

## Corail, ROS2 temps réel

Benoit Varillon, Jean-Baptiste Chaudron, David Doose, Charles Lesire

ONERA/ISAE-Supaero,  
Université de Toulouse, France

SHARC  
2021

1 Programmation Temps Réel

2 ROS2

3 Corail

4 Conclusion

# Programme Temps Réel

- Interactions avec l'environnement extérieur
- La qualité du résultat dépend du temps de calcul
- Contraintes temporelles fortes
  - échéances de réponses
  - fréquences de traitements



Répondre à temps  $\neq$  Répondre vite

Programme temps réel

⇒ Vérification fonctionnelle et **Vérification temporelle**

# Vérification Temporelle

Vérifier que Toutes les échéances soient respectées

Déterminer le pire temps de réponse de chaque tâche du système

- Être capable de calculer/borner les temps de réponses
  - Théorie de l'ordonnancement
- Prévoir le comportement du programme
  - Déterminisme de l'exécution

1 Programmation Temps Réel

2 ROS2

- Tâches périodiques
- Subscriptions et Services

3 Corail

4 Conclusion

# ROS et le Temps Réel

Gestion de la communication :

- Qualité de Service (QoS)
- DDS
- Inter-process communication

Gestion de l'exécution :

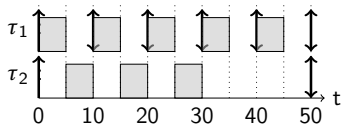
- Tâches périodiques
- Comportements réactifs (subscriptions/services)

## Théorie vs ROS2

- ex. 2 tâches périodiques
- paramètres suivants :

	T	C	r	P
$\tau_1$	10	5	0	1
$\tau_2$	50	15	0	2

Timeline théorique :

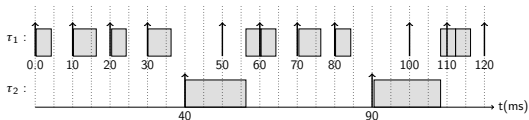


Code ROS2 :

```
class test_node :
    public rclcpp::Node
{
public :
    test_node(std::string name) :
        Node(name)
    {
        t1_ = create_wall_timer(
            10ms,
            std::bind(&test_node::worker1, this));

        t2_ = create_wall_timer(
            50ms,
            std::bind(&test_node::worker2, this));
    }
}
```

Timeline réelle :



# Problèmes

## Execution par défaut (un seul nœud)

- Un seul thread
- Pas de synchronisation des tâches
- Pas de gestion des priorités
- Pas de préemption
  - non respect des échéances
  - début d'exécution chaotique
  - analyse (précise) impossible

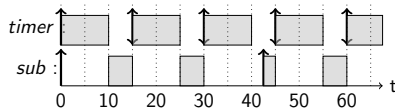


# Théorie vs ROS2

- une tâche périodique
- une subscription

	T	C	r	P
timer	15	10	0	1
subscription	∅	10	0	2

### Timeline théorique :

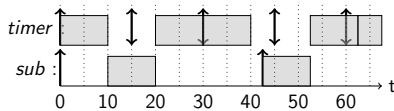


### Code ROS2 :

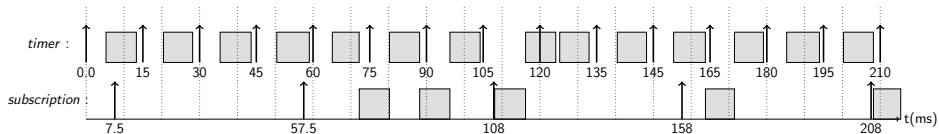
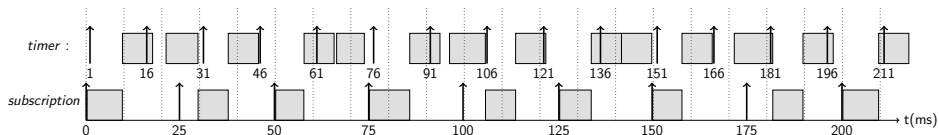
```
class test_node :
public rclcpp::Node
{
public :
test_node(std::string name) : Node(name)
{
timer_ = create_wall_timer(
15ms,
std::bind(&test_node::worker, this));

sub_ =
create_subscription<std_msgs::msg::Int64>
(
"test_ros", 10,
std::bind(&test_node::subCallback,
this, _1));
}
}
```

### Timeline ROS2 :



# Exemples d'exécutions



# Problèmes

- Un seul thread
- Pas de synchronisation des tâches
- Pas de gestion des priorités
- Pas de préemption
  - début d'exécution chaotique
  - non respect des échéances
  - analyse (précise) impossible
- Model réactifs non compatible avec l'analyse RT
- Surcharge si trop de messages
- Priorité entre tâches/subscriptions/services figés par l'exécuteur

## Début de solution

- les exécuteurs ROS2

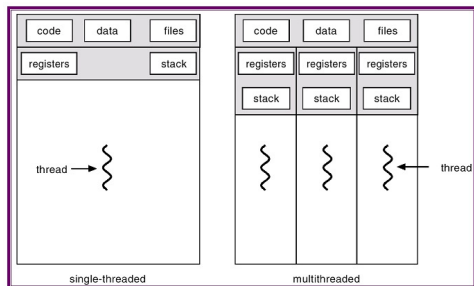
# Fonctionnement de ROS2

`rclcpp::Executor`

- `SingleThreadExecutor`
- `MultiThreadExecutor`

`rclcpp::spin()`

→ `SingleThreadExecutor`



Utilisation de plusieurs threads :

- `MultiThreadExecutor` (thread pool) → parallélisation multicœurs
- Création des threads "à la main"

1 Programmation Temps Réel

2 ROS2

3 Corail

- Tâches périodiques
- Subscriptions et Services

4 Conclusion

# Corail vs ROS2

## Code Corail :

```
class test_node :
    public corail_core::RealTimeNode
{
public :
    test_node(std::string name) :
        RealTimeNode(name)
    {
        t1_ = create_rt_timer(
            "task1", 0, 20,
            10ms,
            std::bind(&test_node::worker1, this));

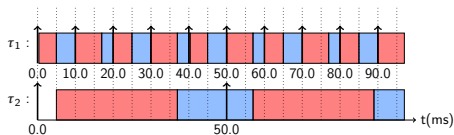
        t2_ = create_rt_timer(
            "task2", 0, 10,
            50ms,
            std::bind(&test_node::worker2, this));
    }
}
```

## Code ROS2 :

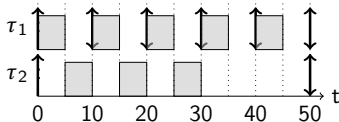
```
class test_node :
    public rclcpp::Node
{
public :
    test_node(std::string name) :
        Node(name)
    {
        t1_ = create_wall_timer(
            10ms,
            std::bind(&test_node::worker1, this));

        t2_ = create_wall_timer(
            50ms,
            std::bind(&test_node::worker2, this));
    }
}
```

## Timeline Corail :

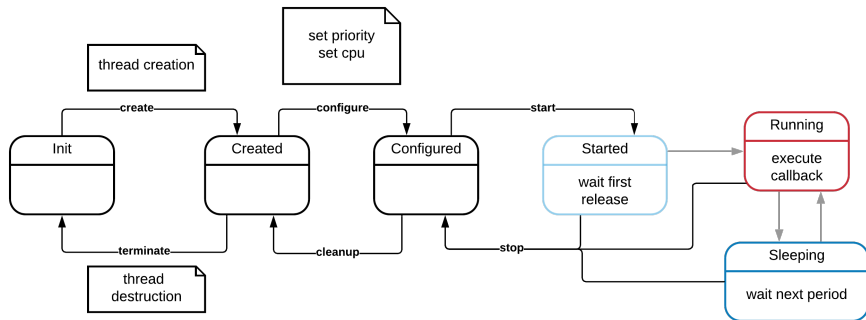


## Timeline théorique :



# Fonctionnement Corail

- Nouvel exécuteur
- Une tâche  $\Leftrightarrow$  un thread (POSIX)  $\rightarrow$  priorités(SCHED\_FIFO) et cpu
- Diagramme d'état :



# Corail vs ROS2

## Code Corail :

```
class test_node :
    public corail_core::RealTimeNode
{
public :
    test_node(std::string name) :
        RealTimeNode(name)
    {
        timer_ = create_rt_timer(
            "timer", 0, 20,
            15ms,
            std::bind(&test_node::worker, this));

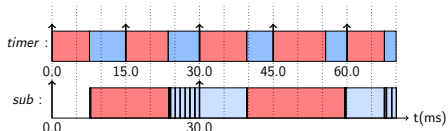
        sub_ =
            create_rt_subscription<std_msgs::msg::Int64>
            ("sub", 0, 10, 2ms, 10ms,
            "test_ros", 1,
            std::bind(&test_node::subCallback,
            this, _1));
    }
}
```

## Code ROS2 :

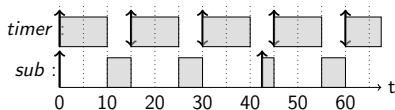
```
class test_node :
    public rclcpp::Node
{
public :
    test_node(std::string name) :
        Node(name)
    {
        timer_ = create_wall_timer(
            15ms,
            std::bind(&test_node::worker, this));

        sub_ =
            create_subscription<std_msgs::msg::Int64>
            (
                "test_ros", 10,
            std::bind(&test_node::subCallback,
            this, _1));
    }
}
```

## Timeline Corail :

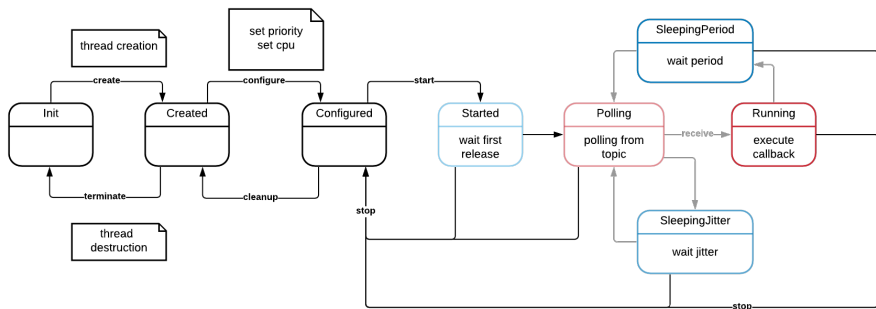


## Timeline théorique :



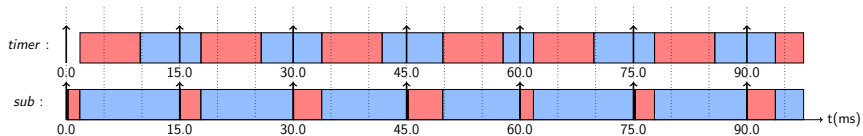
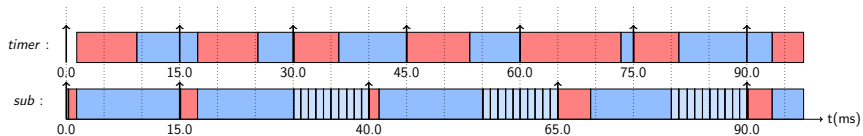
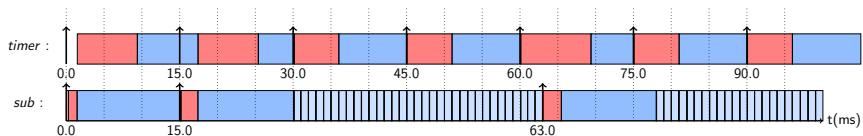


# Details subscriptions et services



Deux periodes différentes :

- jitter : période de polling
  - period : temps minimal entre deux exécution
- Plus de model réactifs



# RealTimeExecutor

- POSIX (pthread)
- Un thread par tâche
- Synchronisation des tâches via des barrières
- Gestion des priorités
- Utilisation de l'ordonnanceur temps réel (SCHED\_FIFO)
  - Respect des échéances
  - Exécution déterministe
  - Méthode d'analyse disponible

1 Programmation Temps Réel

2 ROS2

3 Corail

**4 Conclusion**

## Conclusion/Perspectives

- API simple et proche de rclcpp
- Exécution temps réel robuste et déterministe
- Traces LTTng permettant l'étude et la validation du système
- Outils d'analyses temps réel
  - Analyse des traces
  - Analyse de l'ordonnançabilité
- Autres stratégies d'exécution (process au lieu de thread)
- Gestion de systèmes distribués

`https://corail1.gitlab.io/`

`https://gitlab.com/corail1/roscon\_fr\_21`