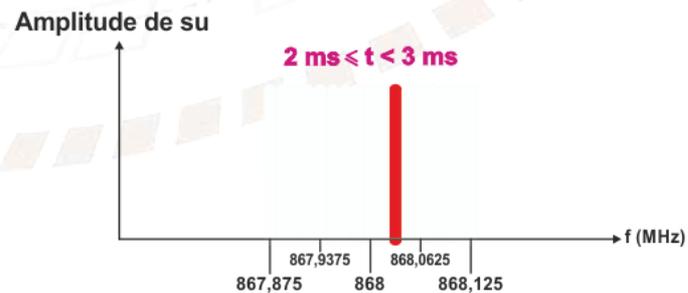
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



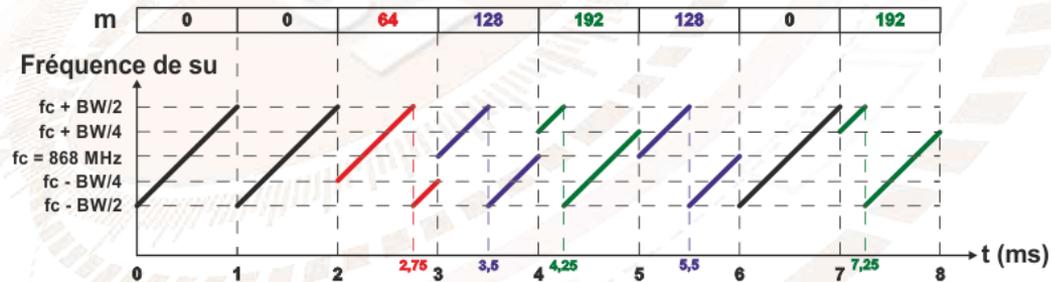
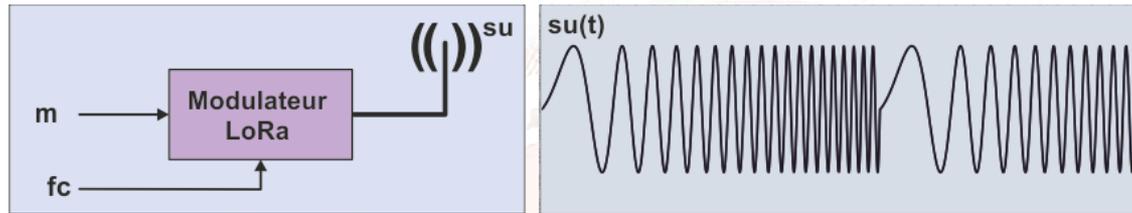
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



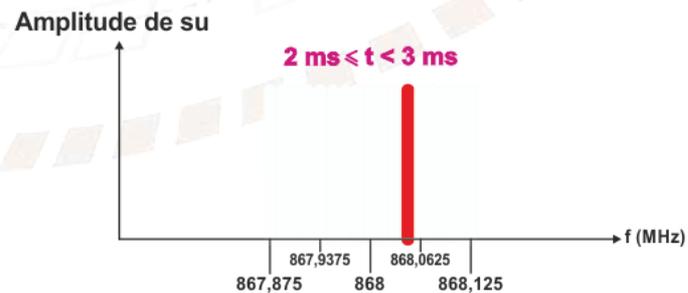
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



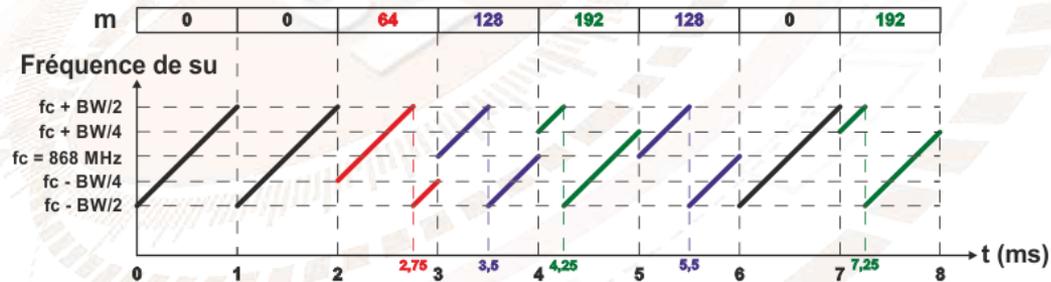
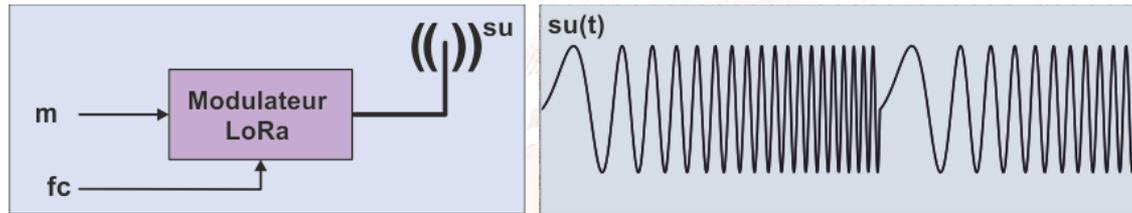
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



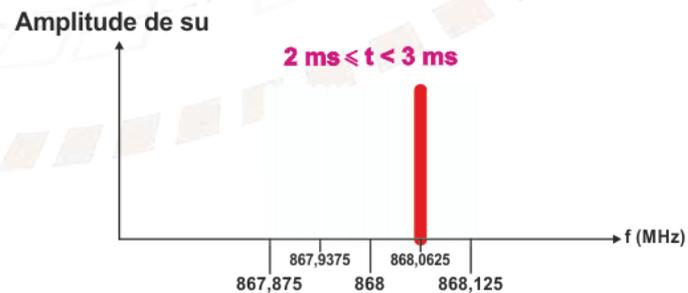
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



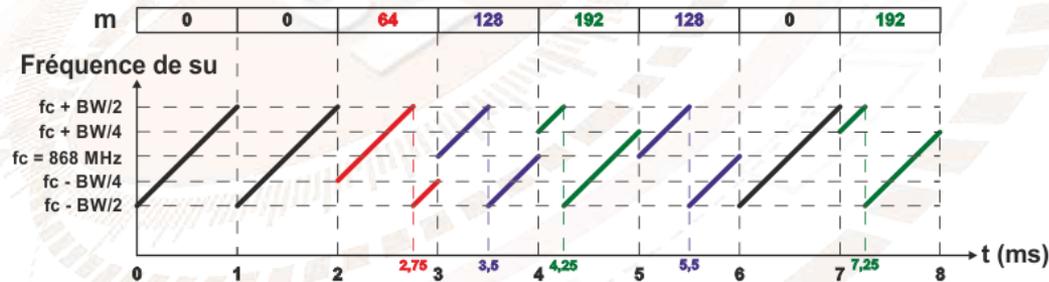
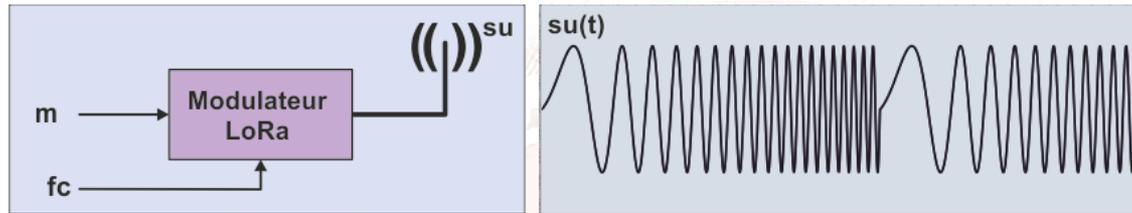
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



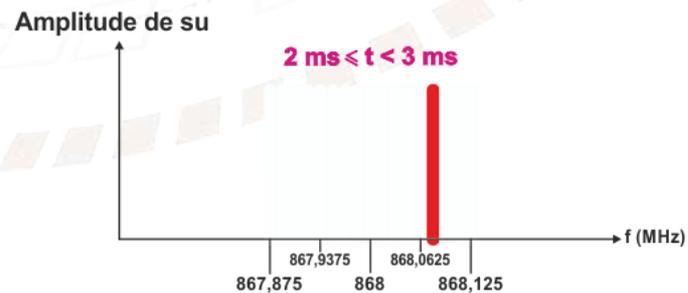
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



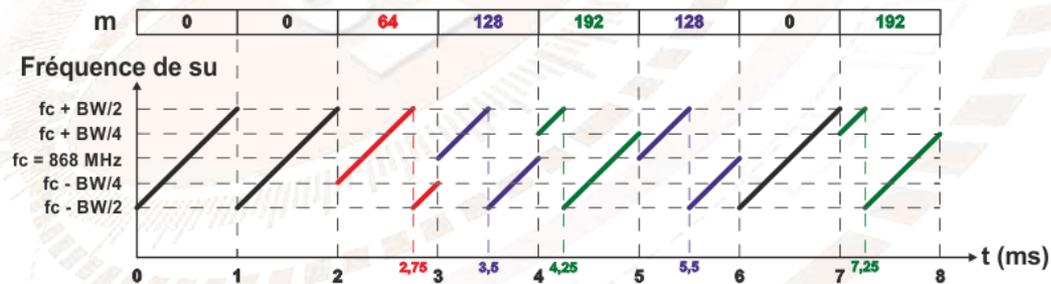
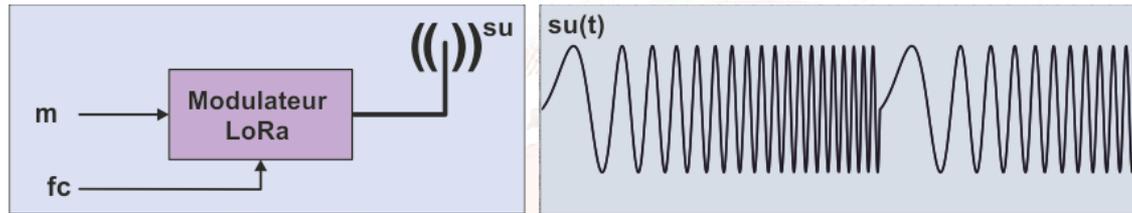
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



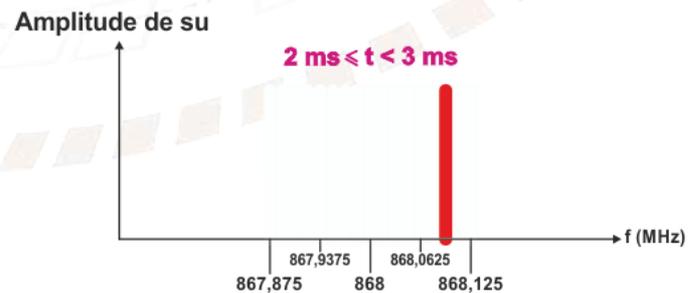
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



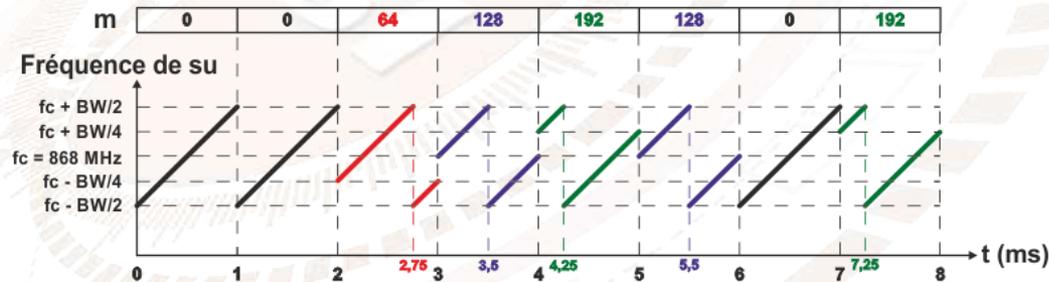
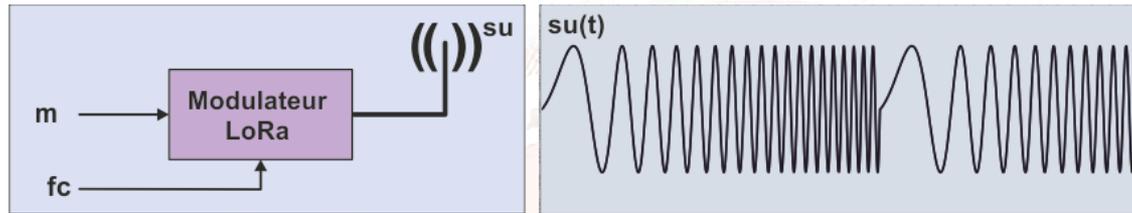
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



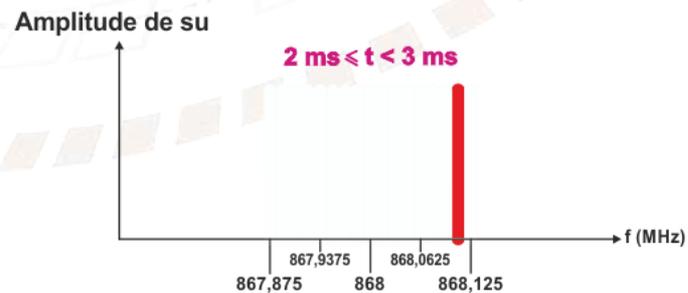
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



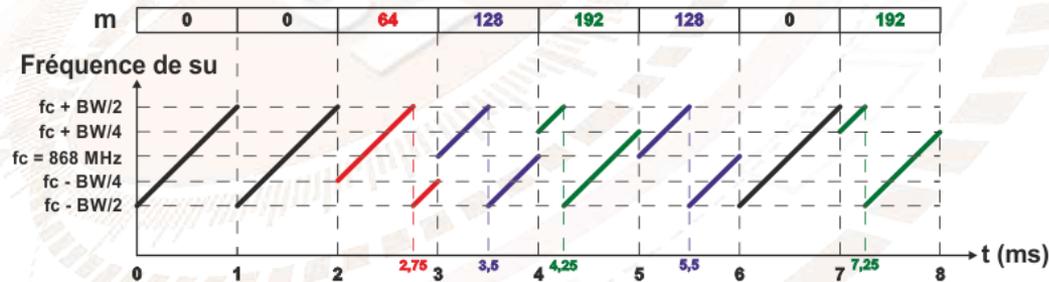
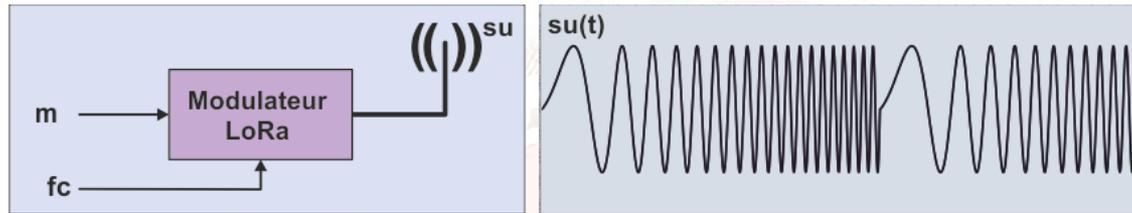
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



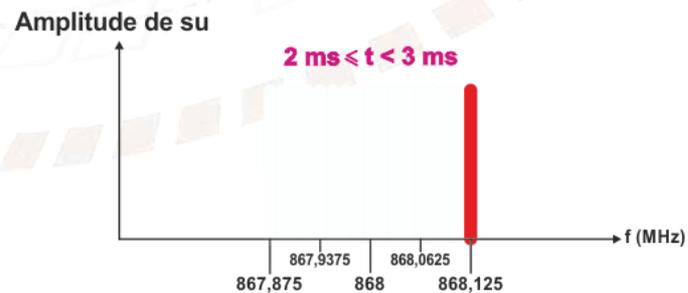
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



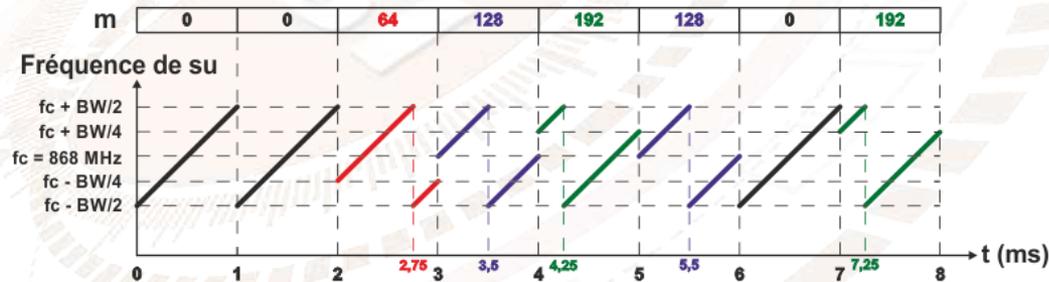
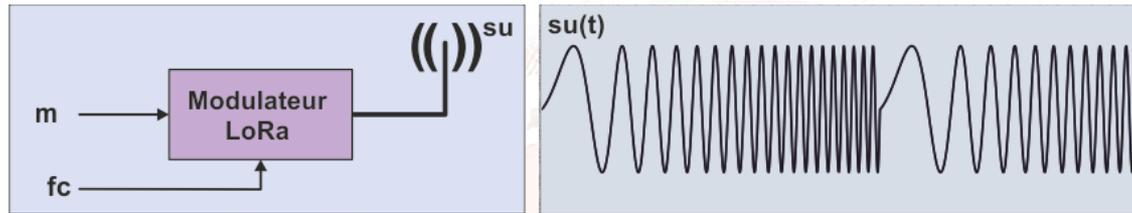
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



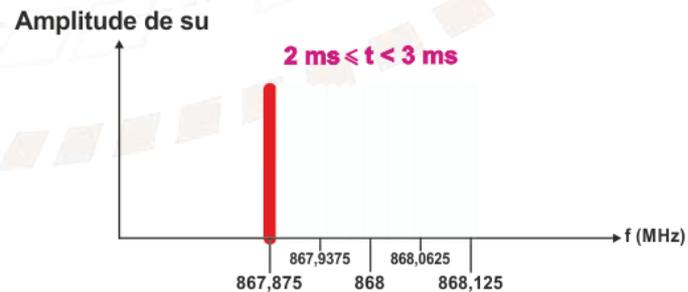
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



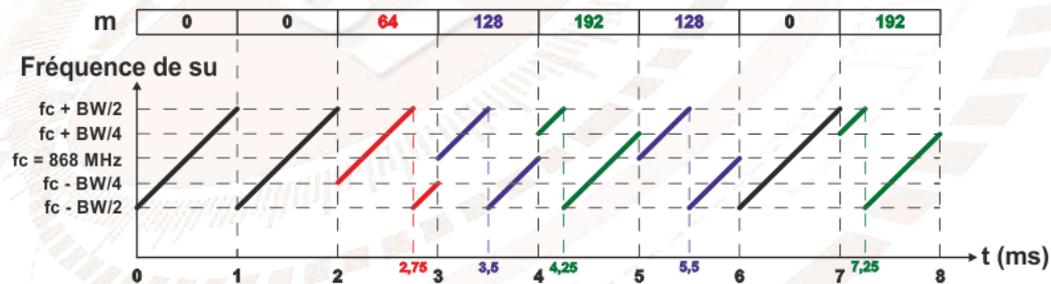
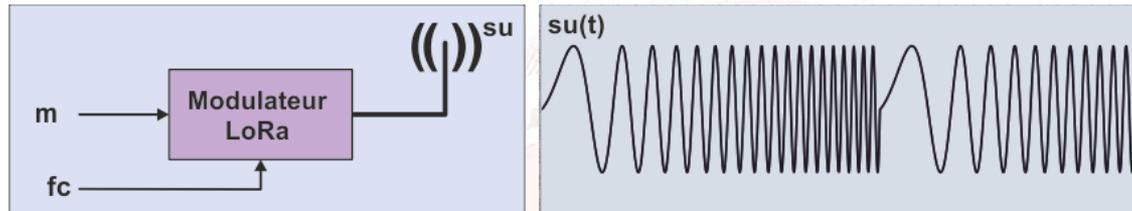
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



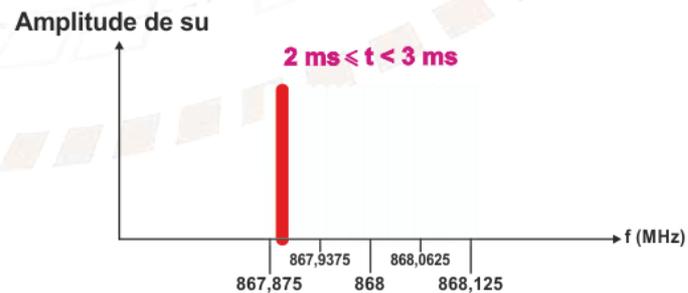
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



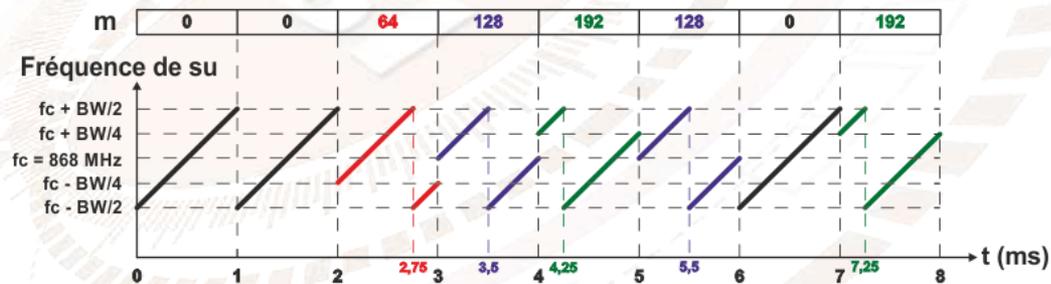
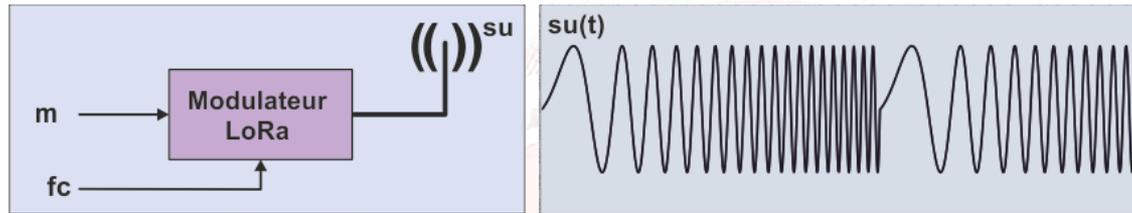
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



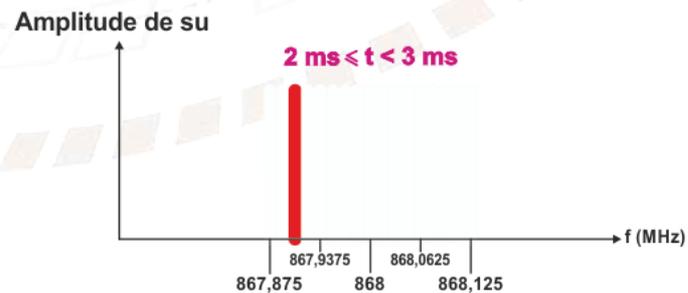
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



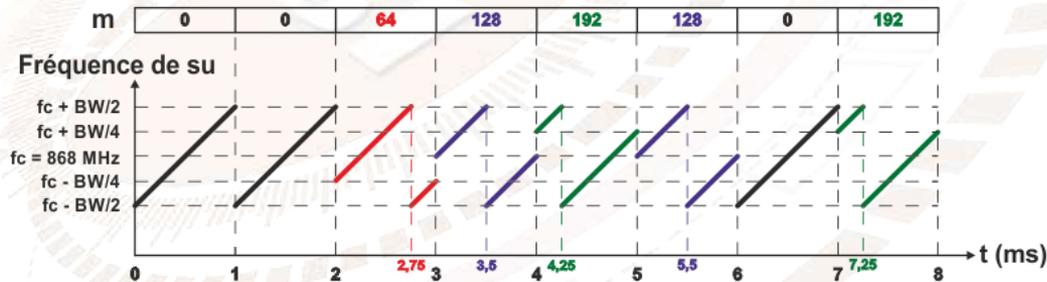
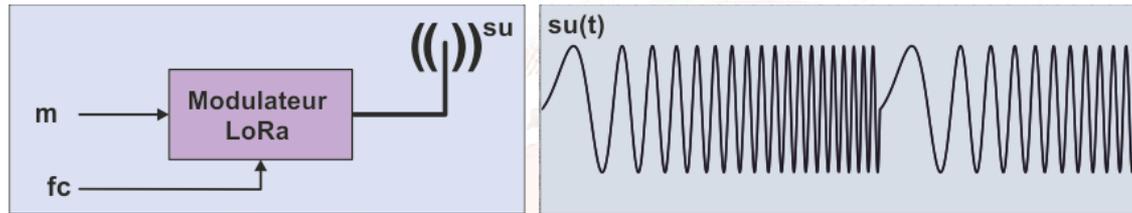
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



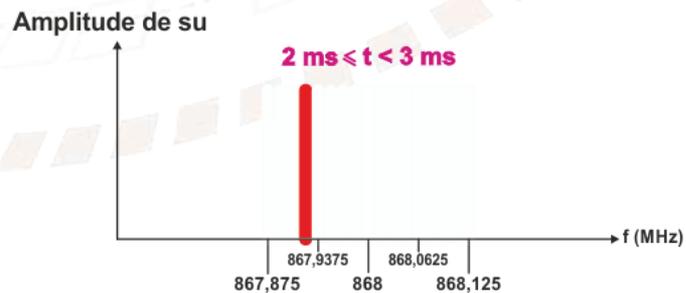
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



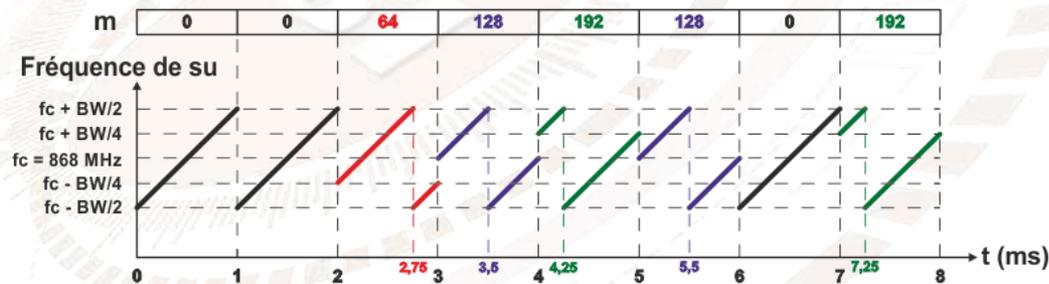
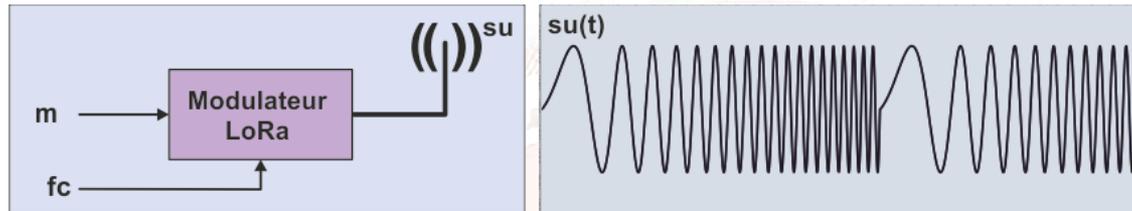
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



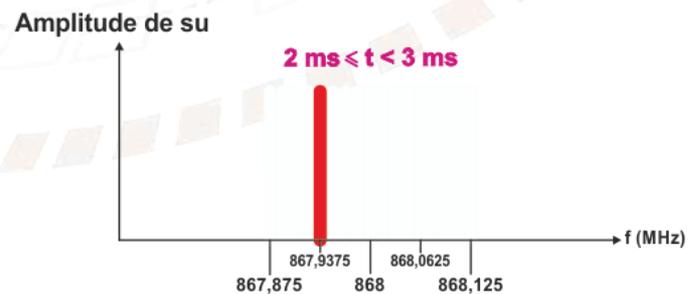
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



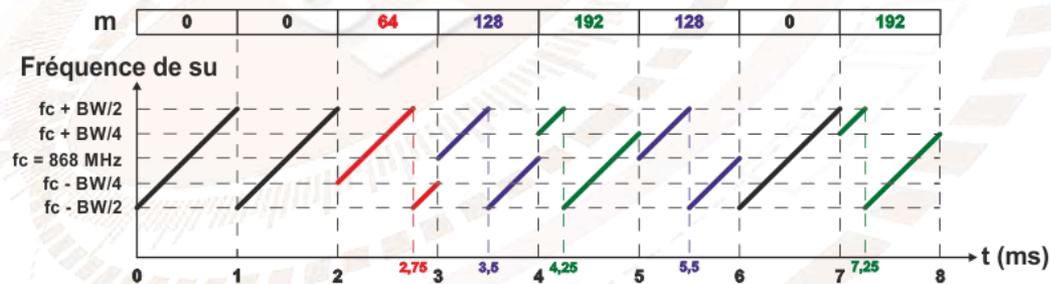
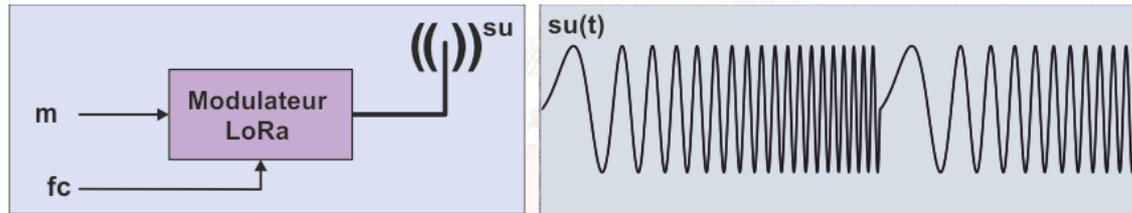
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



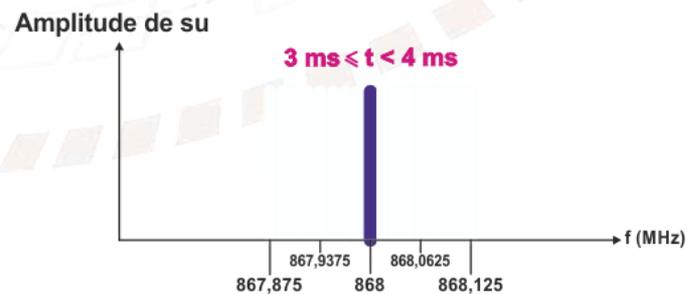
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



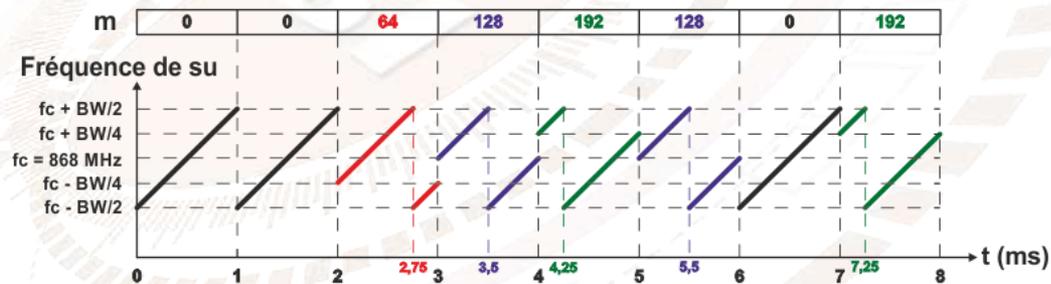
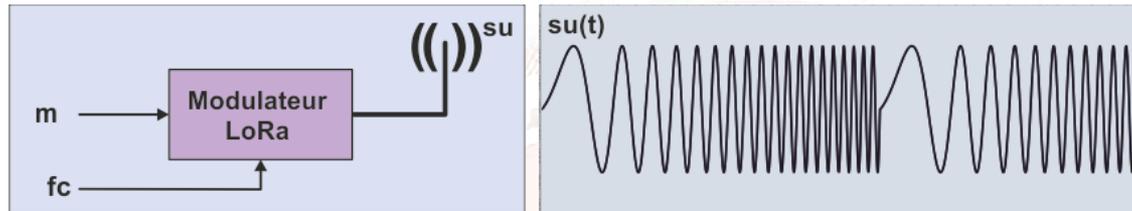
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



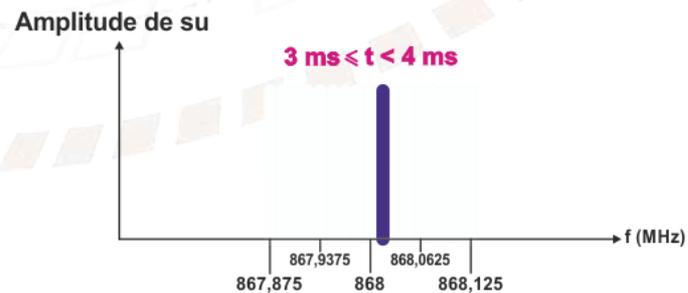
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



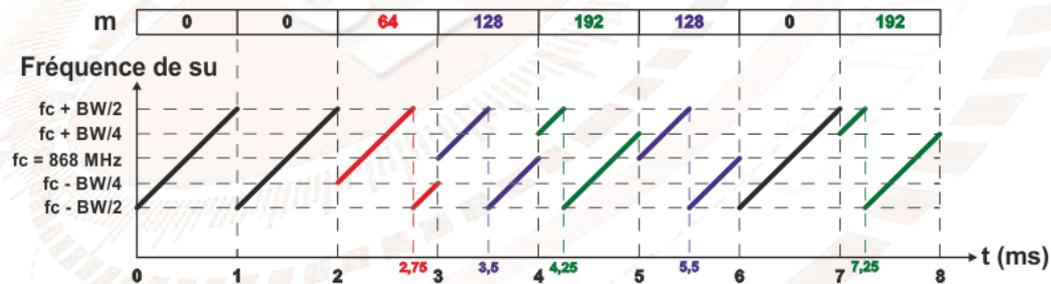
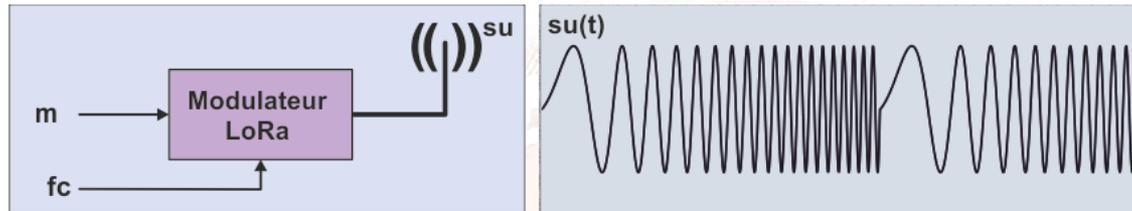
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



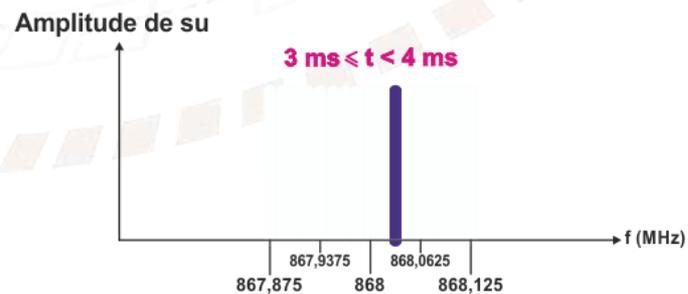
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



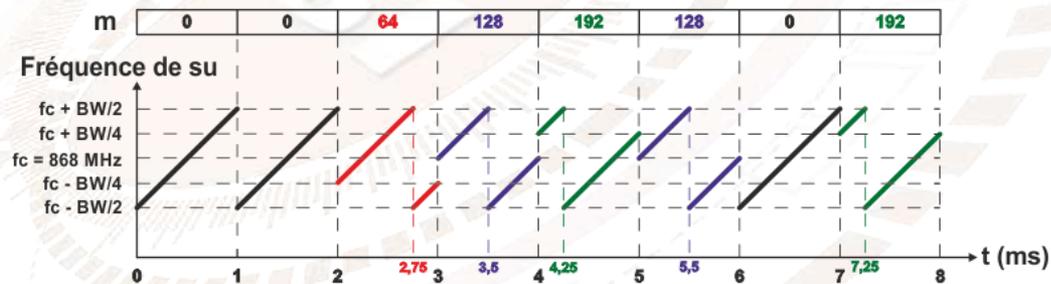
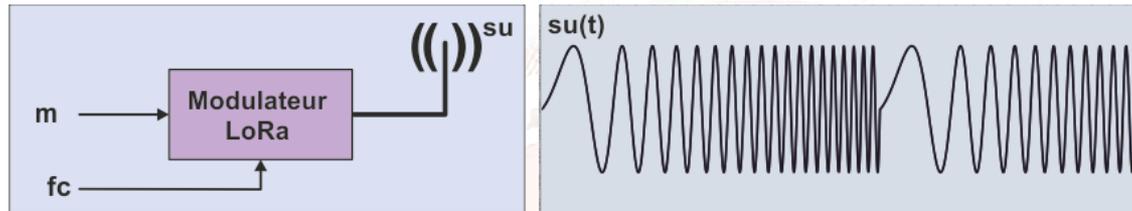
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



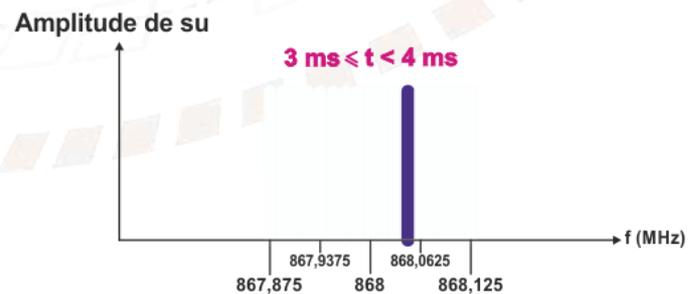
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



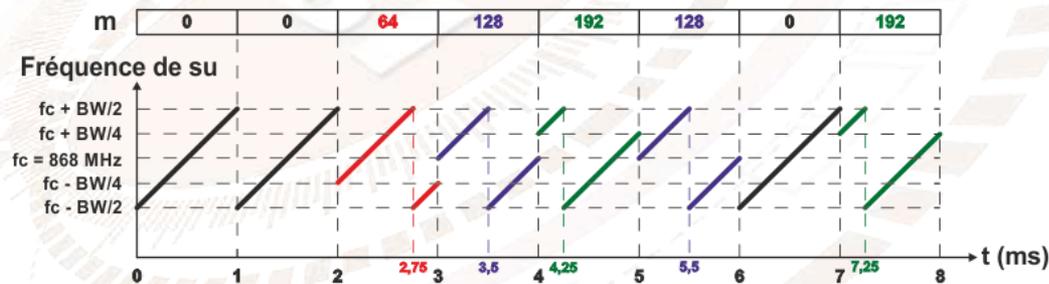
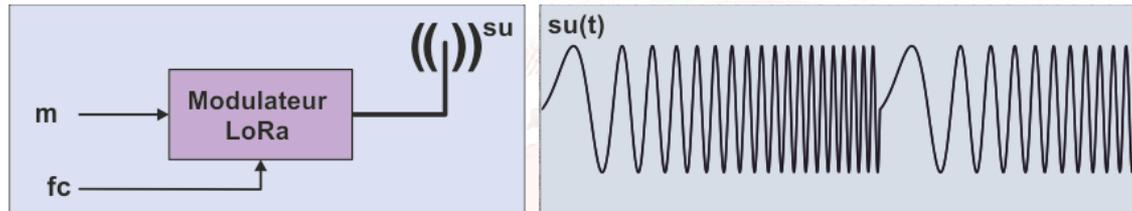
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



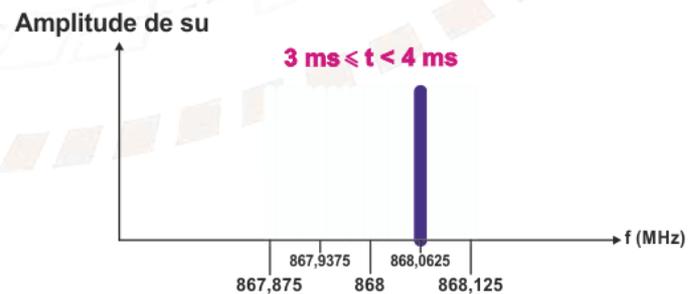
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



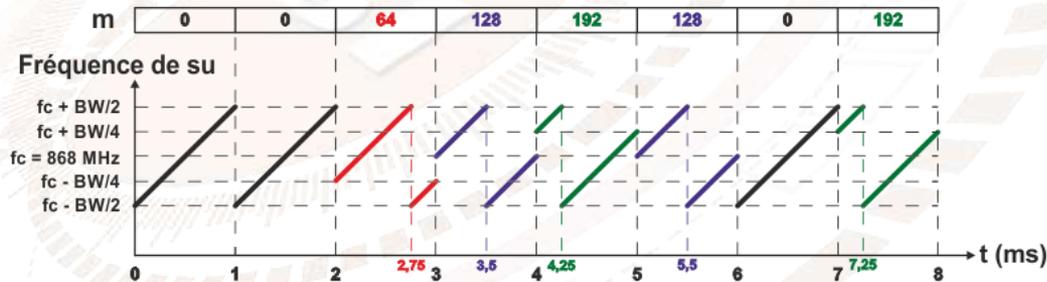
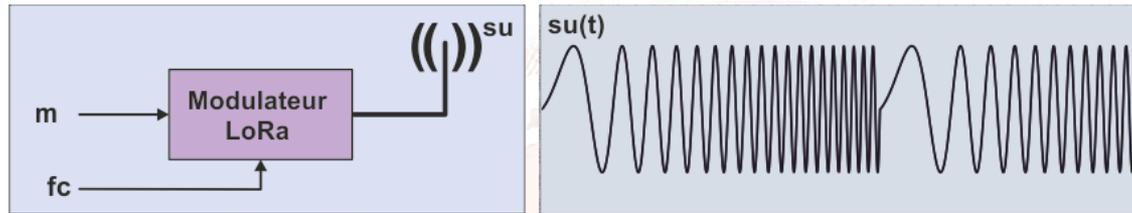
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



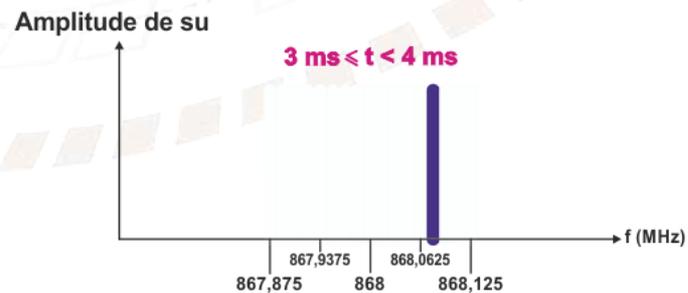
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



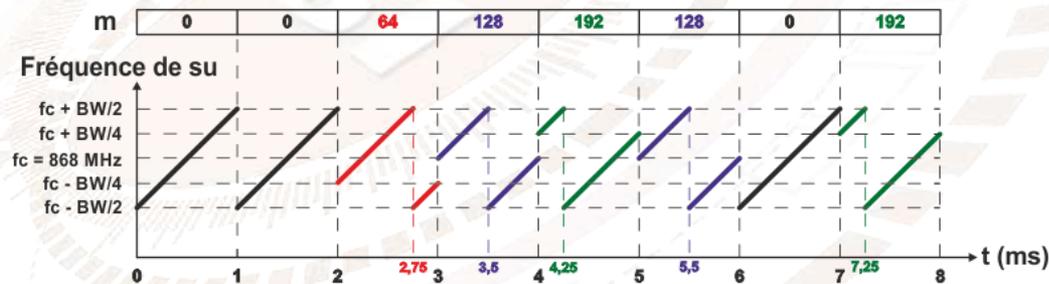
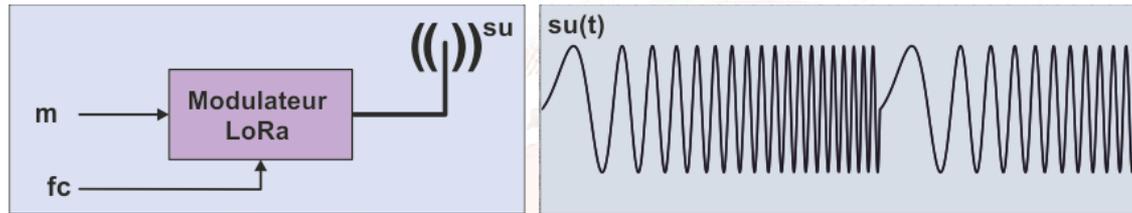
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



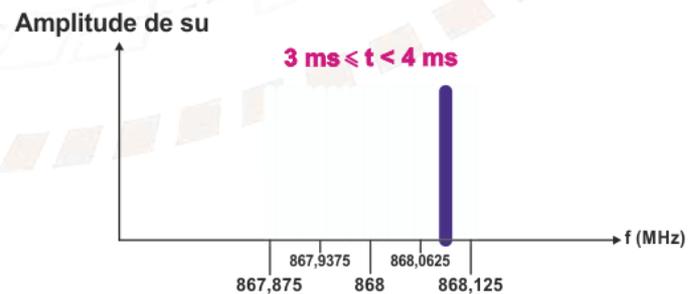
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



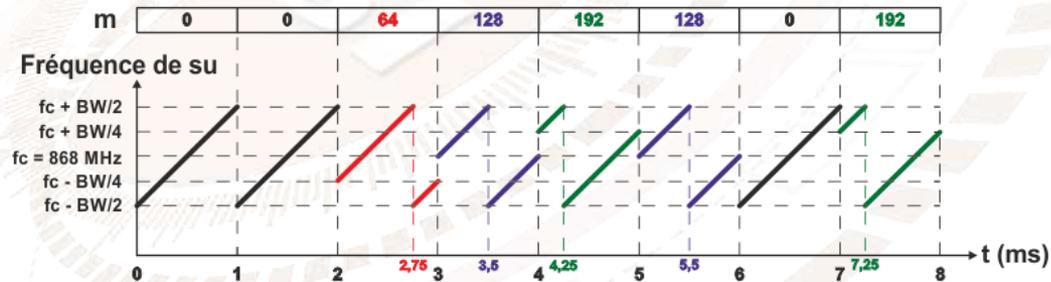
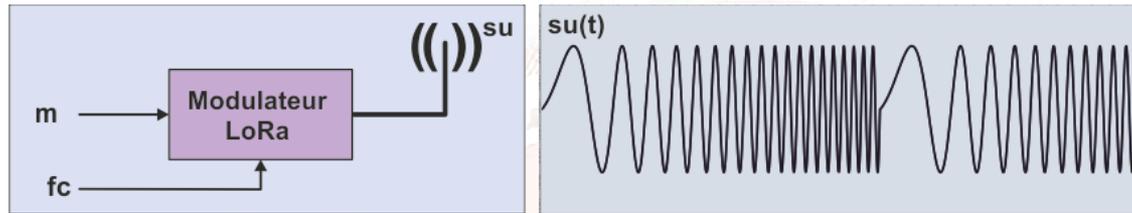
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



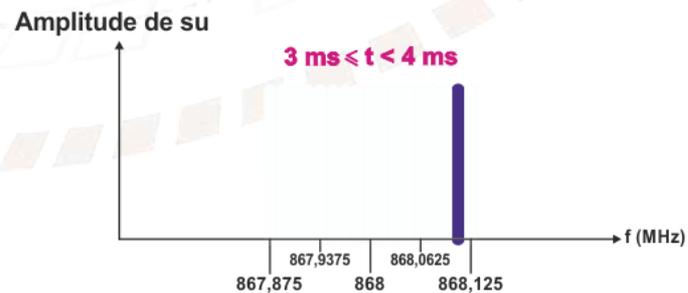
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



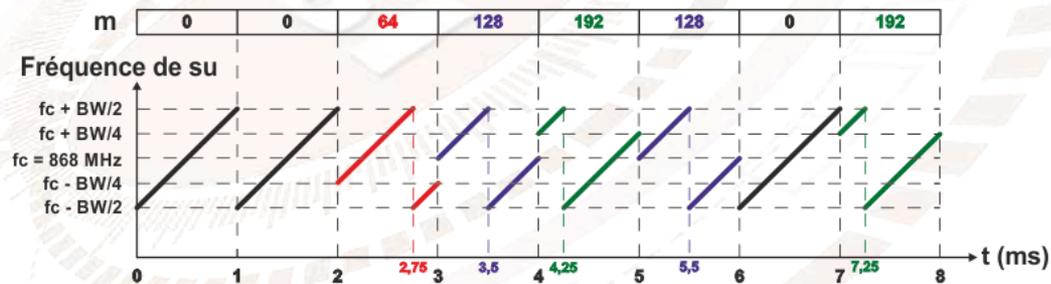
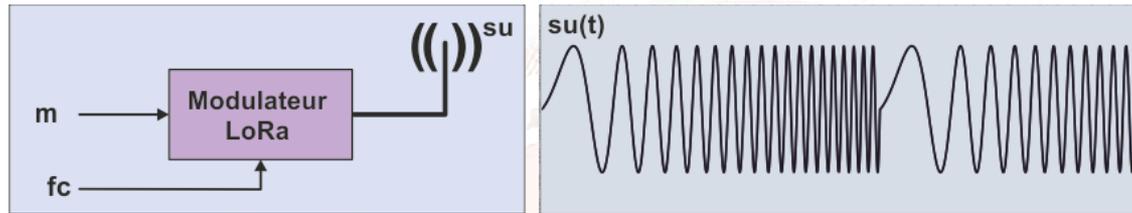
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



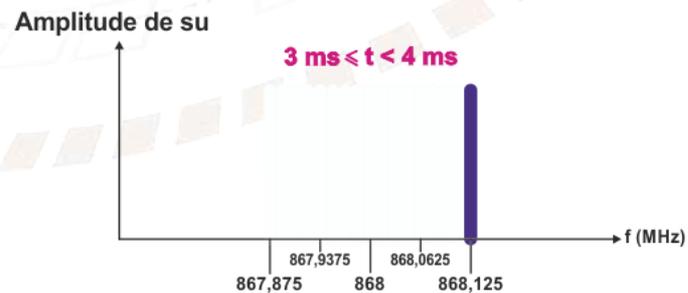
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



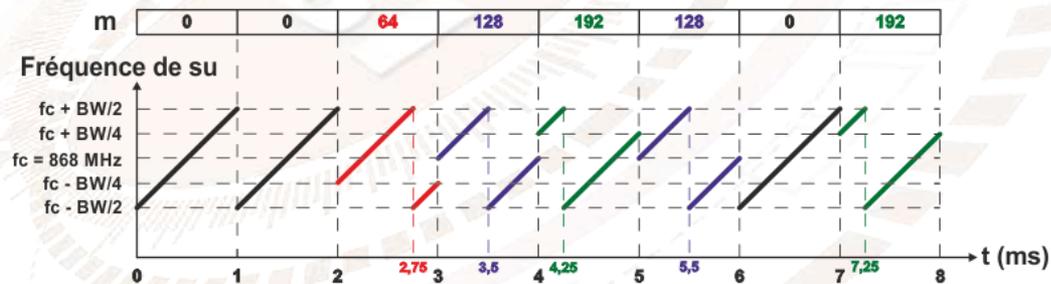
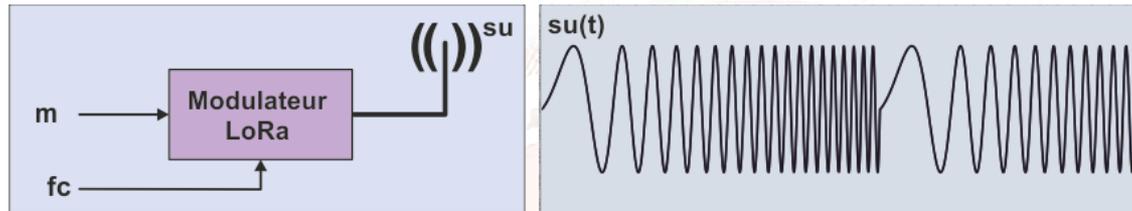
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



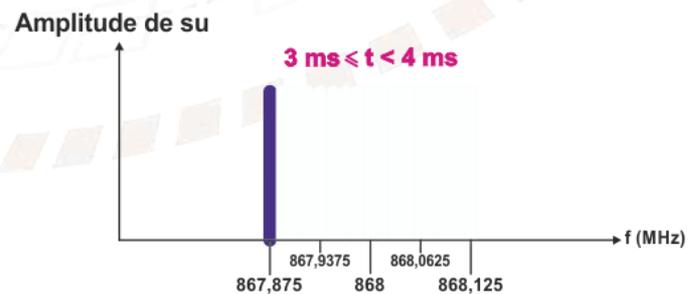
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



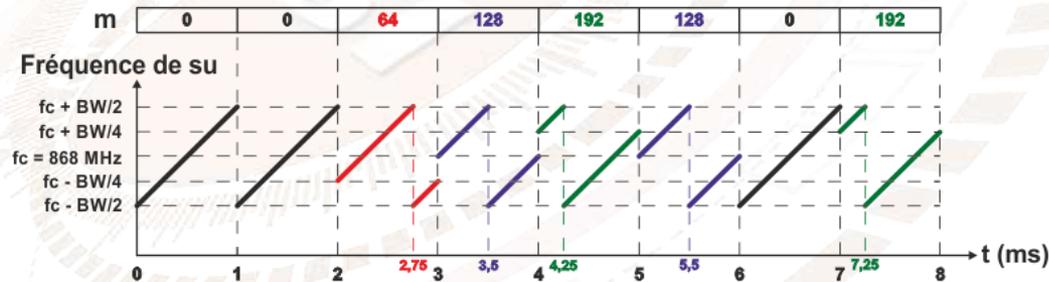
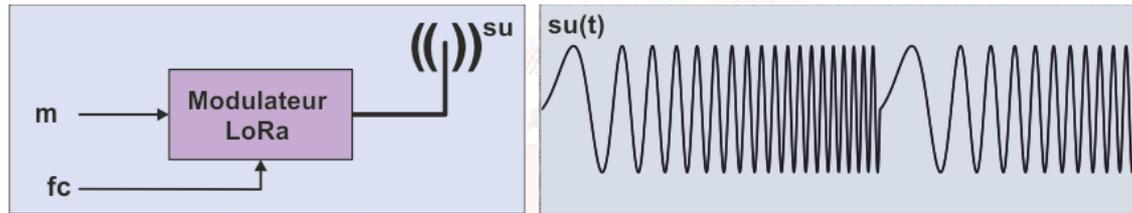
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



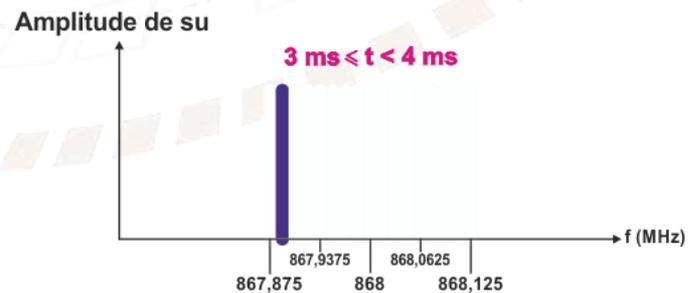
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



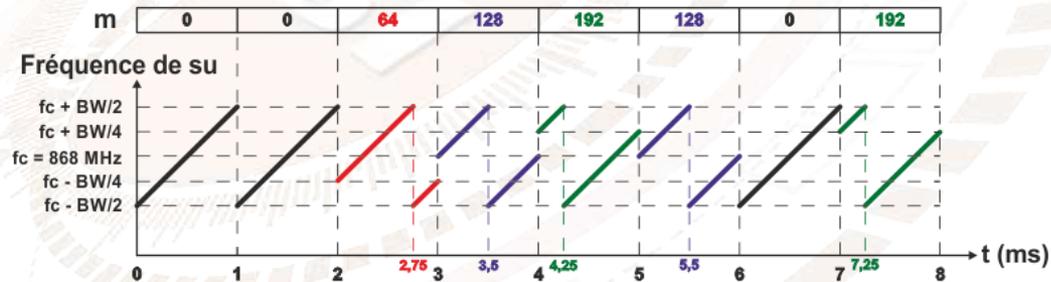
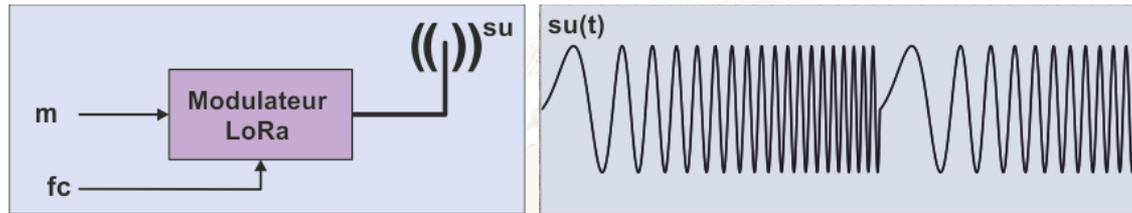
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



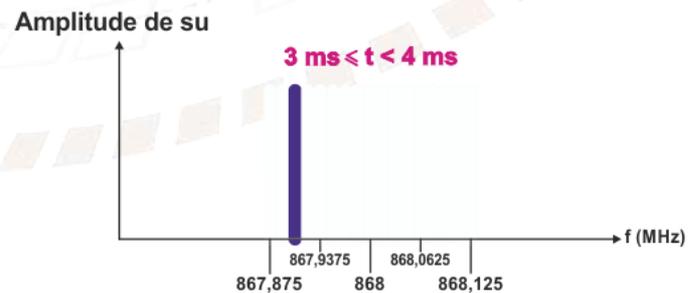
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



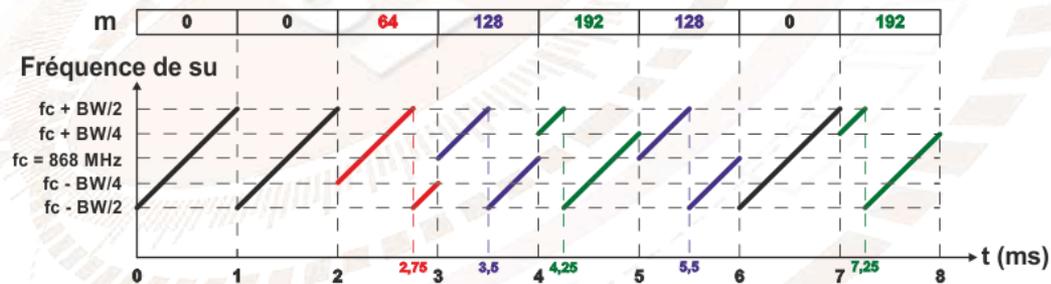
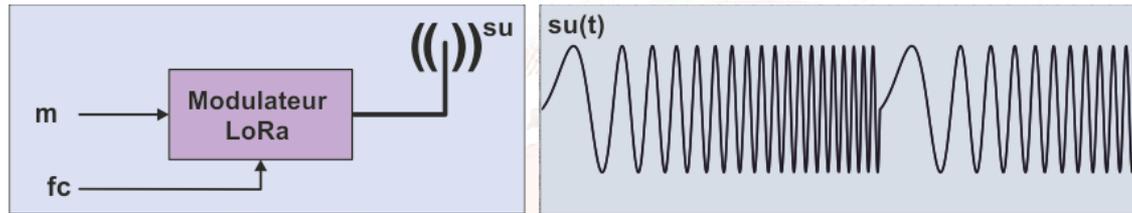
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



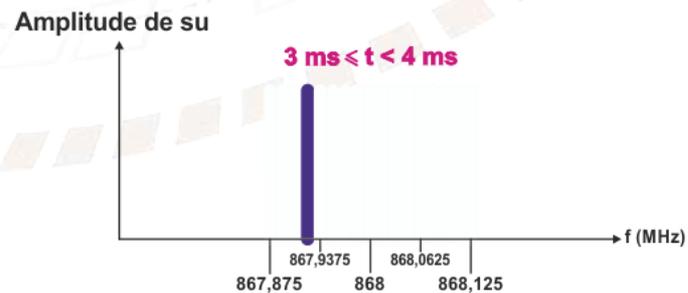
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



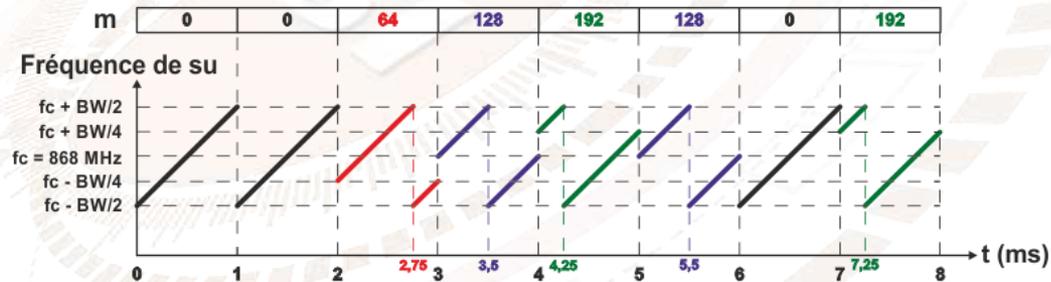
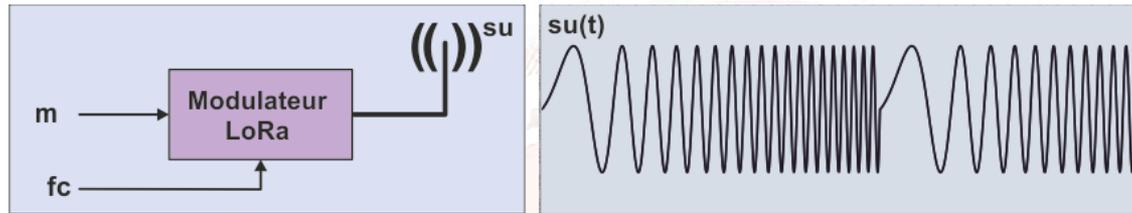
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



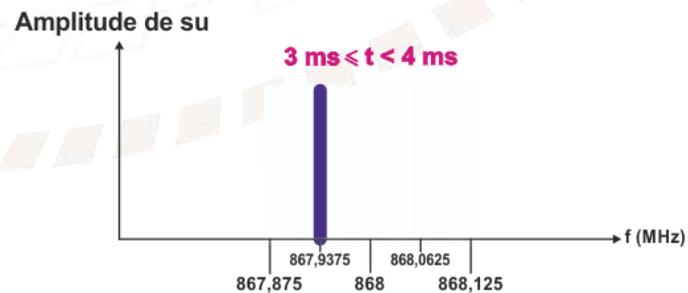
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



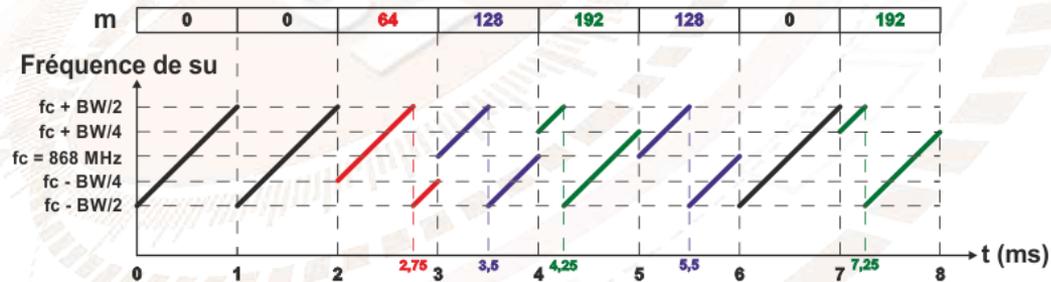
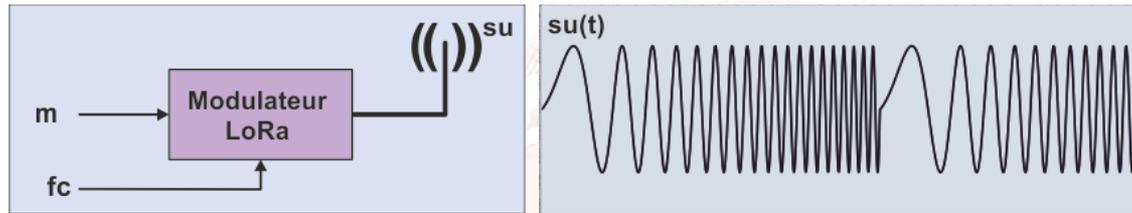
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



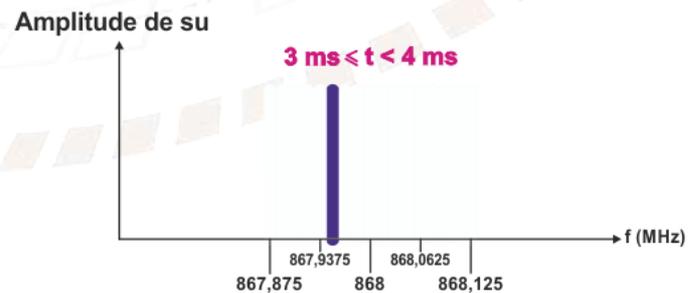
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



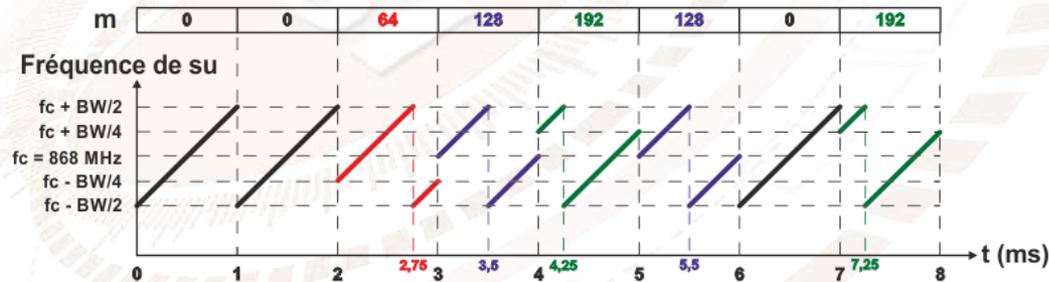
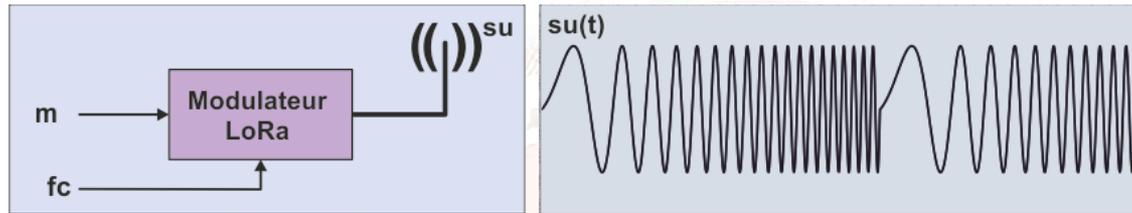
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



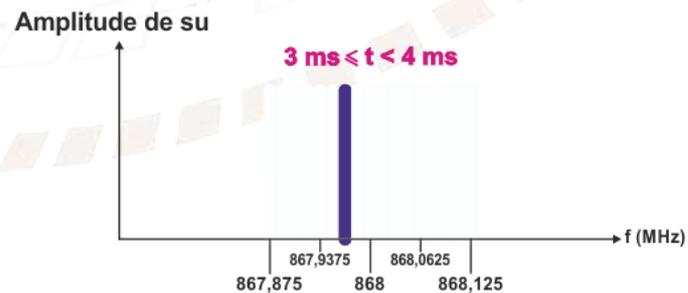
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



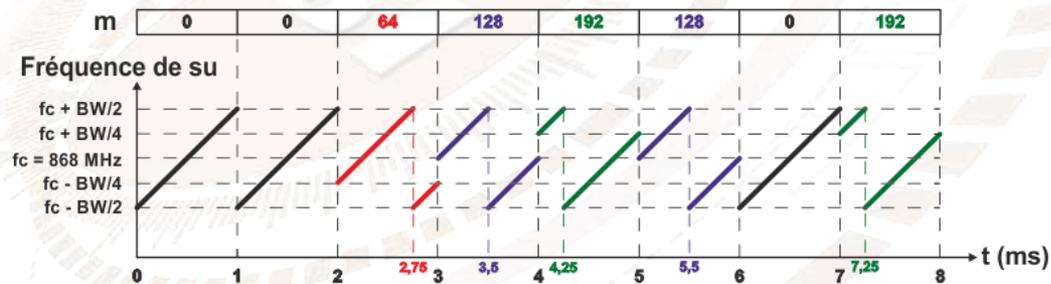
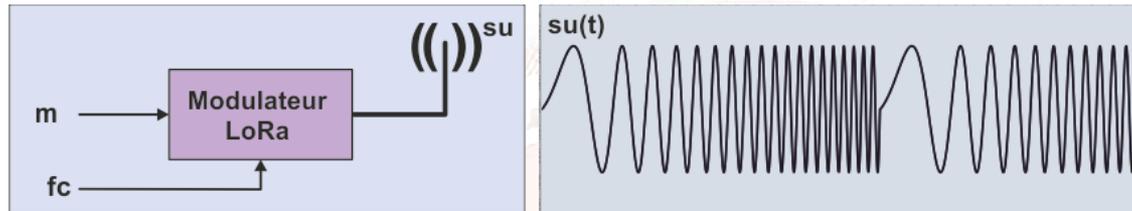
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



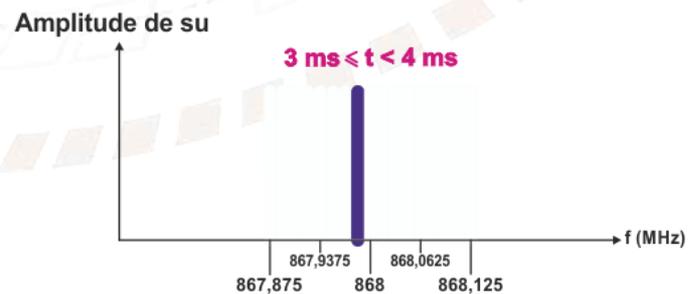
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



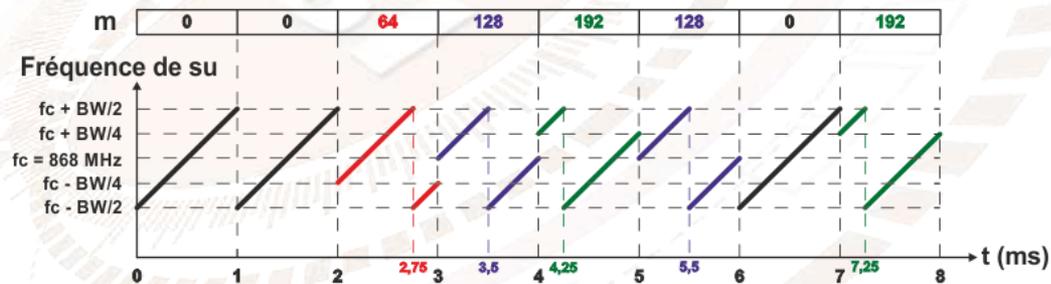
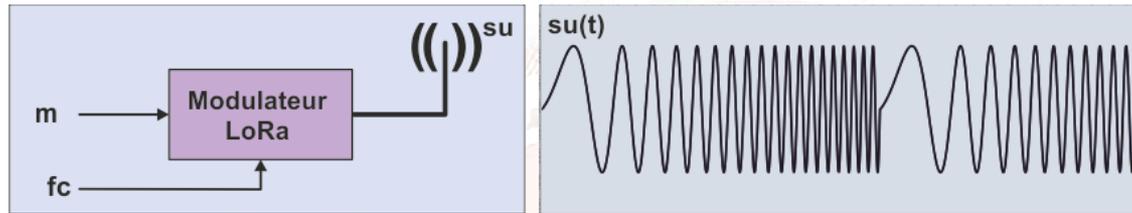
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



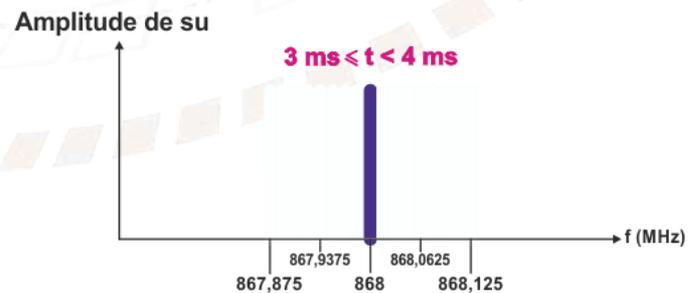
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



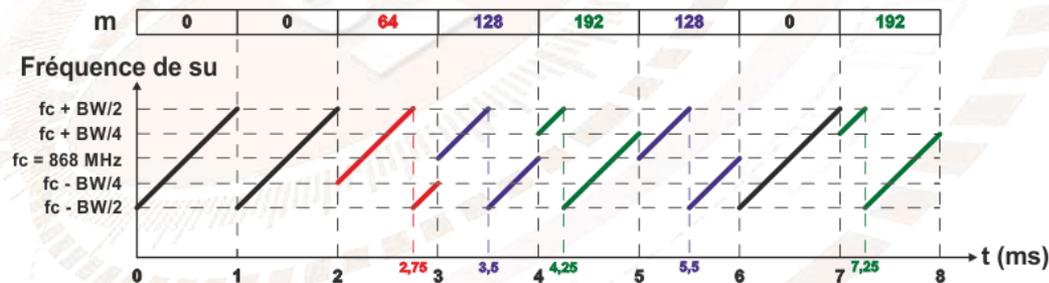
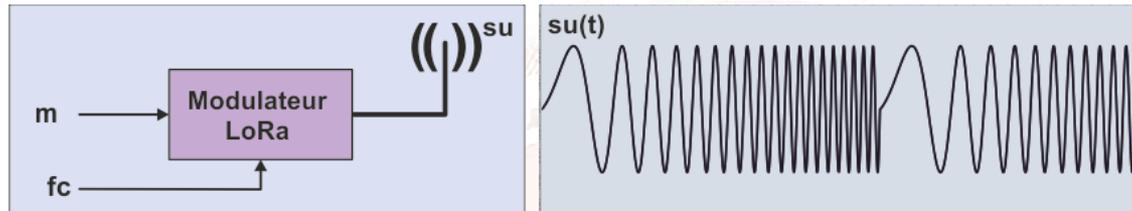
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



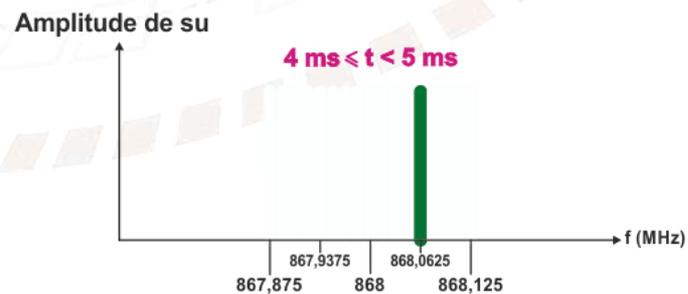
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



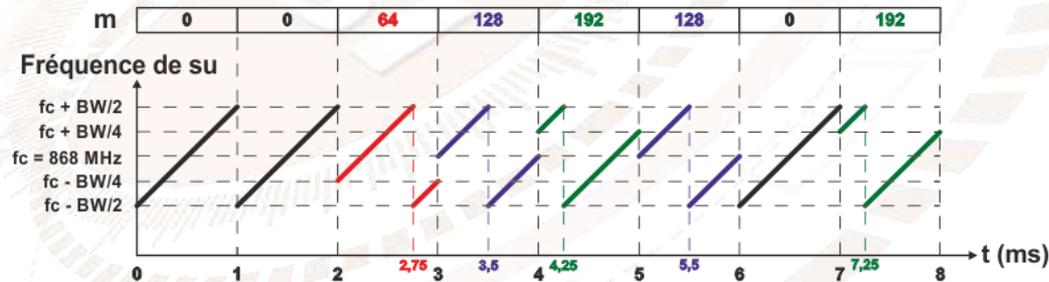
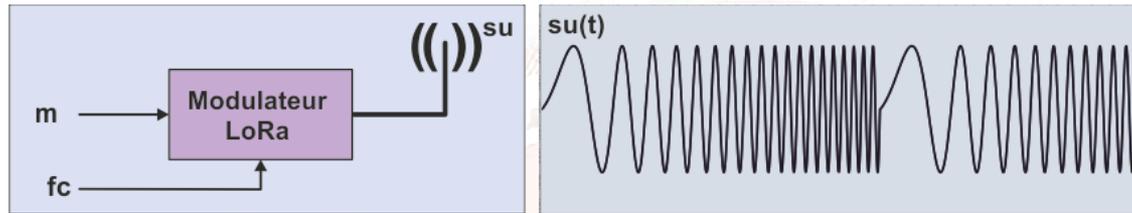
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



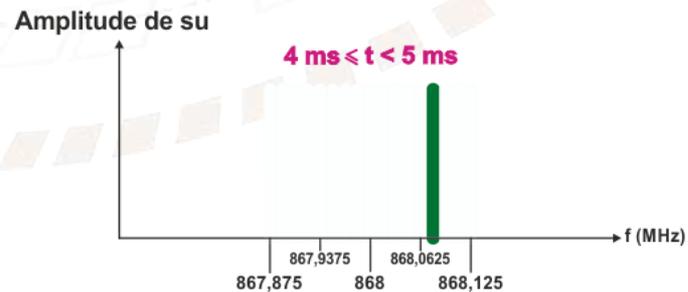
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



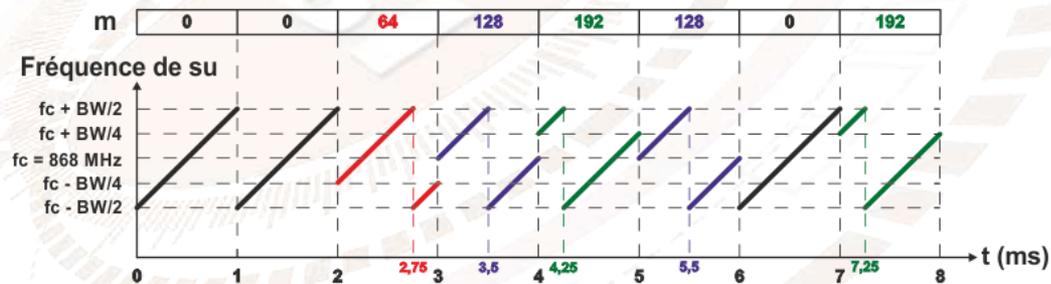
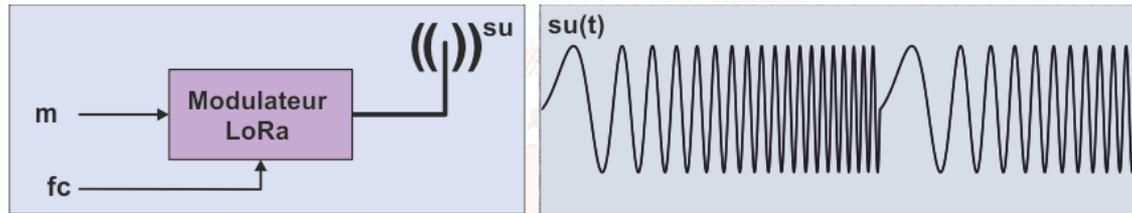
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



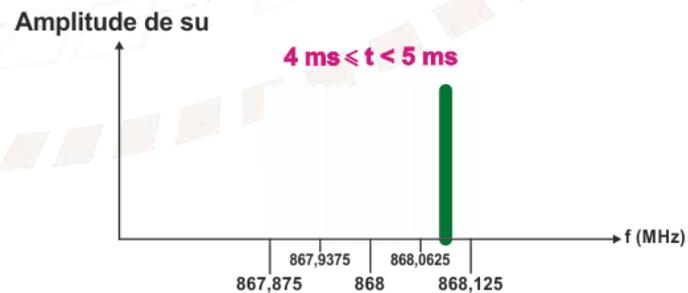
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



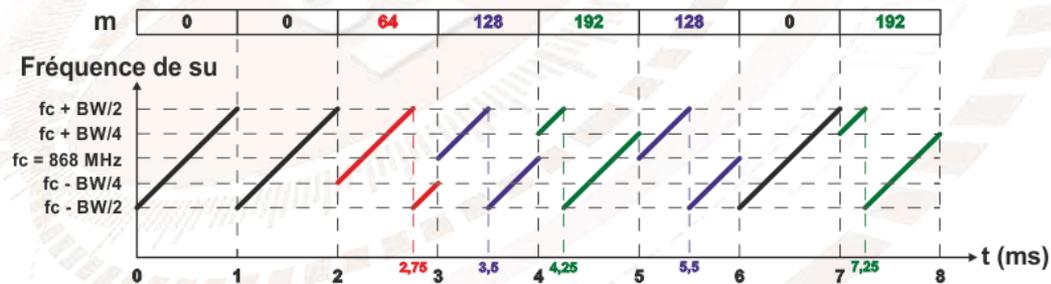
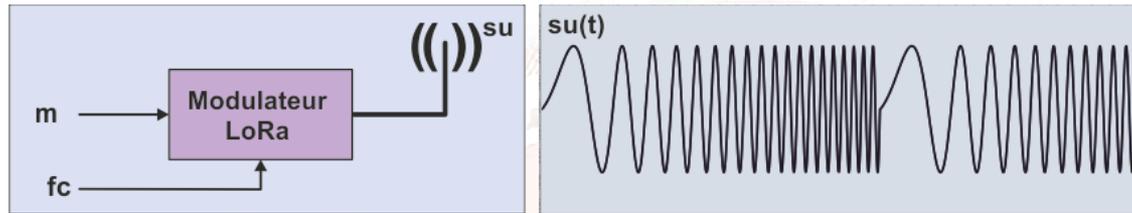
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



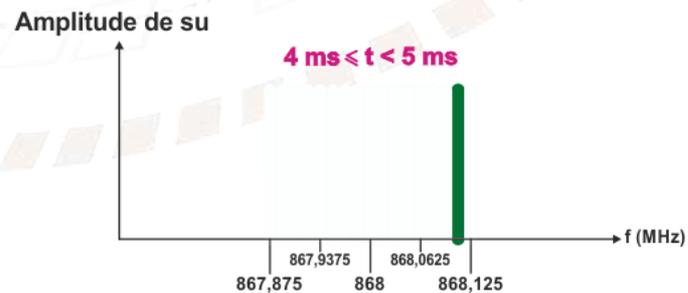
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



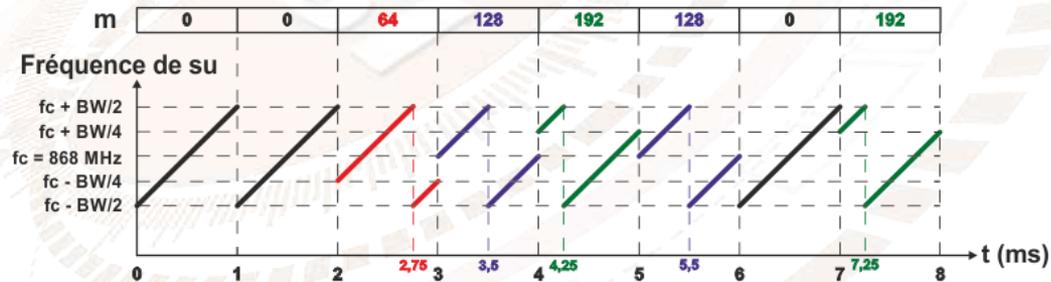
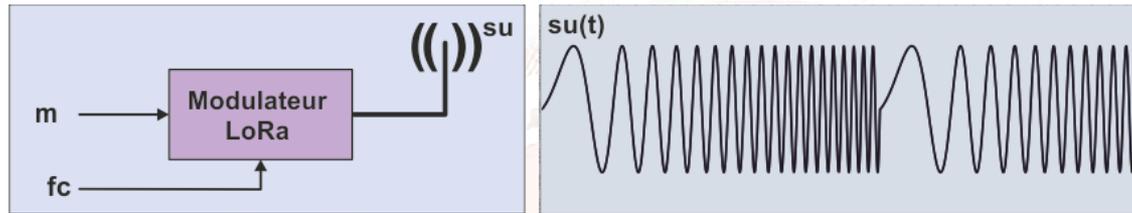
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



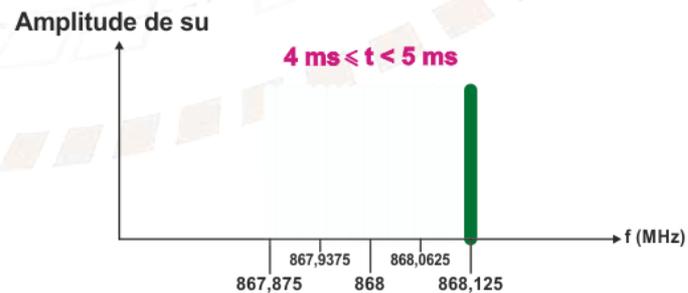
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



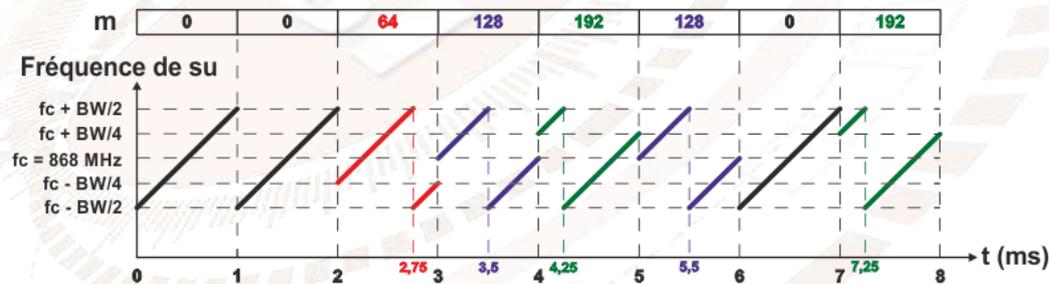
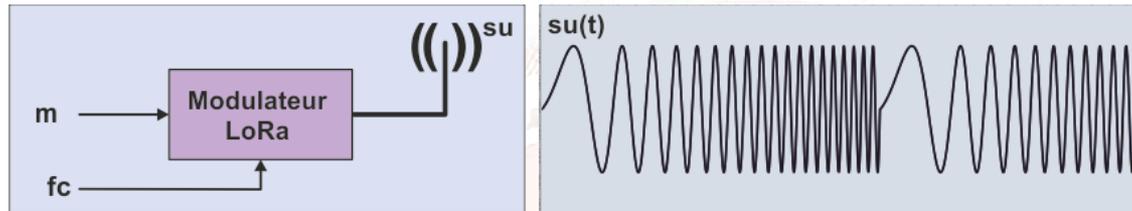
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



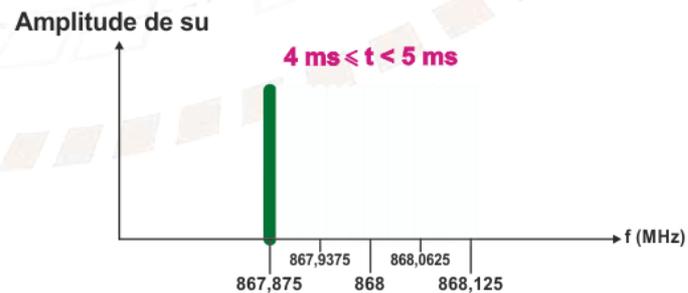
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



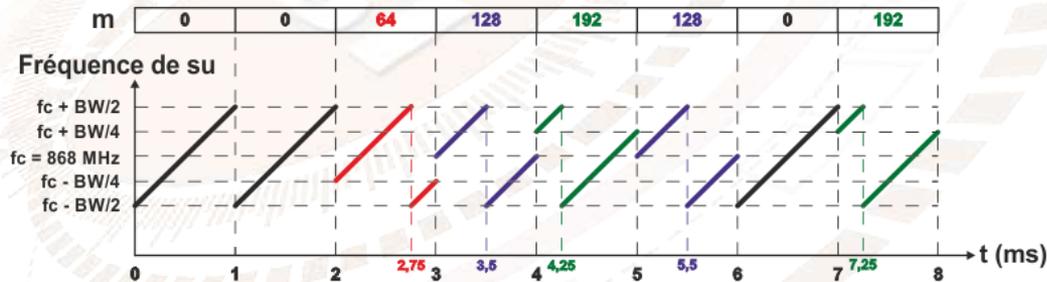
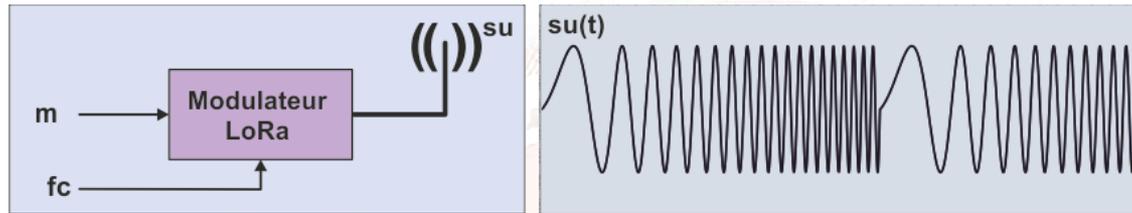
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



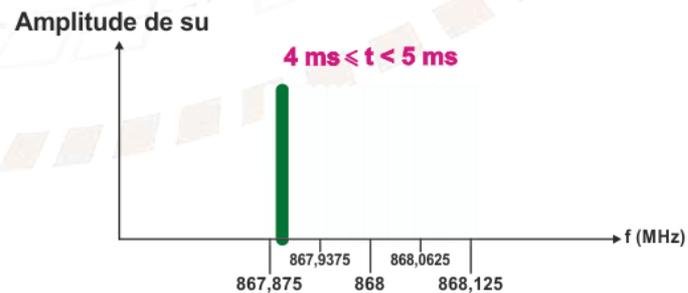
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



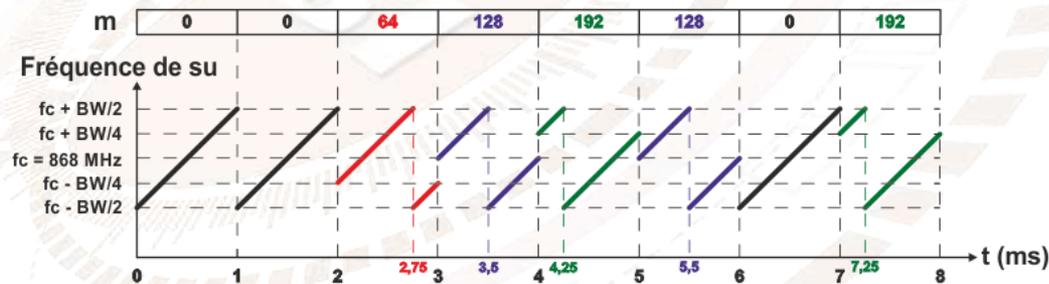
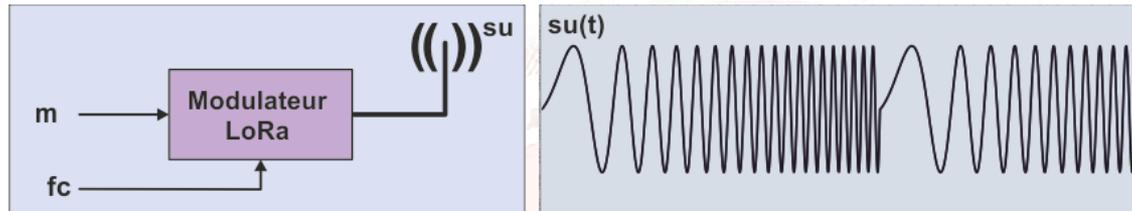
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



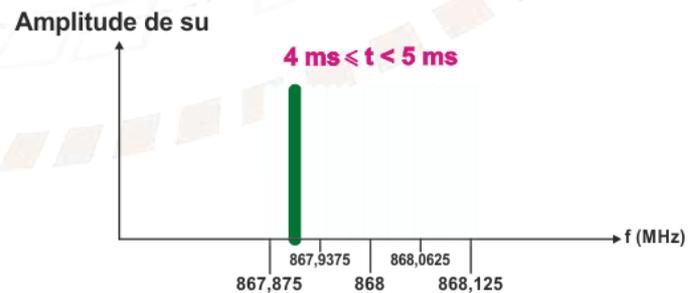
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



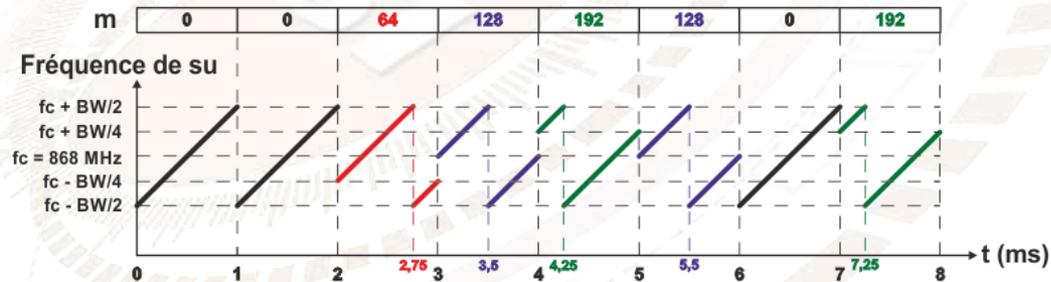
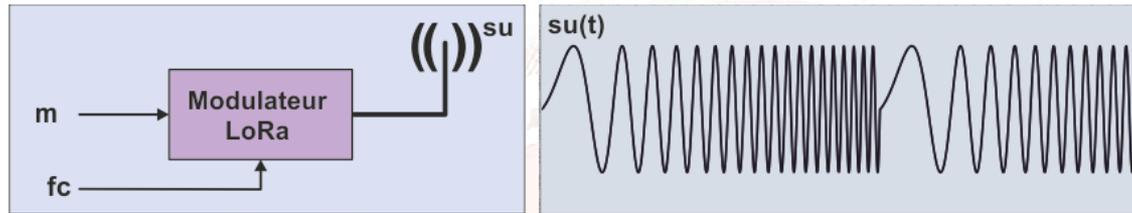
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



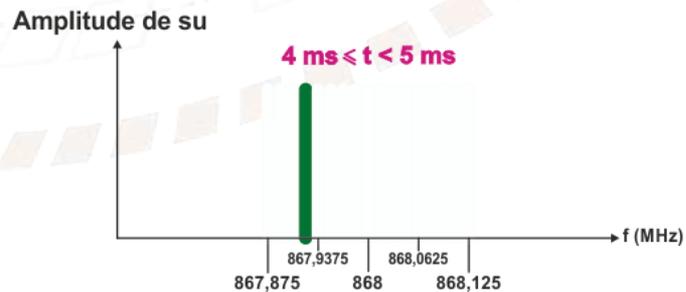
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



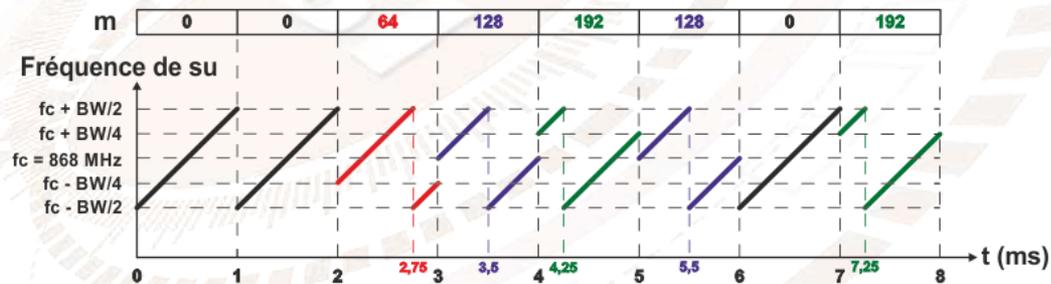
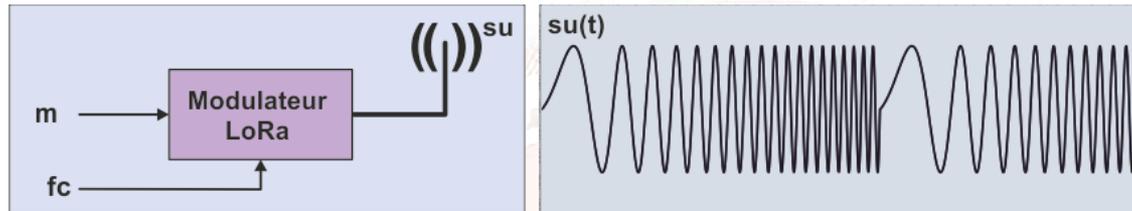
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



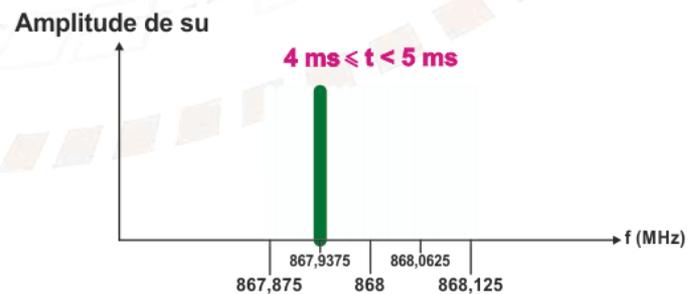
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



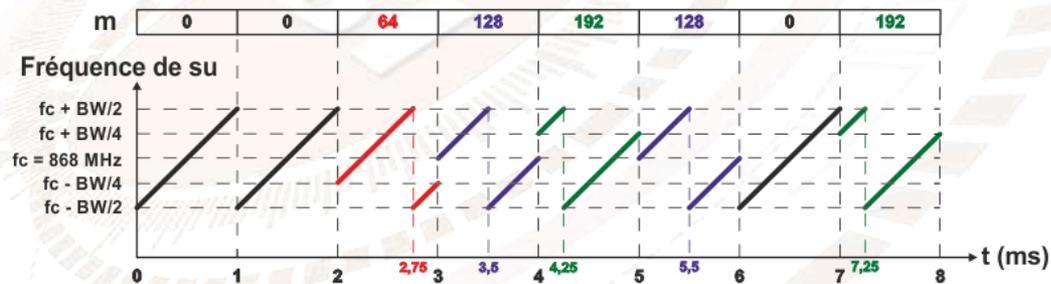
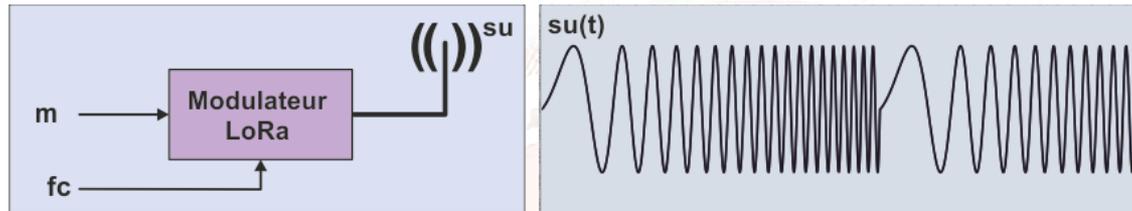
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



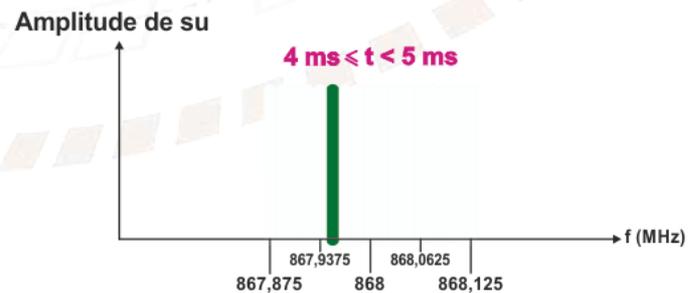
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



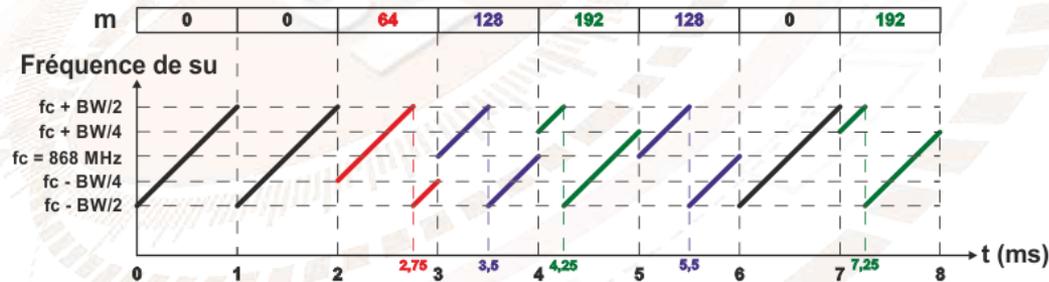
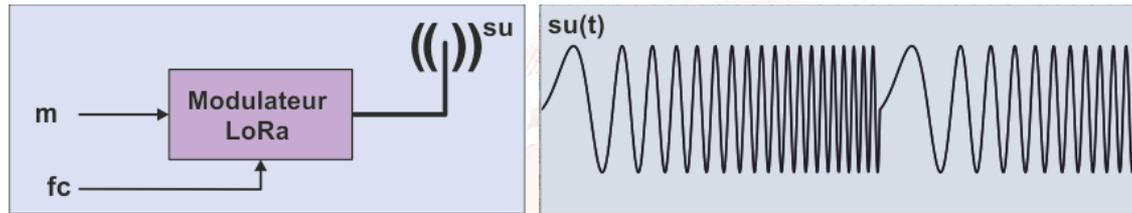
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



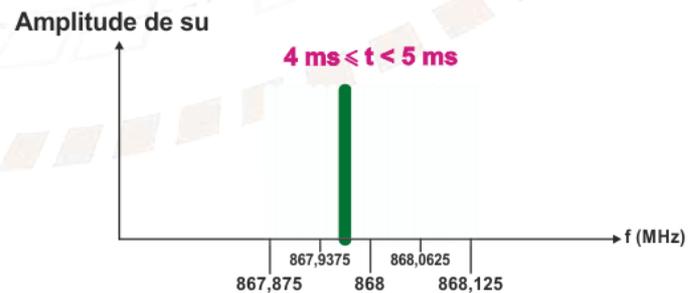
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



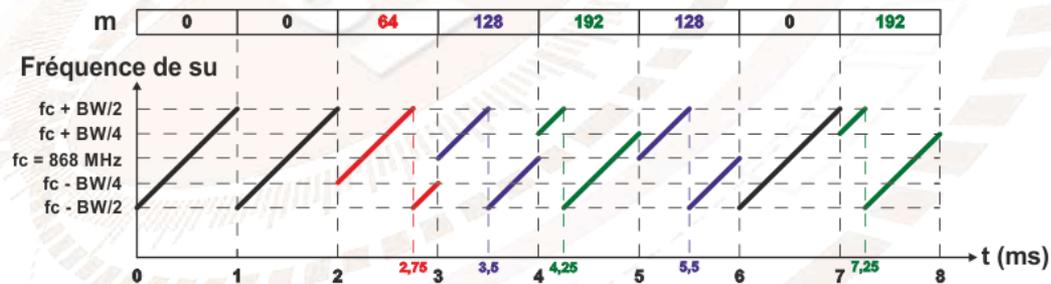
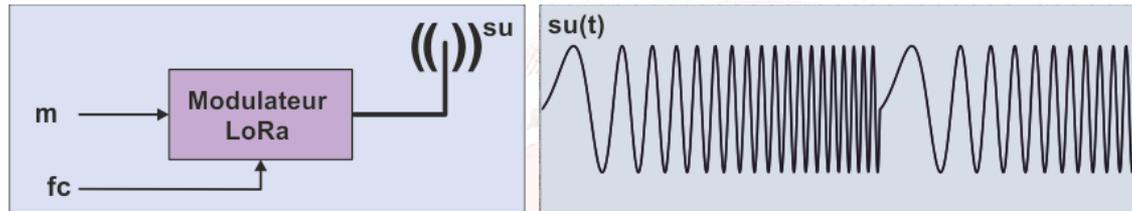
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



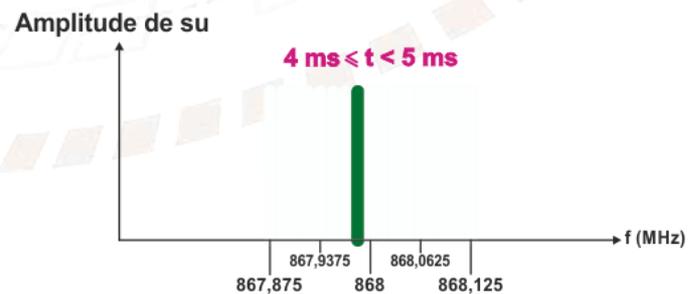
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



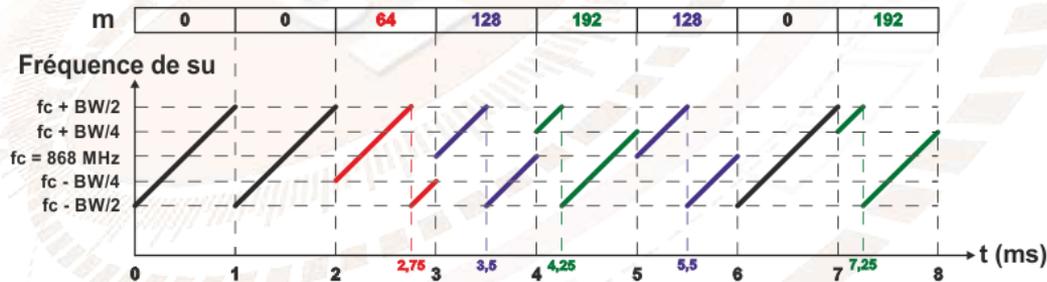
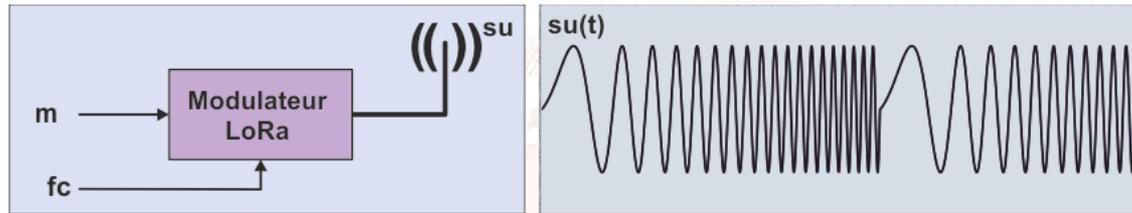
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



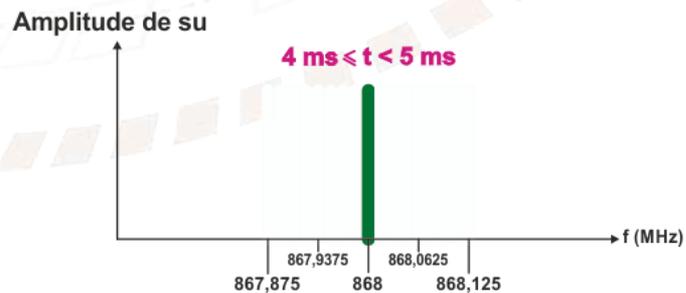
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



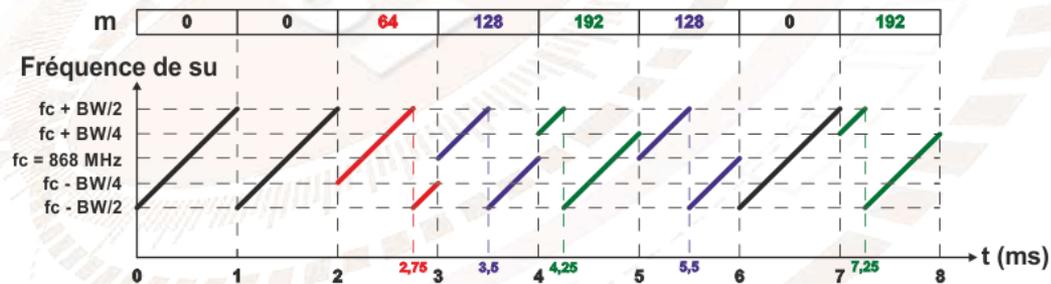
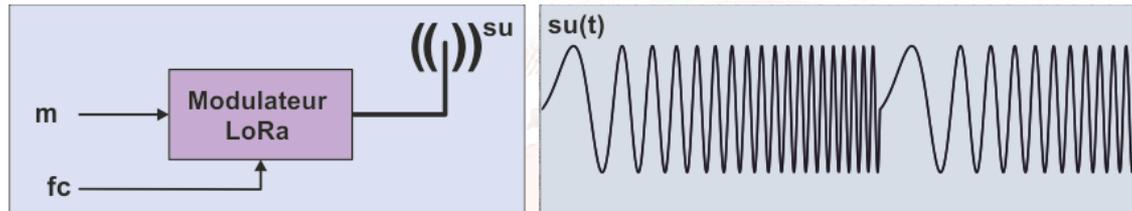
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



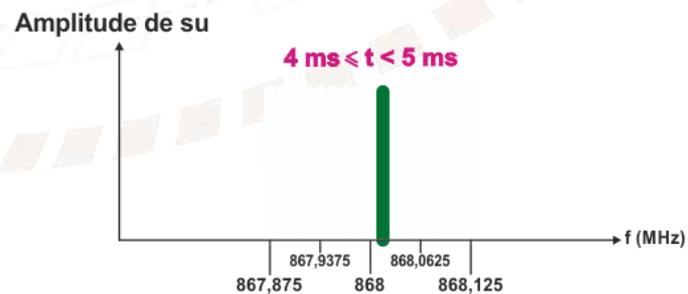
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



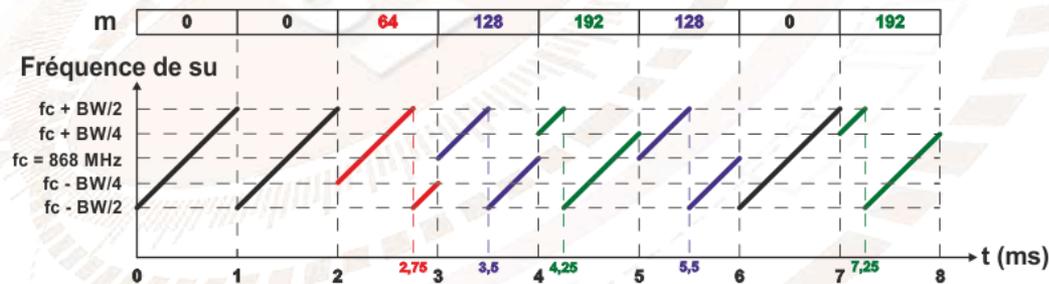
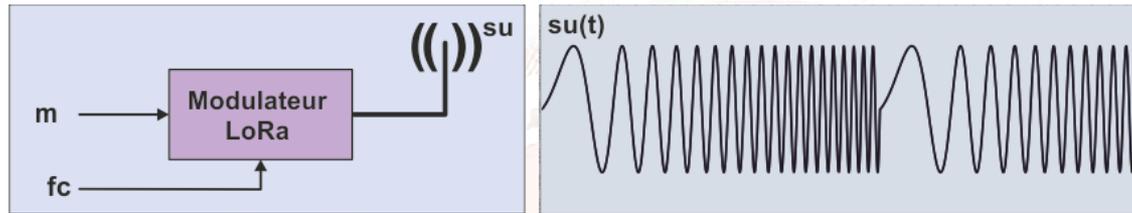
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



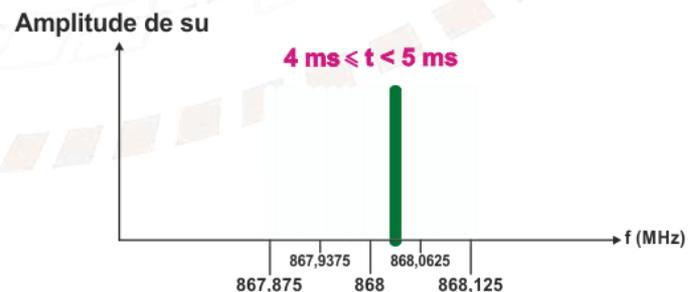
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



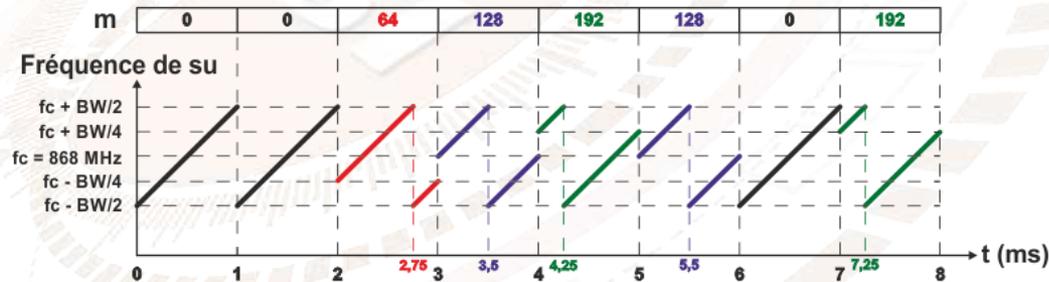
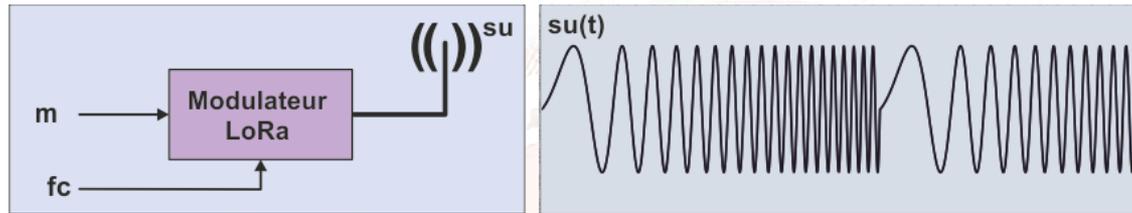
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



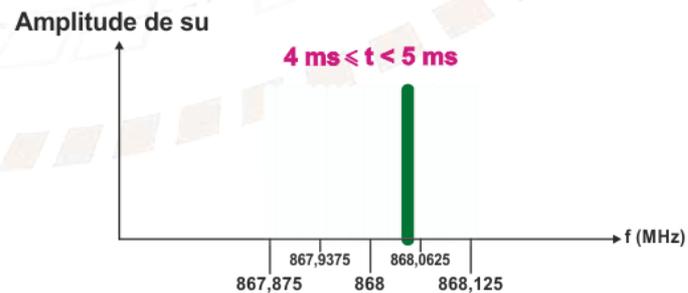
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



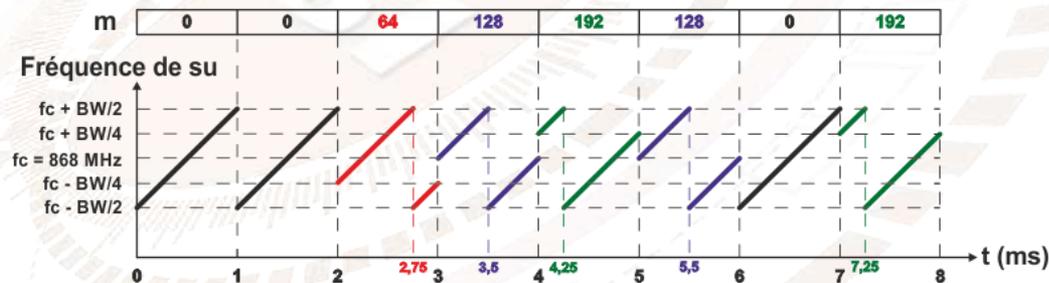
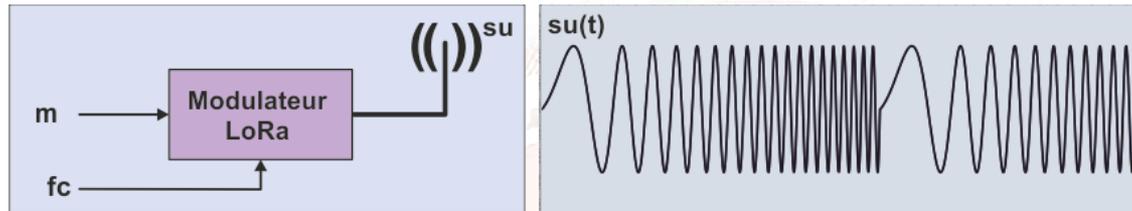
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



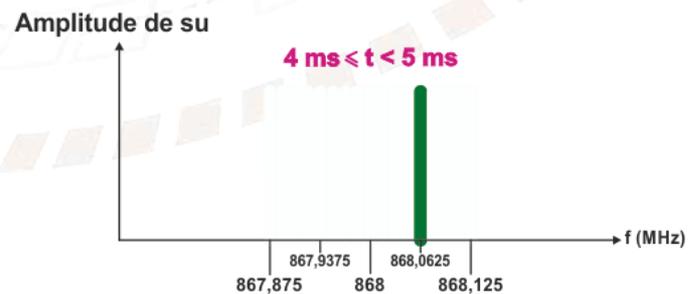
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



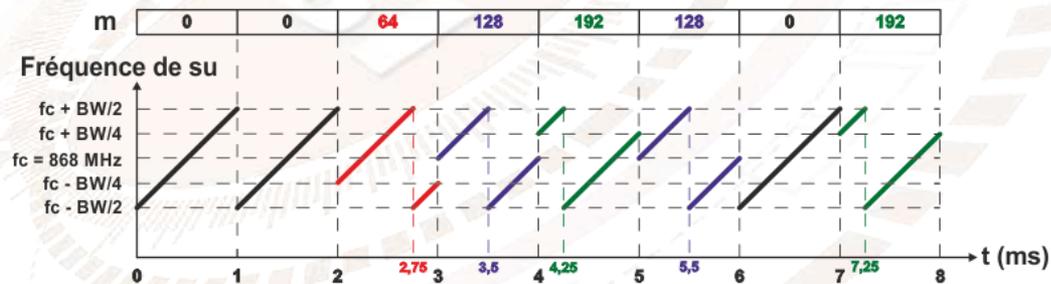
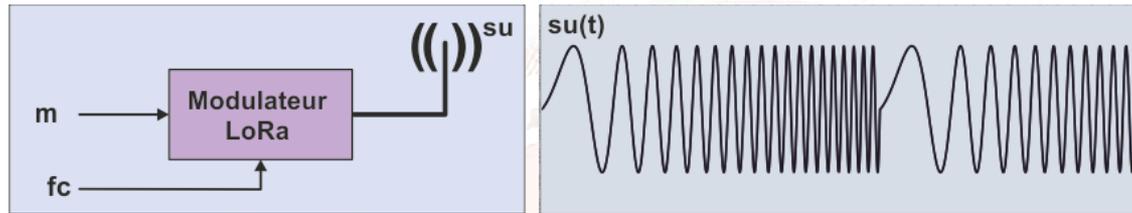
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



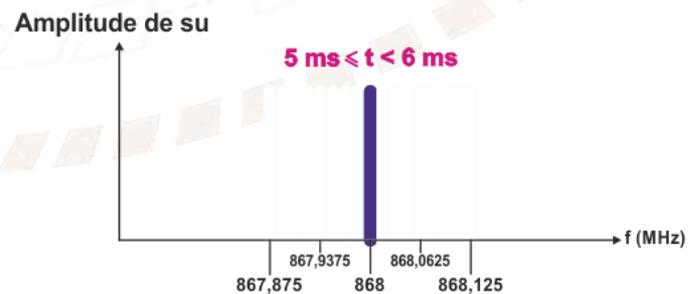
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



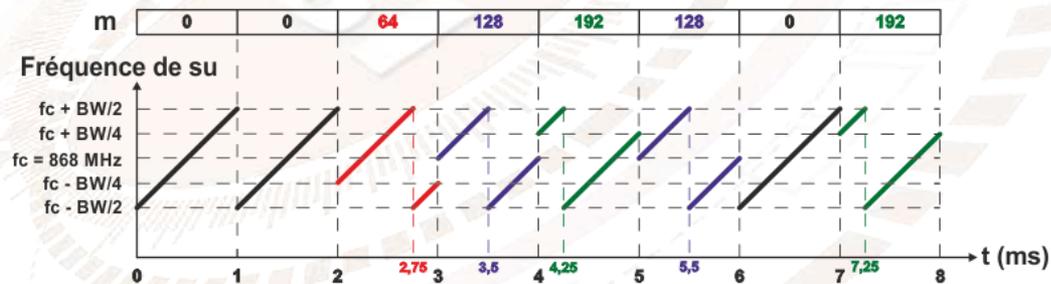
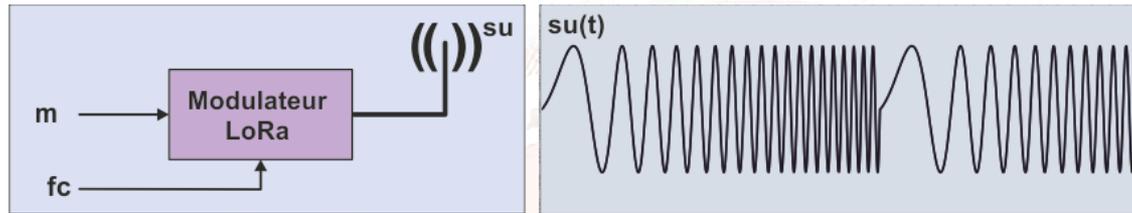
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



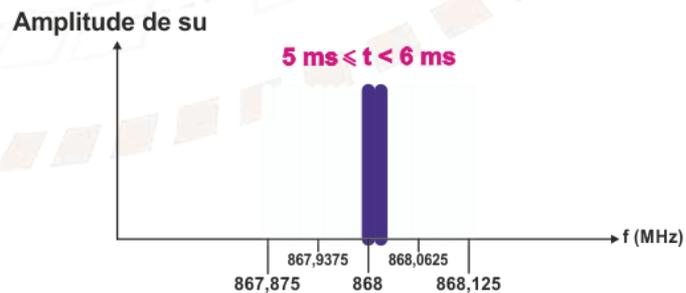
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



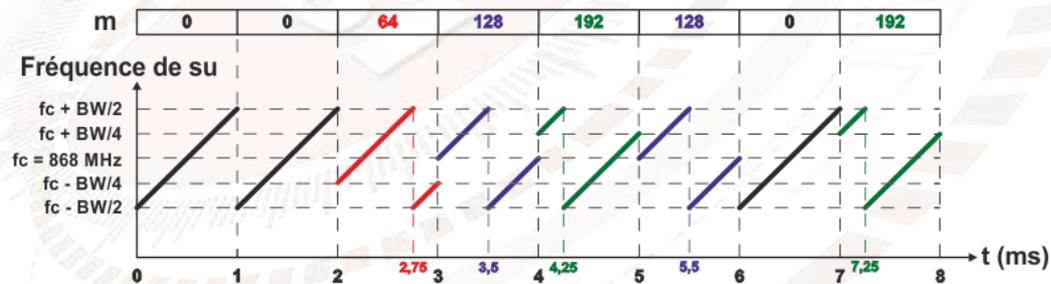
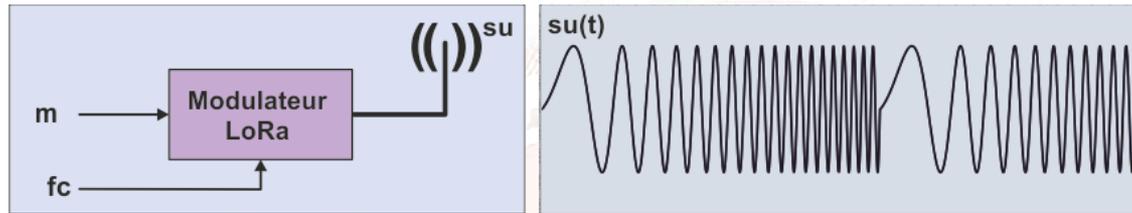
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



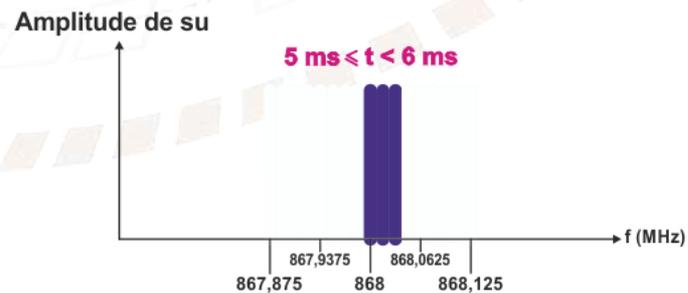
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



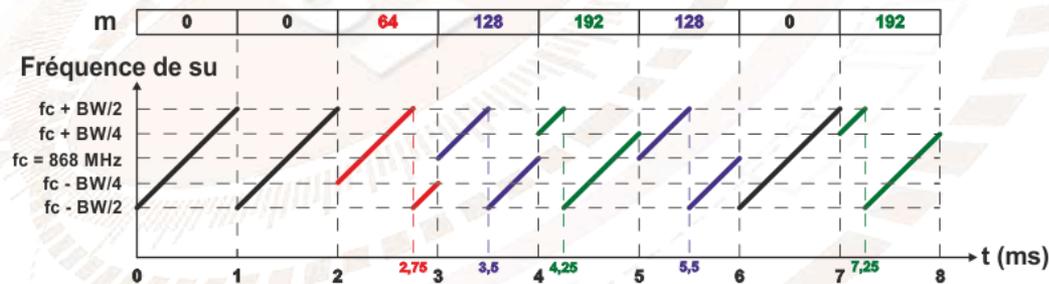
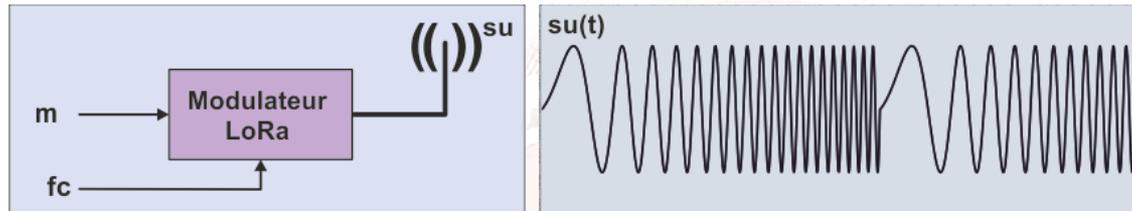
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



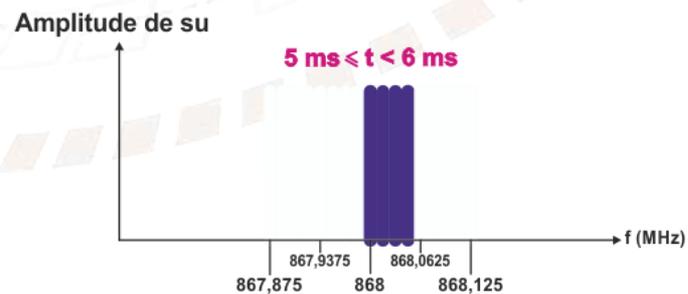
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



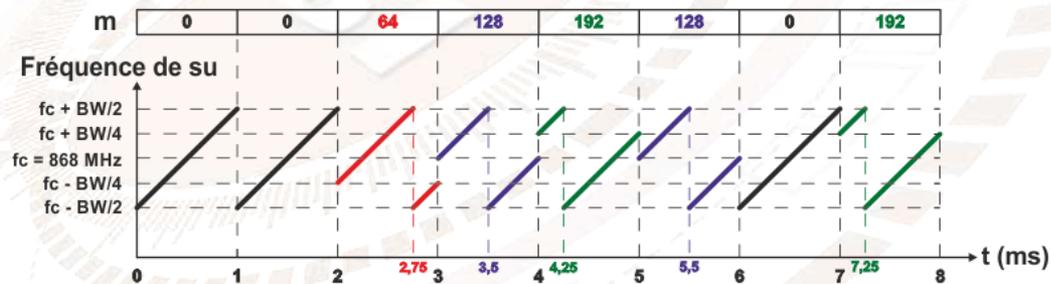
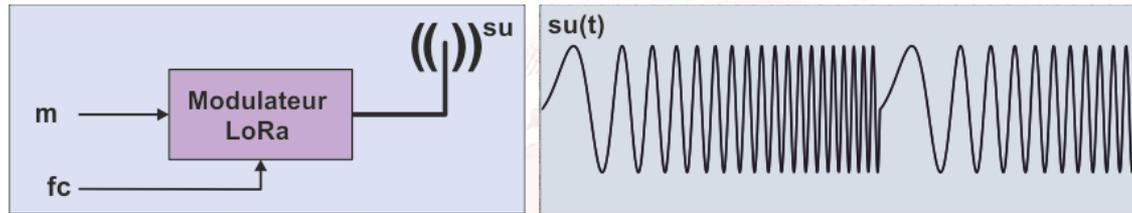
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



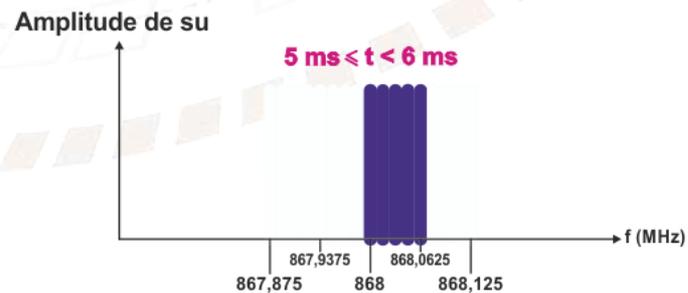
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



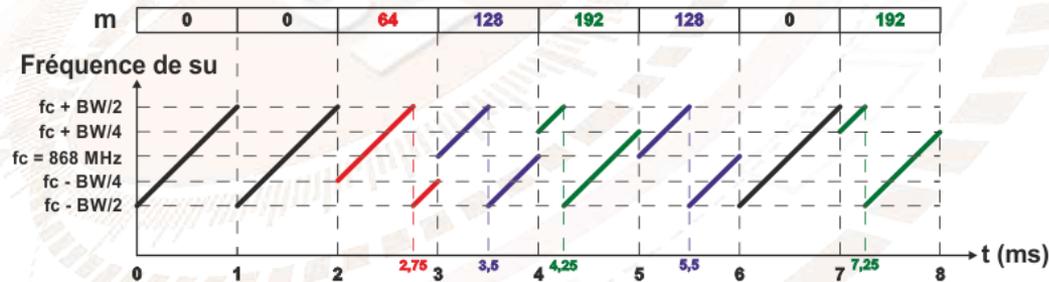
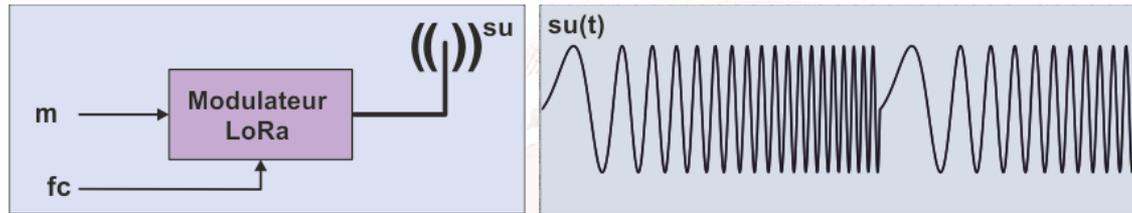
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



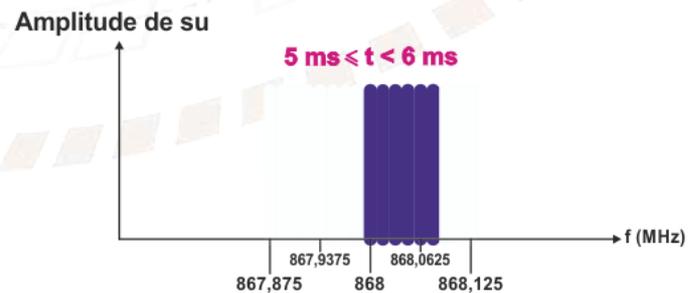
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



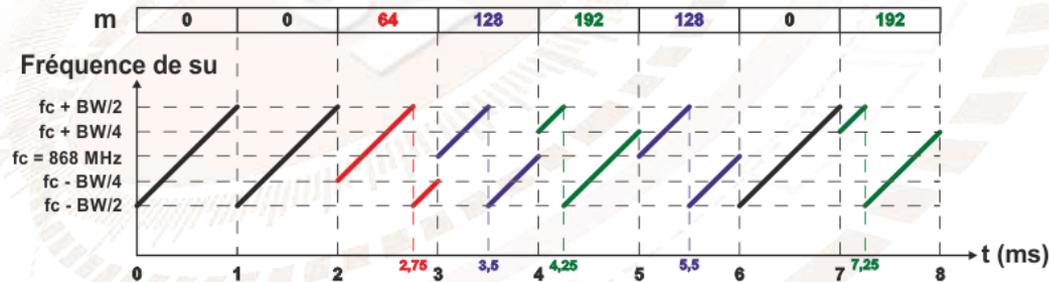
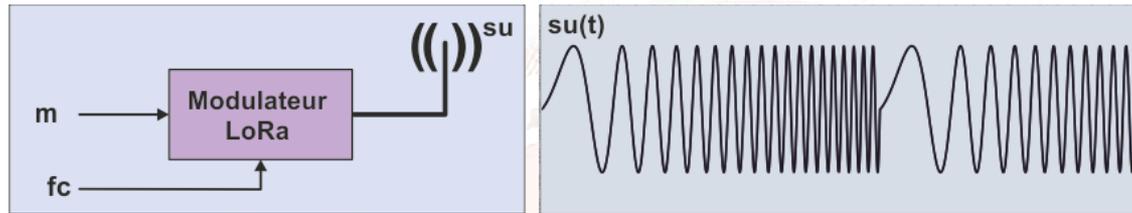
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



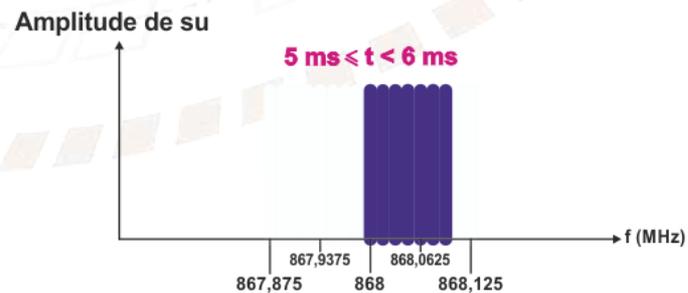
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



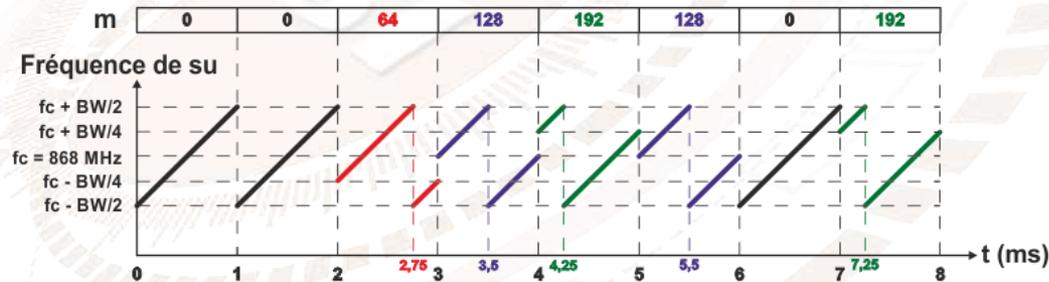
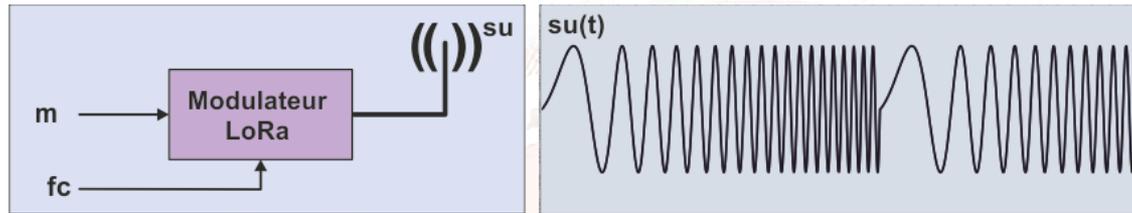
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



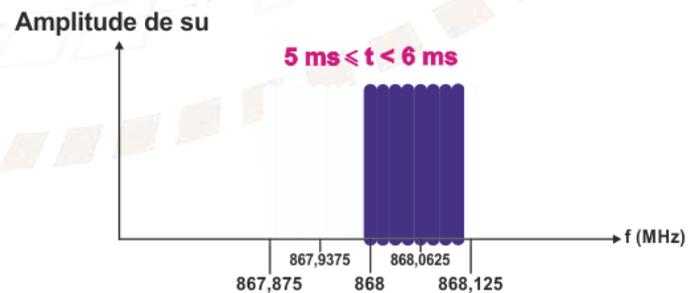
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



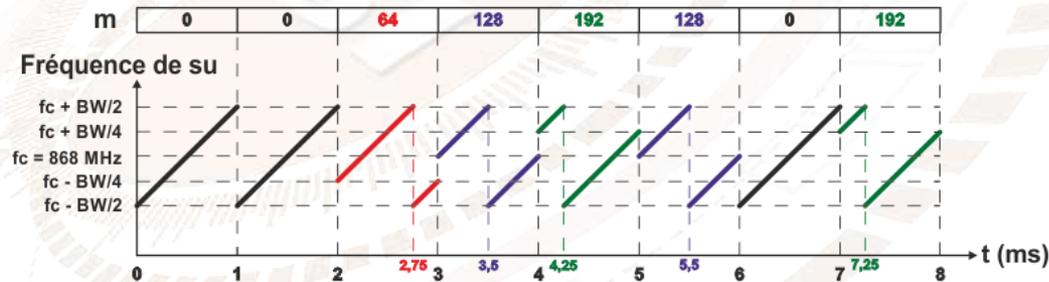
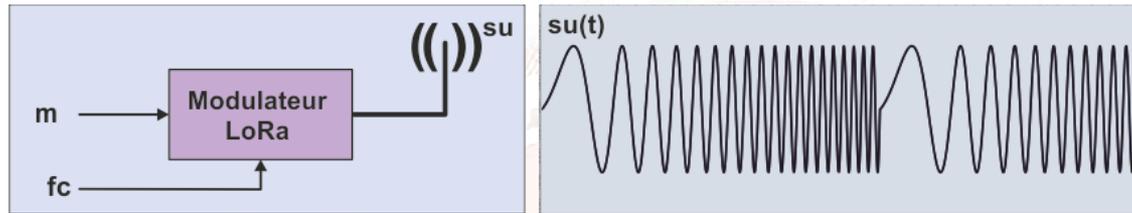
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



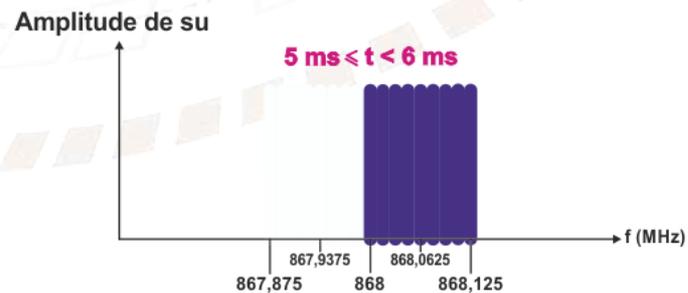
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



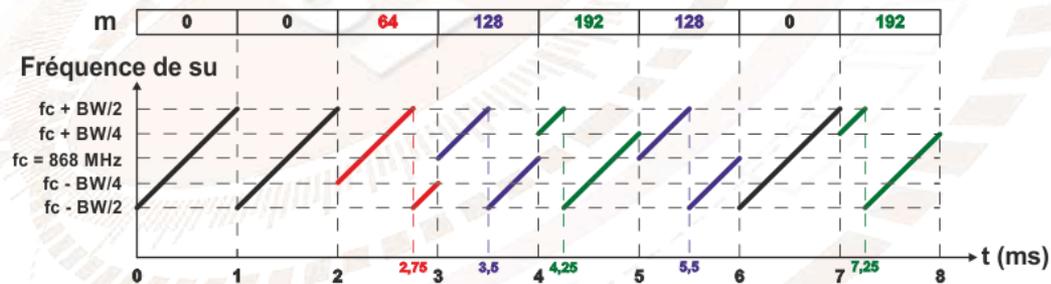
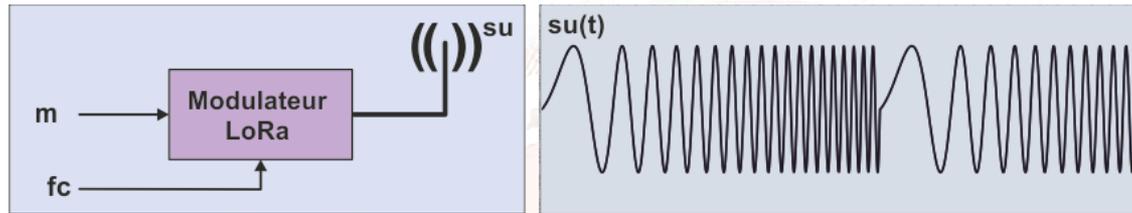
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



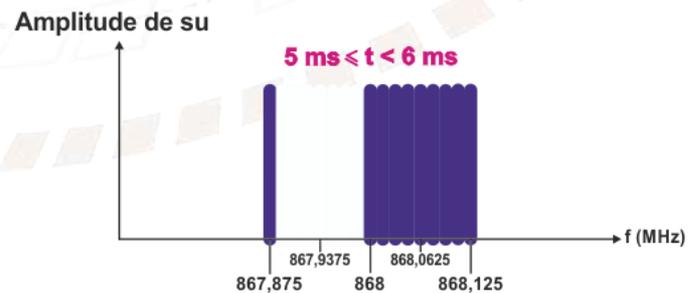
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



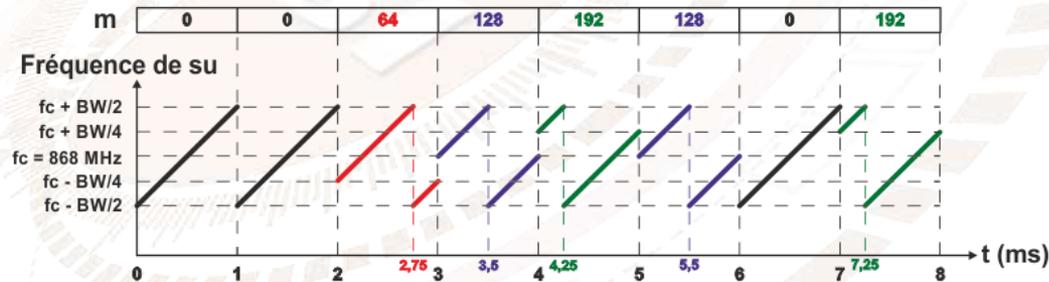
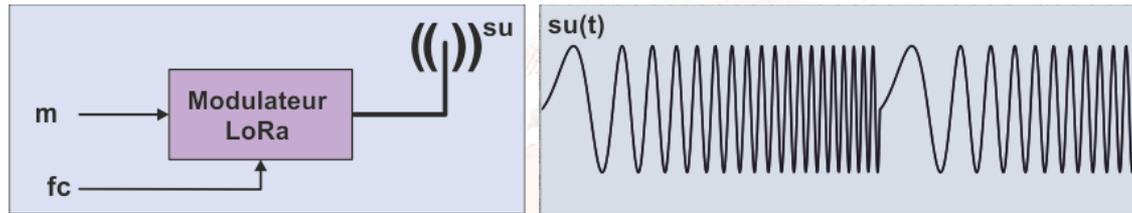
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



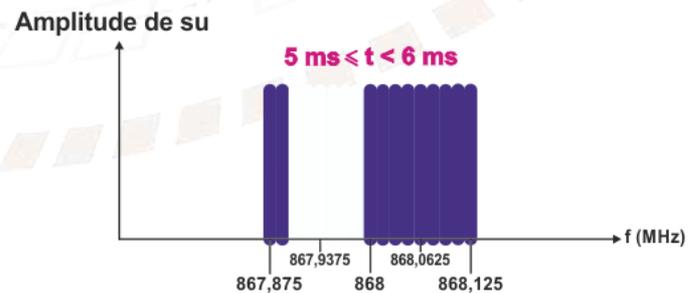
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



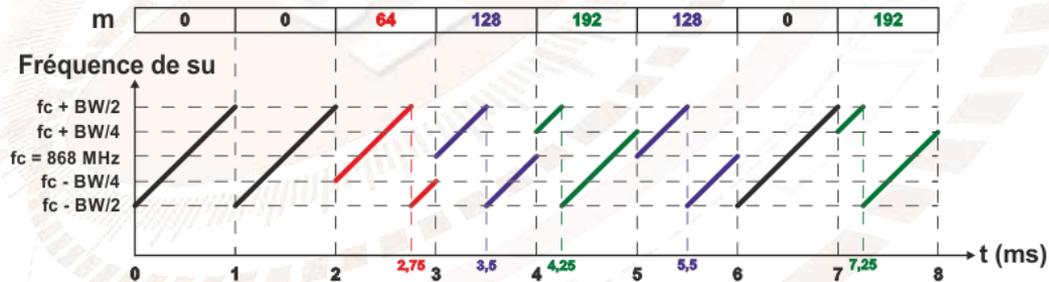
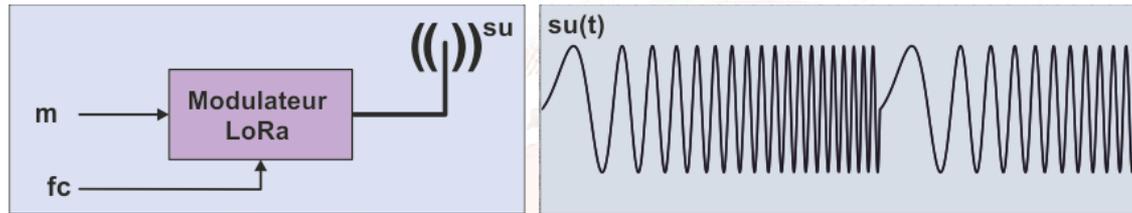
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



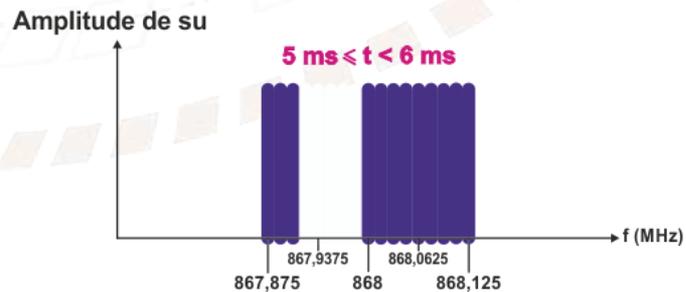
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



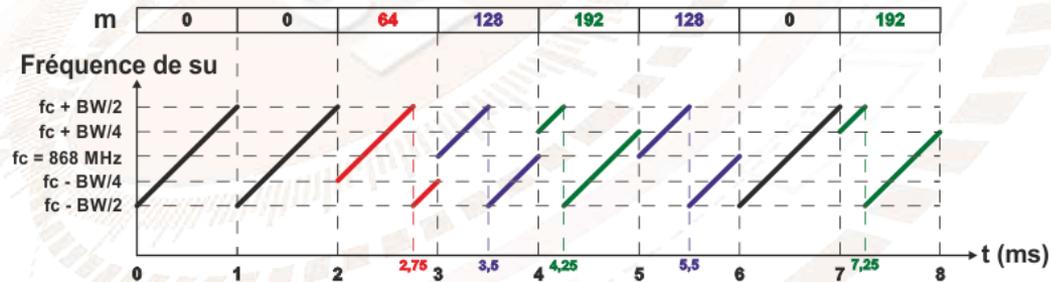
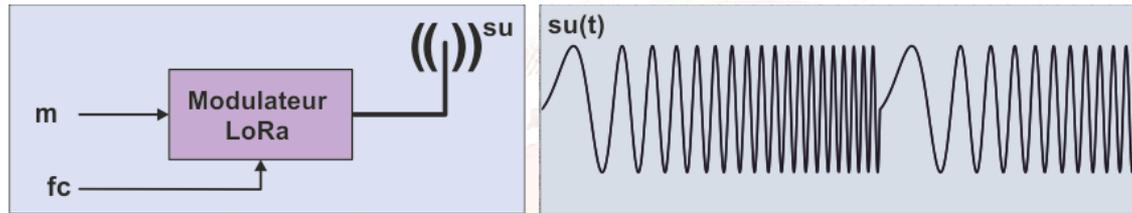
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



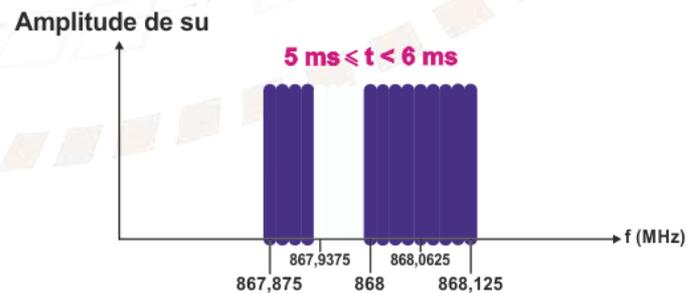
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



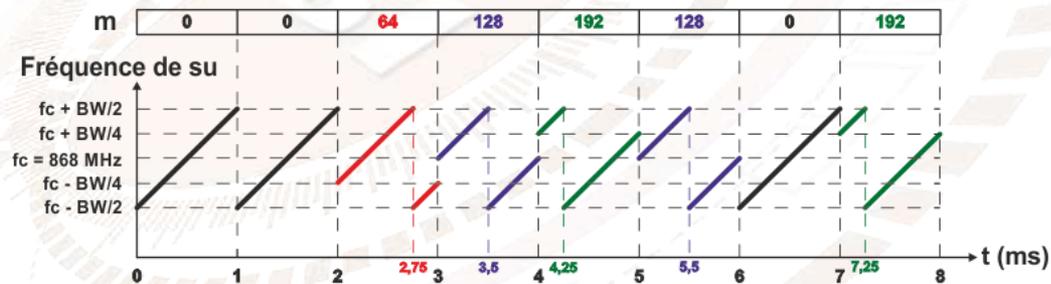
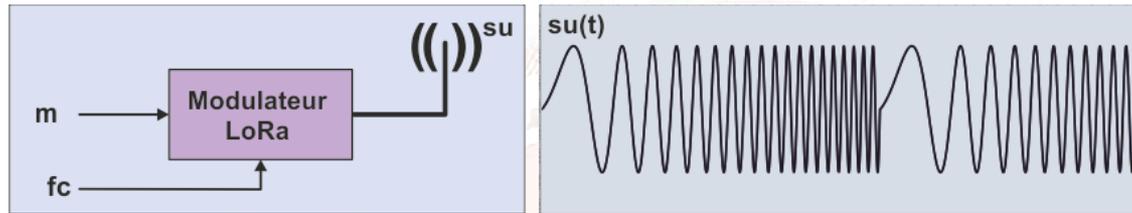
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



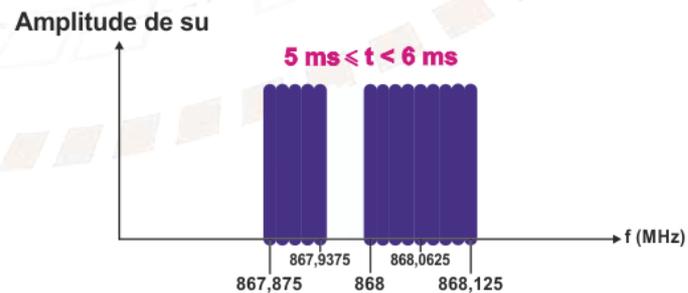
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



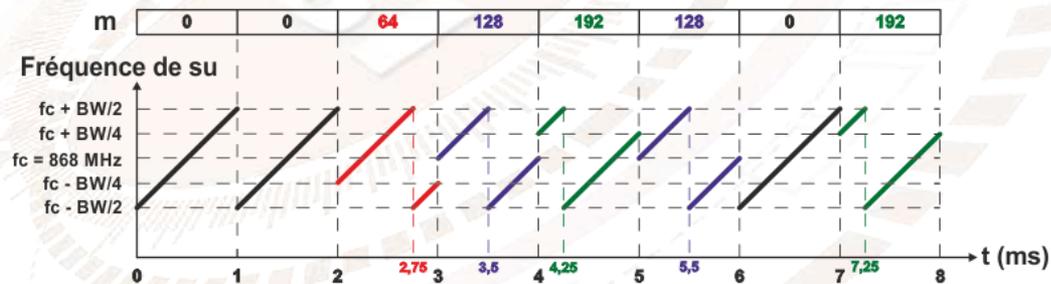
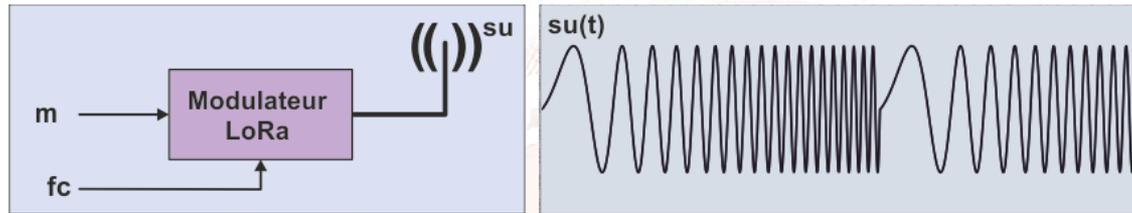
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



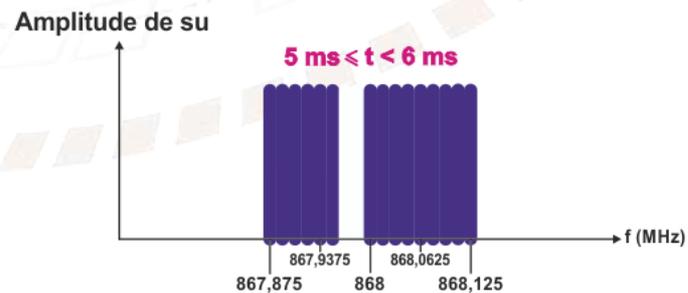
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



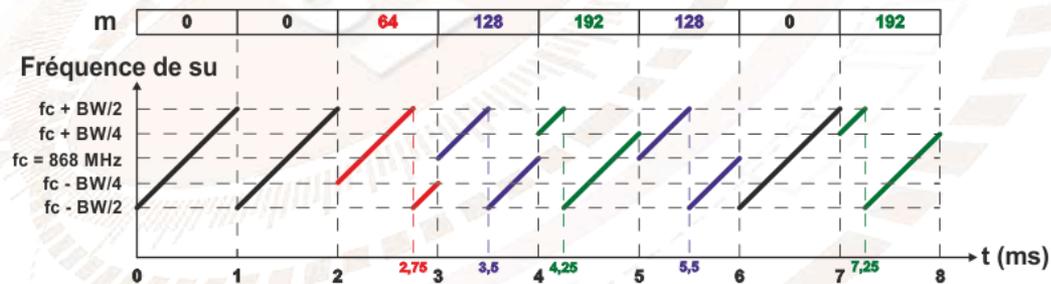
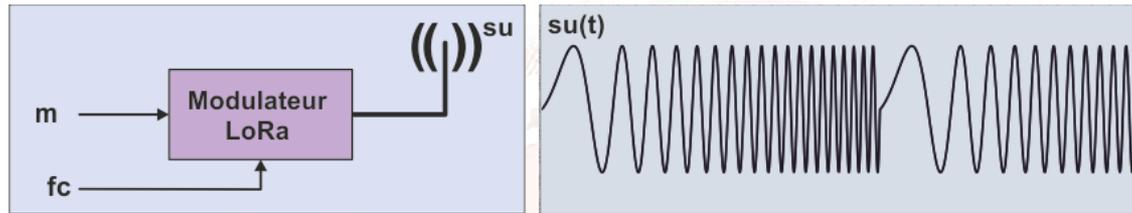
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



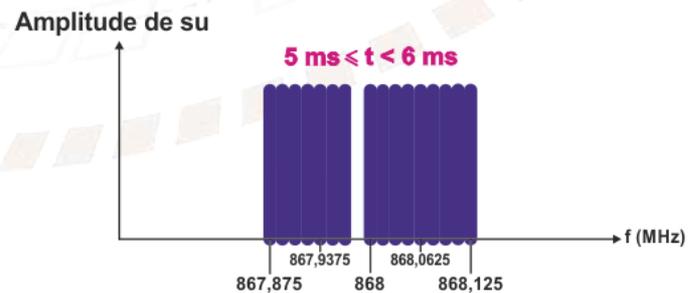
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



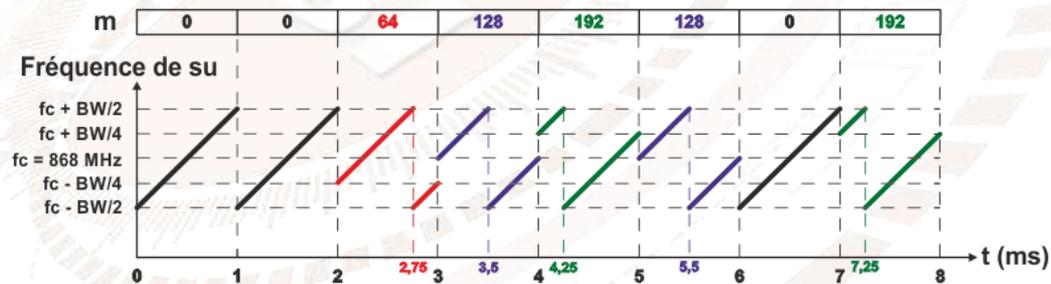
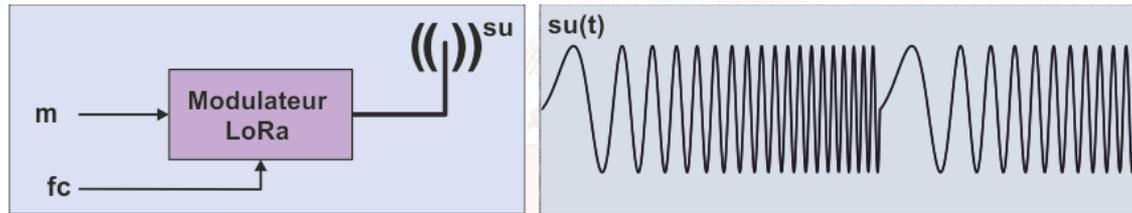
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



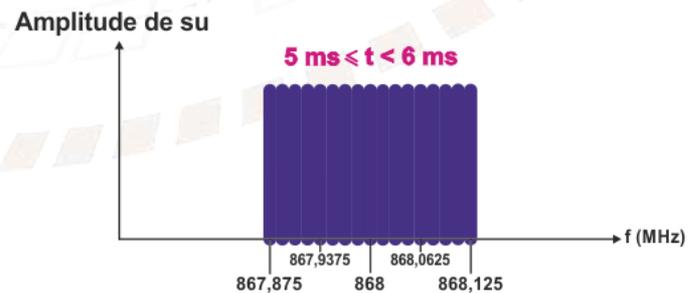
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



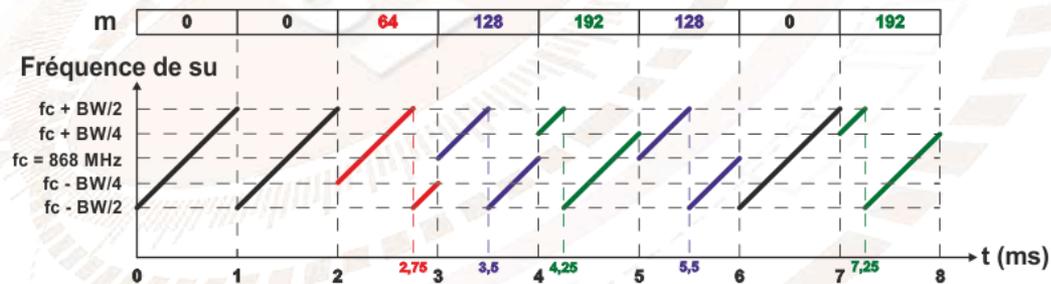
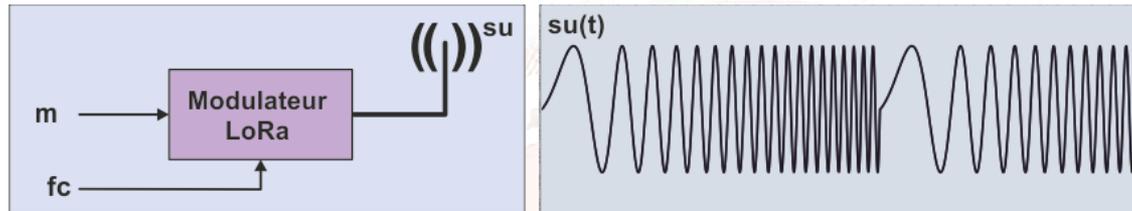
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



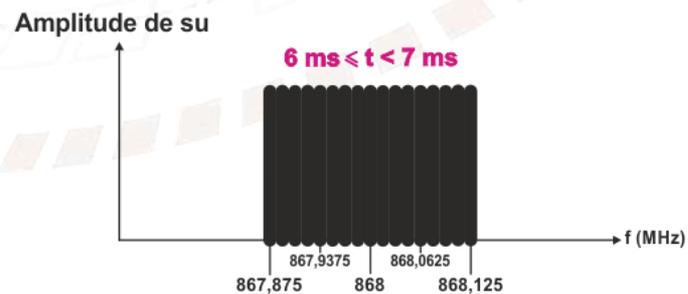
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



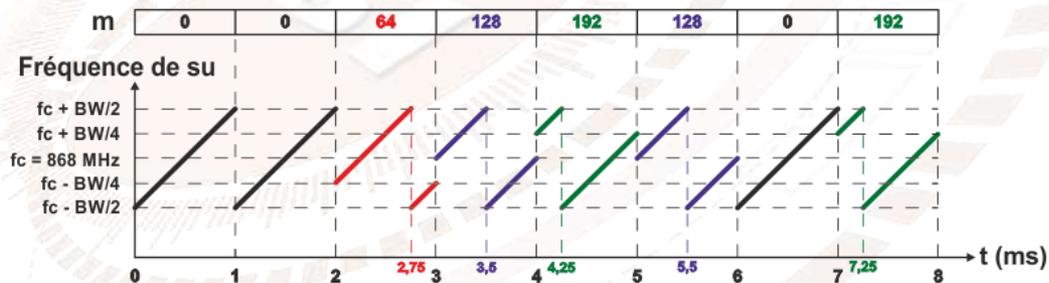
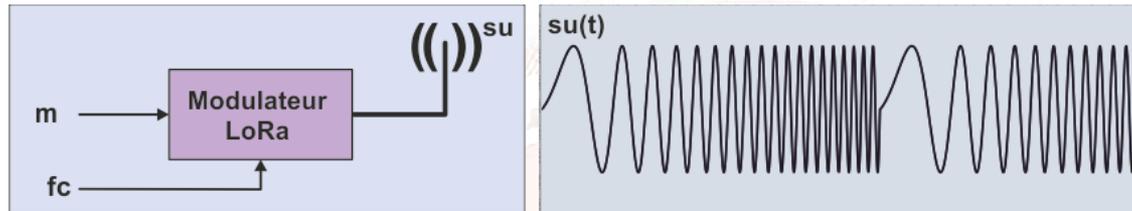
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



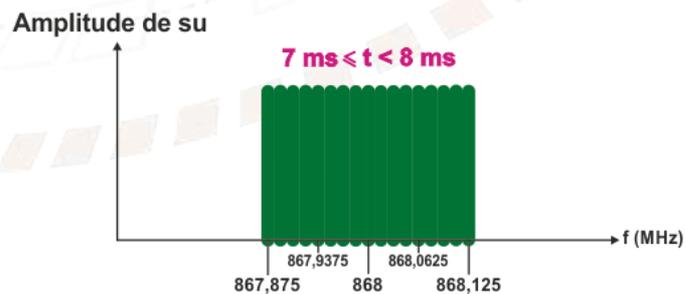
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



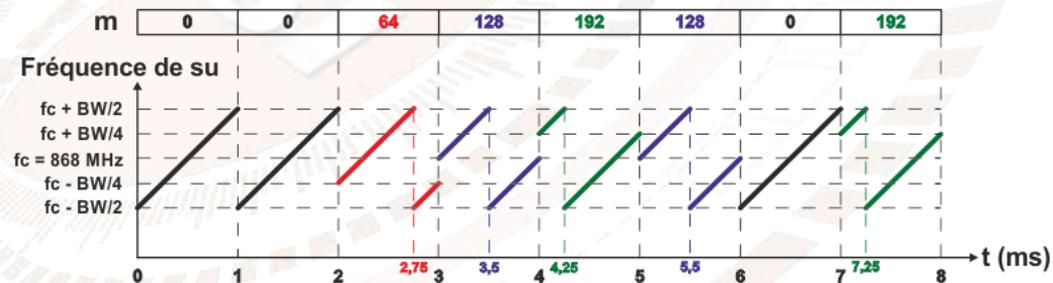
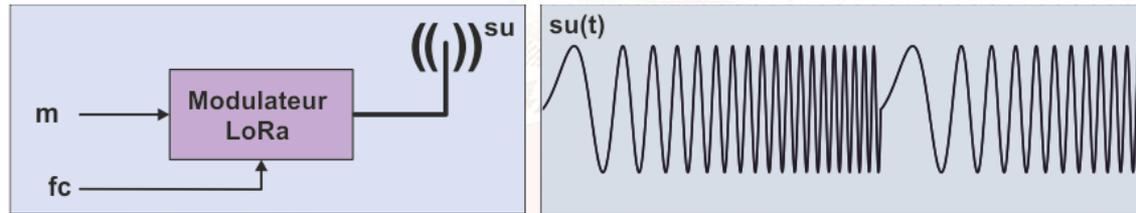
Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



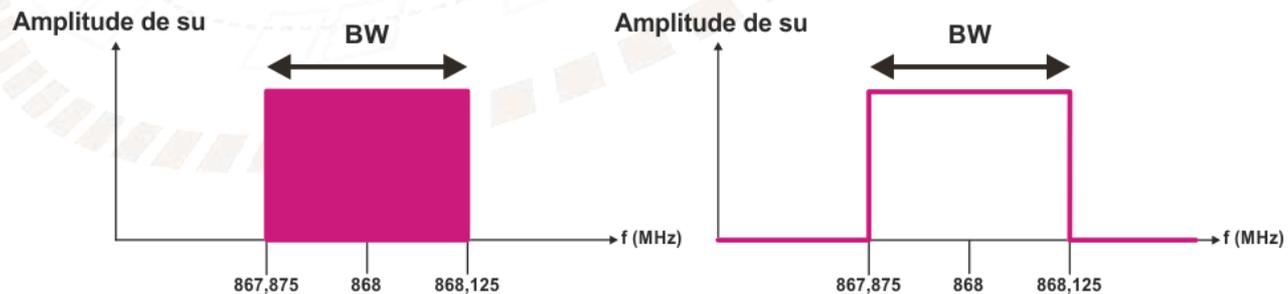
Evolution des composantes spectrales de su au cours du temps

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



Evolution de la fréquence de su en fonction du temps



Spectre d'amplitude de su

Enveloppe spectrale de su

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa

Pour visualiser le spectre d'amplitude ainsi que le spectrogramme (diagramme temps/fréquence) du signal radio, on a 3 possibilités :

- a) Oscilloscope de BP 1 GHz et équipé des options FFT et spectrogramme : **15 k€**
- b) Analyseur de spectre équipé d'une option de démodulation FM : **10 k€**

- c) Module SDR (Software Defined Radio) + logiciel libre GNU Radio : **80 €**



Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



**La carte capteur
(End Node)**



La passerelle

Propositions d'activités

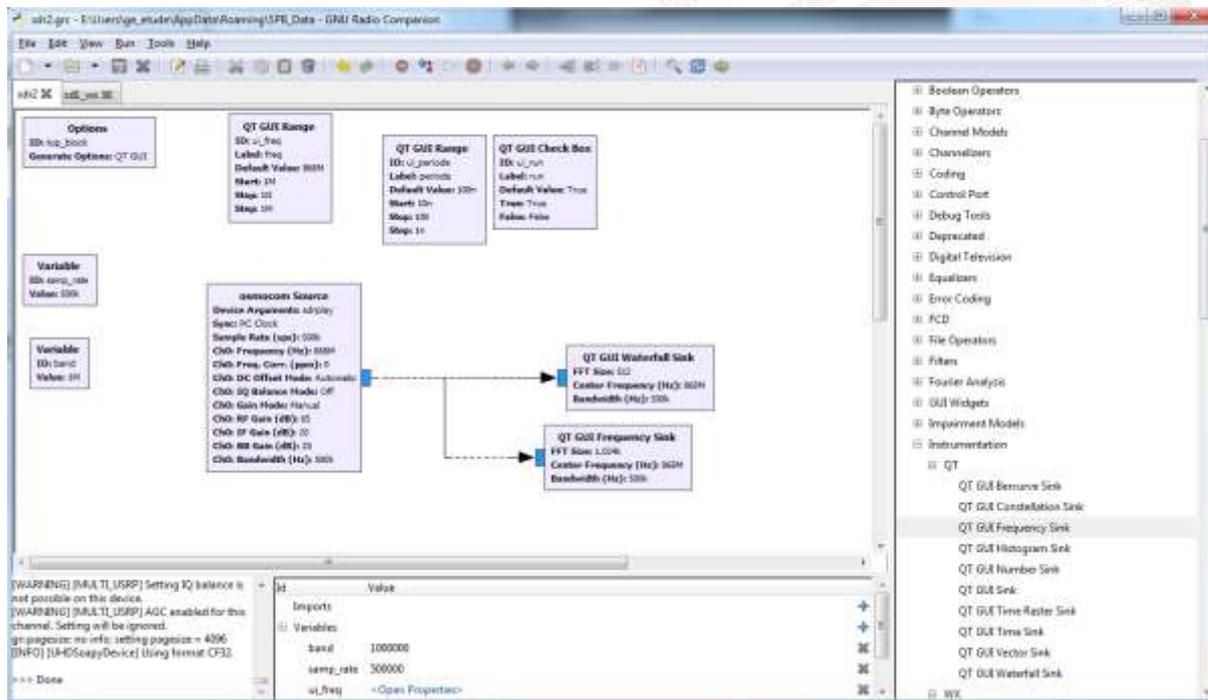
TP Caractérisation du signal radio LoRa



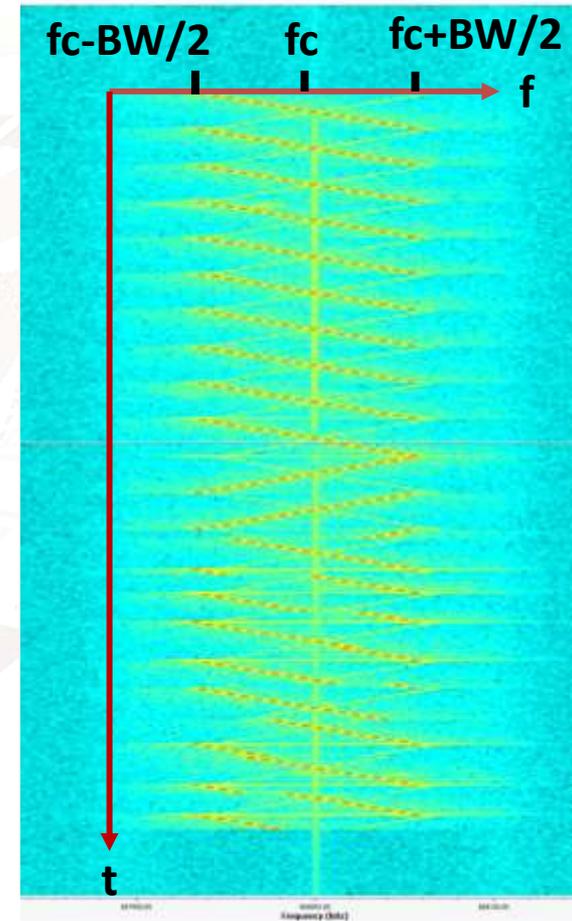
Le poste d'expérimentation et de mesures

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



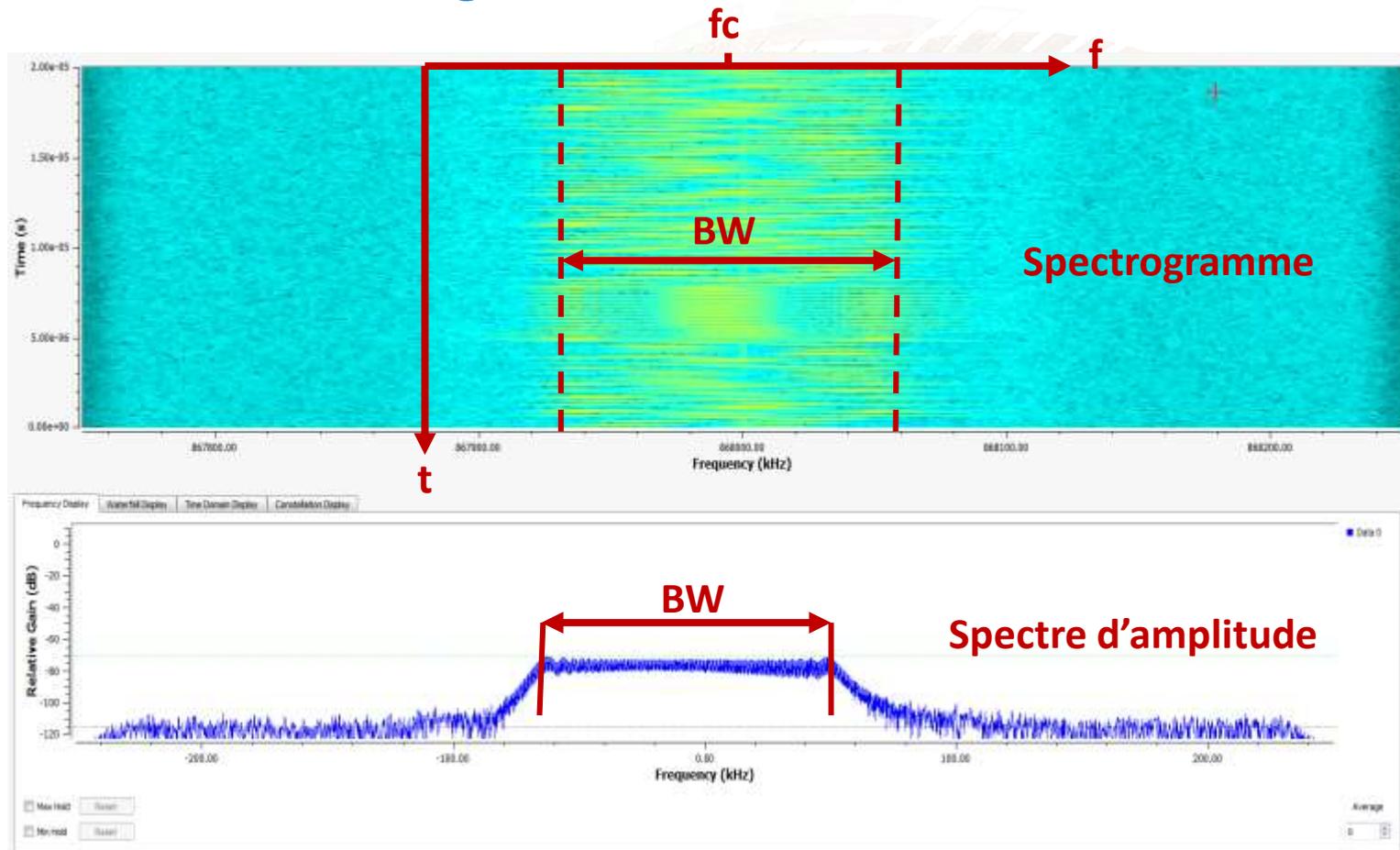
Le logiciel GNU Radio



Copie d'écran du spectrogramme du signal radio

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



Visualisation du spectrogramme et du spectre d'amplitude du signal radio

Propositions d'activités

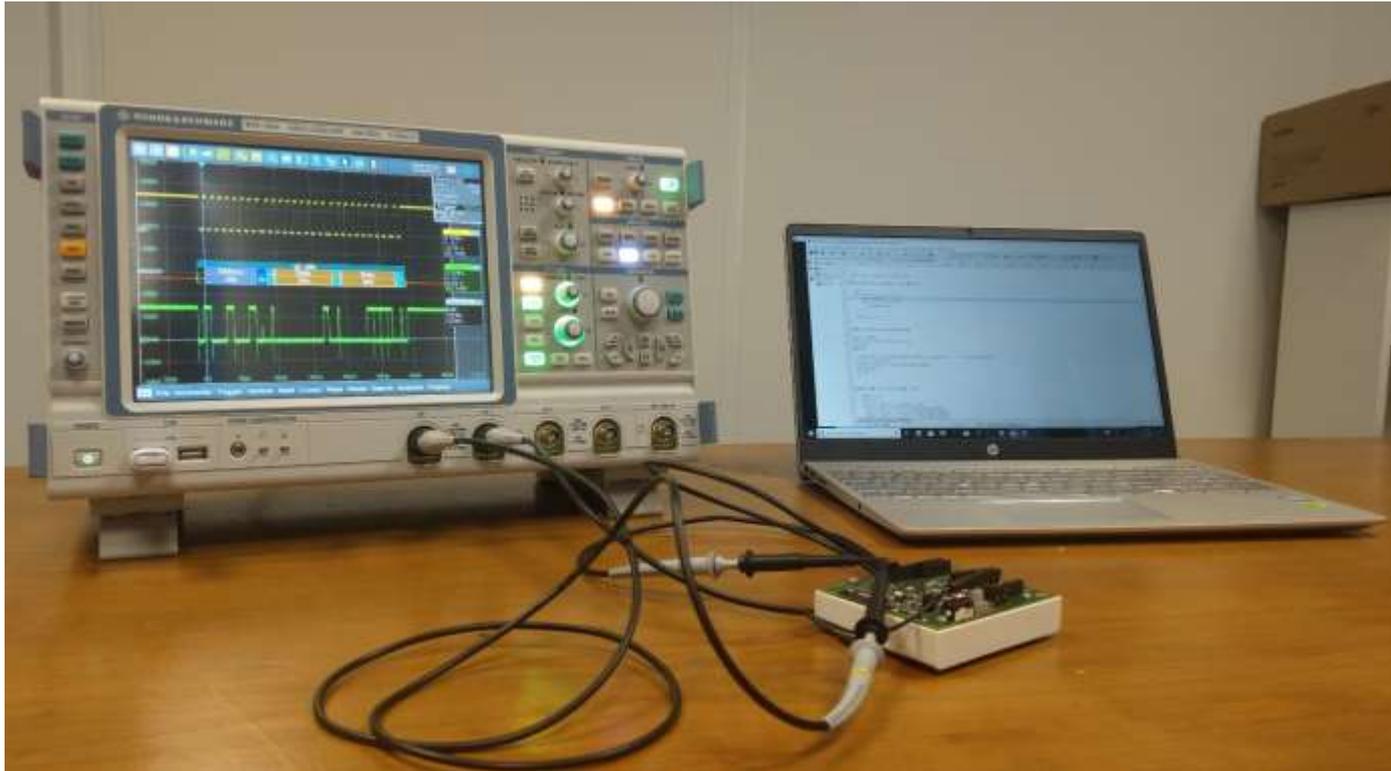
TP Caractérisation du signal radio LoRa

Par ailleurs, la carte End Node est équipée d'un certain nombre de capteurs délivrant une information de sortie de type analogique, série SPI ou série I2C (les standards), et livrée avec les programmes en langage C (version Python prévue pour juin 2019) permettant d'acquérir les valeurs des paramètres physiques associés aux capteurs et de les transmettre au serveur, via la passerelle.

La carte est également équipée de connecteurs au format shield Arduino, et peut donc être mise en œuvre dans une pédagogie de projet.

Propositions d'activités

TP Caractérisation du signal radio LoRa



**Développement logiciel et mesures des signaux de sortie des capteurs
(activité d'appropriation des programmes existant préalable à l'activité de projet)**

Formation des professeurs

Quelles montées en compétences pour les professeurs

Langage Python

Programmation de systèmes embarqués en Python

Protocoles de communication sans fil

Notions de télécom (modulation/démodulation, analyse fréquentielle, filtrage)

Formation des professeurs

Quelles équipements dans les laboratoires

Peu d'équipements coûteux :

- *Matériel informatique et électronique de base*
- *Cartes microcontrôleurs à connectivité intégrée*
- *Cartes Didalab LoRa*

Conclusions

Un enseignement modernisé en continuité avec le programme actuel

Une évolution progressive intégrant plus de technologies numériques

Des champs nouveaux qui visent plus à ouvrir les possibles, sans nécessairement alourdir le programme.

Plan National de Formation - 16 janvier 2019
CYCLE TERMINAL DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR



Merci de votre attention