

Laurent LEQUIEVRE – Ingénieur CNRS

Institut Pascal UMR6602 <http://ip.univ-bpclermont.fr/index.php/fr/>

Equipe Maccs <http://ip.univ-bpclermont.fr/index.php/fr/maccs>

Juan Antonio CORRALES RAMON

Youcef MEZOUAR

Introduction à ROS

Master recherche robotique



Index

- ✓ **C'est quoi ROS ?**
- ✓ **Pourquoi ROS ?**
- ✓ **Histoire de ROS**
- ✓ **Quelques avantages de ROS**
- ✓ **Quelques applications sous ROS**
- ✓ **Quelques éléments de base**
- ✓ **Jouons un peu avec ROS - turtlesim**
- ✓ **La communauté ROS**

C'est quoi ROS ?

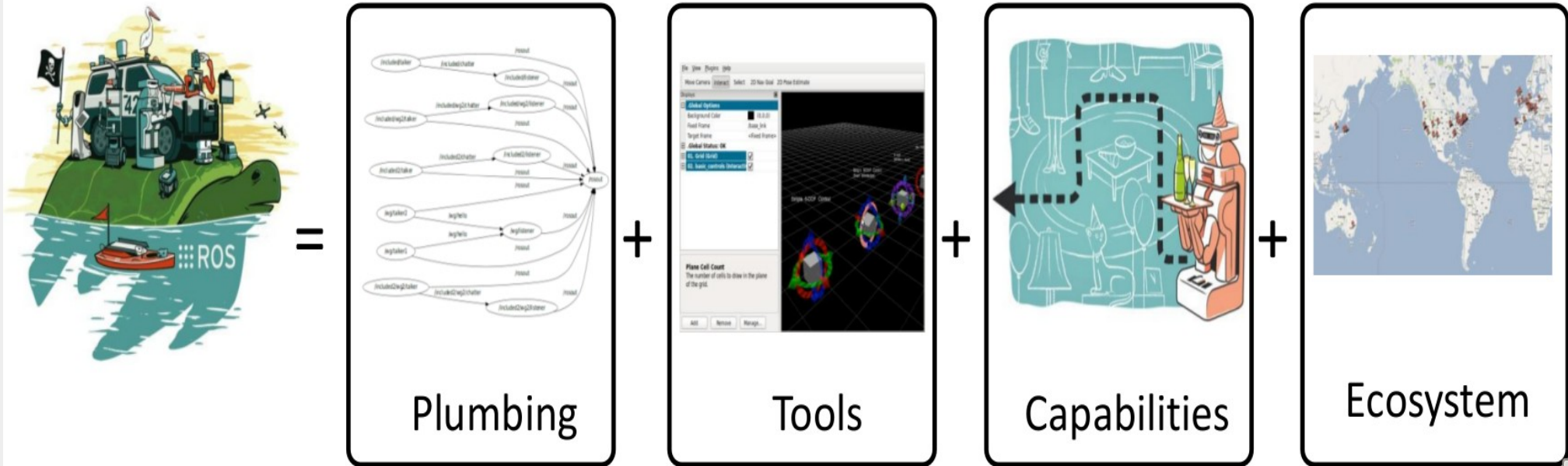
<http://www.ros.org/>

- ✓ ROS est l'acronyme de **R**obot **O**perating **S**ystem
- ✓ Un système d'exploitation pour les robots
- ✓ Se situe entre le système d'exploitation et le middleware



C'est quoi ROS ?

ROS is...



C'est quoi ROS ?

- ✓ *Abstraction matérielle (**ros control**)*
- ✓ *Gestion de la concurrence (**ros spin**)*
- ✓ *Communication par messages asynchrones/synchrones (**ros topics/services**)*
- ✓ *Gestion de packages (**catkin**), serveur de paramètres (**ros param**)*
- ✓ *Transformations géométriques (**tf**), langage de description d'un robot (**URDF**)*
- ✓ *Simulation (**Gazebo**), planification de mouvement (**Movel!**), visualisation (**Rviz**)*
- ✓ *Framework pour interfaces graphiques (**Rqt**)*
- ✓ *Utilisable en mode commande (**roslaunch, roscd, rosfind ...**)*

Pourquoi ROS ?

How Robotics Research Keeps...

Re-Inventing the Wheel

First, someone publishes...



...and they write code that barely works but lets them publish...



...a paper with a proof-of-concept robot.



This prompts another lab to try to build on this result...



But inevitably, time runs out...



...but they can't get any details on the software used to make it work...



...and countless sleepless nights are spent writing code from scratch.



So, a grandiose plan is formed to write a new software API...



...and all the code used by previous lab members is a mess.

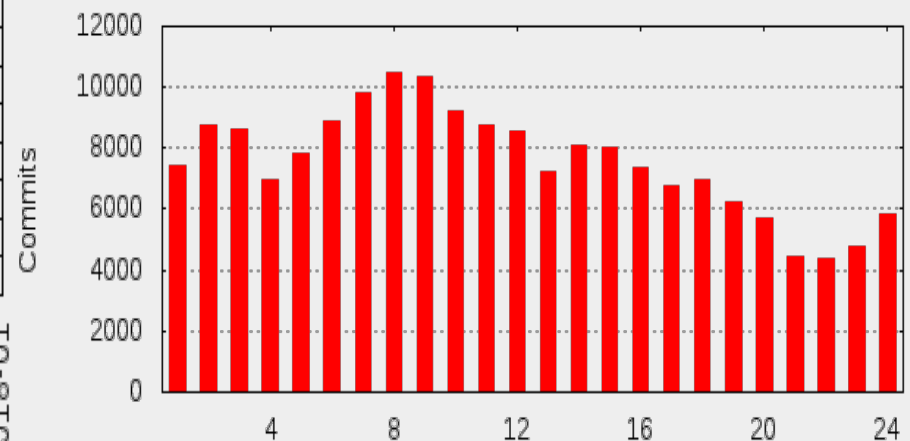
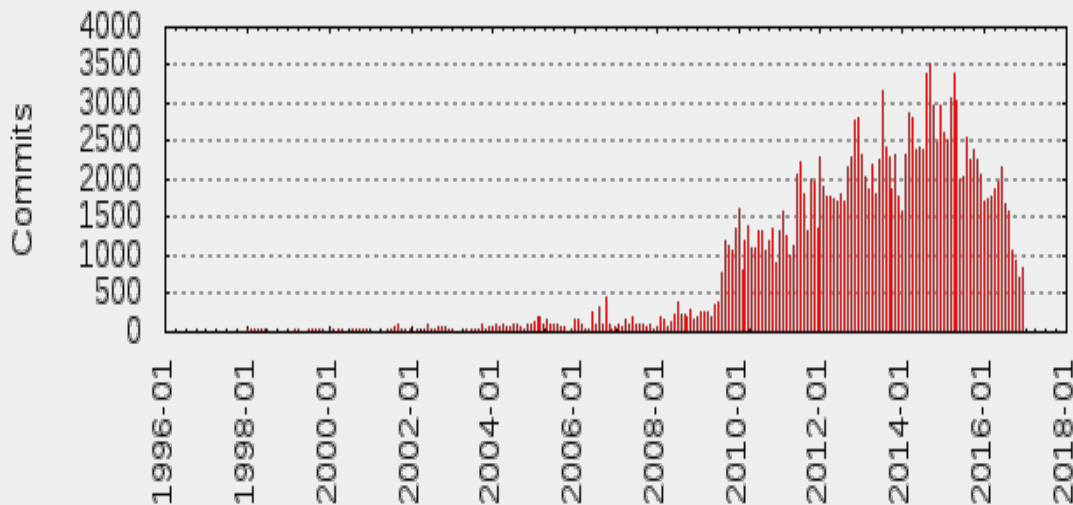
Histoire de ROS

- ✓ Initialement développé par l'université de Stanford dans le projet STAIR (**ST**anford **A**rtificial **I**ntelligence **R**obot) en 2007 (sous le nom *switchyard*).
<http://stair.stanford.edu/index.php>
- ✓ Entre 2008 et 2013, le développement a continué par les fortes contributions de **Willow Garage** pour son robot humanoïde PR2.
- ✓ Sortie de la version ROS 1.0 en Janvier 2010.
- ✓ Depuis 2013, ROS dépend de l'**O**pen **S**ource **R**obotics **F**oundation. Organisation indépendante à but non lucratif, dont sa mission est de supporter le développement, la distribution de logiciels libres pour la robotique. <http://www.osrfoundation.org/>
- ✓ La communauté scientifique s'est aussi emparée de ROS et contribue à le développer. On observe une augmentation importante de dépôts contenant des paquets ROS dans le monde.

Histoire de ROS

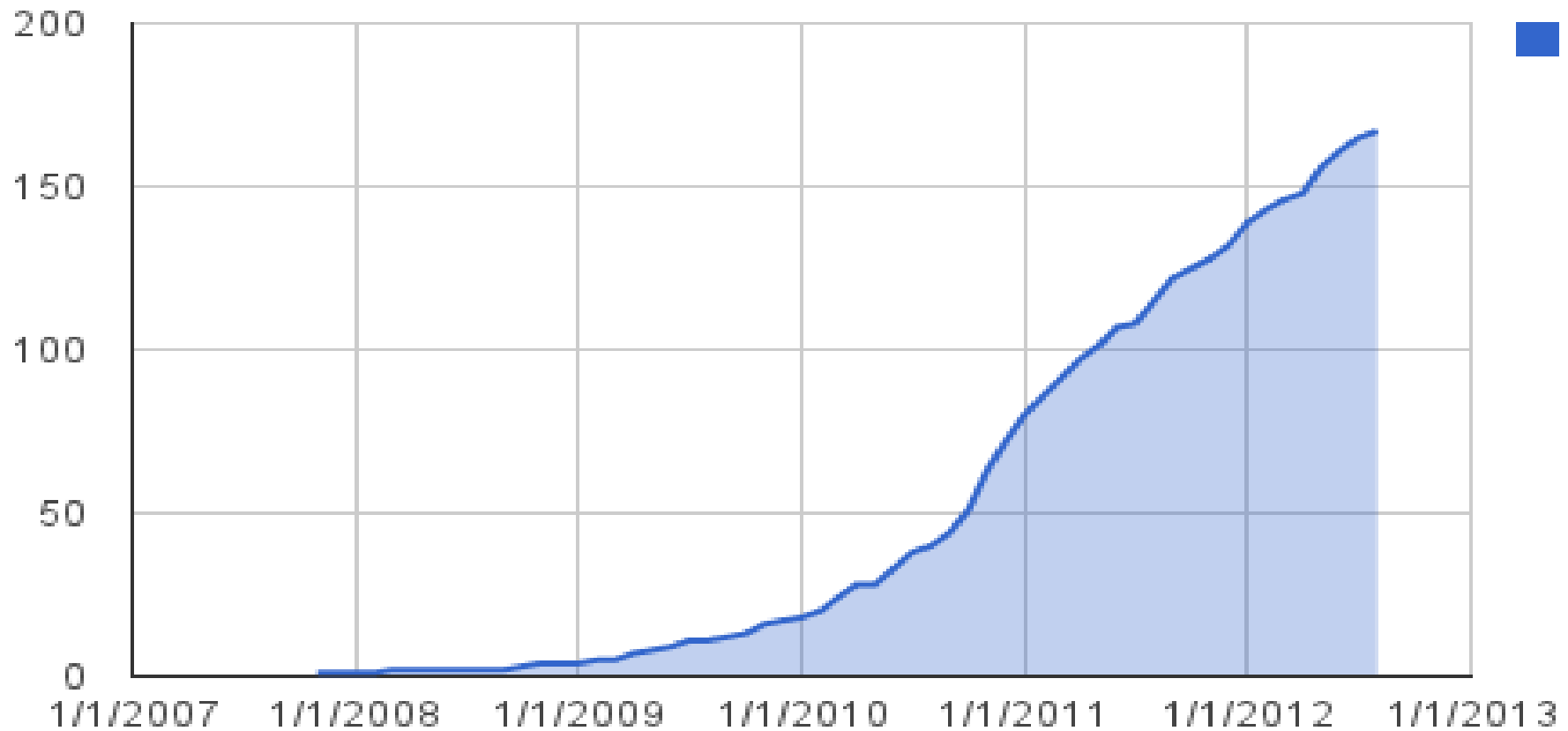
Quelques statistiques sur la version Indigo Igloo :

- ✓ 14 millions de lignes de code.
- ✓ 2 477 auteurs.
- ✓ 181 509 'commits'.
- ✓ Une moyenne de 73,3 'commits' par auteur.
- ✓ Les 'commits' se font sur 24 fuseaux horaires.

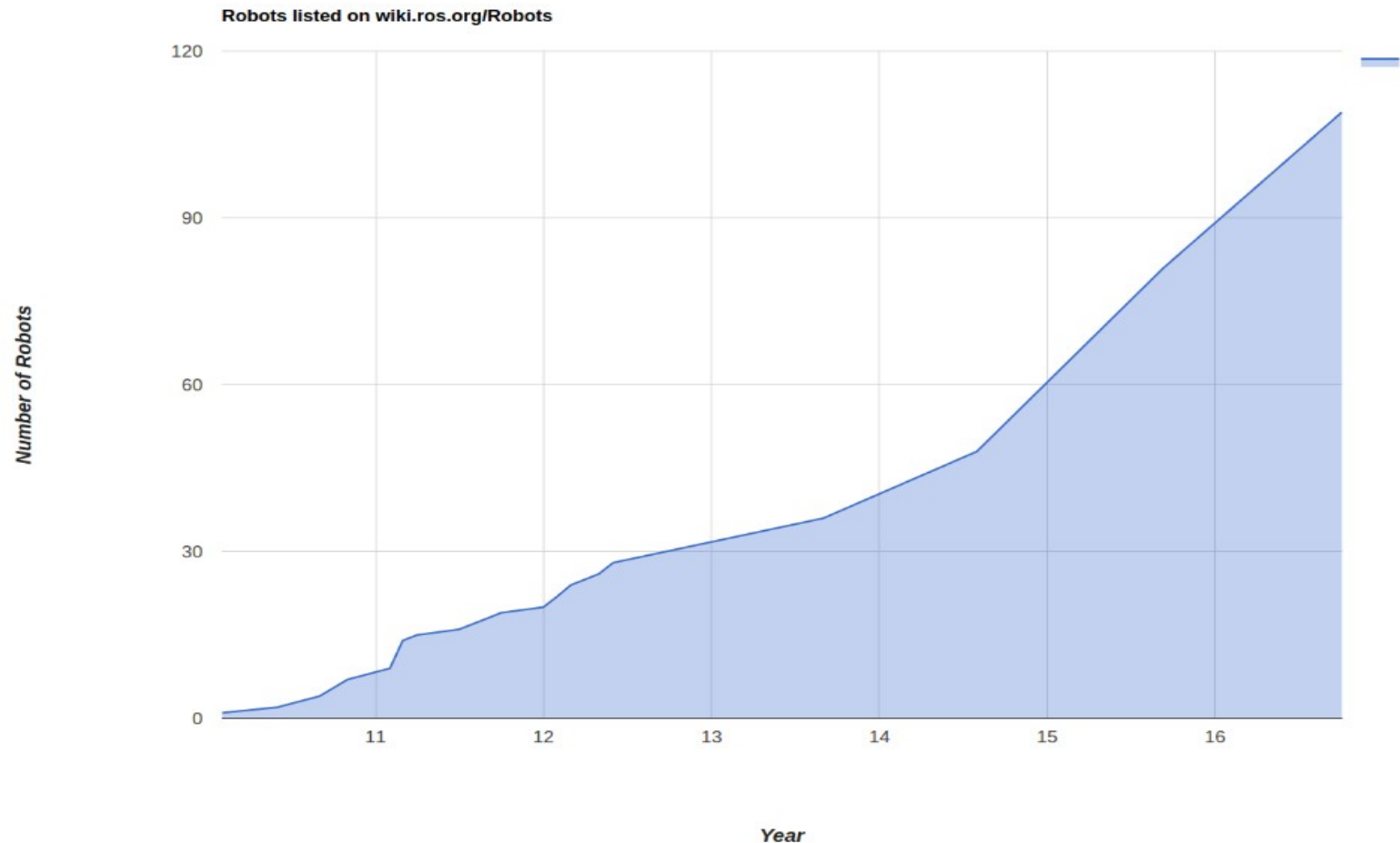


Histoire de ROS

Publicly released and indexed repositories



Histoire de ROS



The number of different types of robots available to the community with ROS drivers.

Source: Ken Conley, Tully Foote, wiki.ros.org/Robots

Histoire de ROS

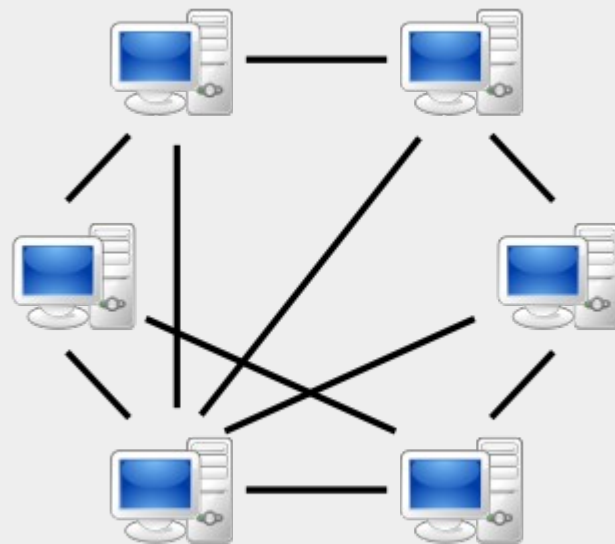


Histoire de ROS

- ✓ ROS est sous licence BSD (**B**erkeley **S**oftware **D**istribution) qui est une licence libre utilisée pour la distribution de logiciels.
- ✓ C'est une des licences les moins restrictives.
- ✓ Elle permet de réutiliser tout ou partie du logiciel sans restriction, qu'il soit intégré dans un logiciel libre ou propriétaire.
- ✓ ROS évolue régulièrement, voici liste des versions :
<http://wiki.ros.org/Distributions>
- ✓ Liste des robots compatibles avec ROS : <http://wiki.ros.org/Robots>
- ✓ Nous allons utilisé la version ROS Indigo Igloo qui fonctionne sous Ubuntu 14.04 LTS (Trusty).

Quelques avantages de ROS

- ✓ **Peer-to-peer** : cela permet à plusieurs ordinateurs sous différents OS de communiquer via un réseau en échangeant des données, sans transiter par un serveur central. Dans le cas de ROS on parle de 'nœud'.



Quelques avantages de ROS

- ✓ **Multi-language** : Les paquets ROS peuvent être développés en différents langages de programmation (C++, Python, Lisp). La structure d'un 'message ROS' est défini dans un langage spécifique IDL (**I**nterface **D**escription **L**anguage) pour être ensuite traduit automatiquement dans un langage de programmation cible.
- ✓ **Basé sur des outils** : Ros n'est pas monolithique, mais plutôt basé sur un design 'microkernel'. Il est composé de plein de petits outils pour développer, compiler et exécuter les différents composants de ROS. Ce qui lui confère plus de robustesse et d'évolution qu'un système centralisé.

Quelques avantages de ROS

- ✓ **Gratuit et Open-source** : Tous les sources sont disponibles, la plupart des paquets ROS ont la licence BSD.
- ✓ **Léger** : Les concepteurs de ROS ne souhaite pas le développement d'algorithmes liés à un OS spécifique donc difficilement réutilisable ... Le système ROS a été conçu et développé de manière modulaire, toute sa complexité est incluse dans des bibliothèques externes, ce qui le rend léger.
- ✓ **ROS utilise aussi du code issus d'autres bibliothèques 'open source'** comme par exemple : OpenRave, OpenCV ...

Quelques applications sous ROS

- ✓ Enregistrement et visualisation des données : **rosbag**

<http://wiki.ros.org/rosbag>

- ✓ Visualisation et simulation : **rviz** (3D), **gazebo** (3D)

<http://wiki.ros.org/rviz>

http://wiki.ros.org/gazebo_ros_pkgs

- ✓ Drivers : **camera_drivers**, **laser_drivers** , **imu_drivers** (*Inertial Measurement Unit*)

http://wiki.ros.org/camera_drivers

http://wiki.ros.org/laser_drivers

http://wiki.ros.org/imu_drivers

Quelques applications sous ROS

- ✓ 3D processing : **perception_pcl** (Point Cloud Library), **laser_pipeline**

http://wiki.ros.org/perception_pcl

http://wiki.ros.org/laser_pipeline

- ✓ Image processing (2D) : **vision_opencv** (OpenCV), **visp**

http://wiki.ros.org/vision_opencv

<http://wiki.ros.org/visp>

- ✓ Transformations : **tf**, **tf_conversions**

<http://wiki.ros.org/tf>

http://wiki.ros.org/tf_conversions

Quelques applications sous ROS

- ✓ Navigation (odometry, ego-motion, SLAM) : **navigation**

<http://wiki.ros.org/navigation>

- ✓ Controllers (position, force, speed, transmissions) : **ros_control**

http://wiki.ros.org/ros_control

- ✓ Robot modelling : **urdf** (XML description of robots).

<http://wiki.ros.org/urdf>

Quelques applications sous ROS

- ✓ Motion planning : **MoveIt!** (library **OMPL**), **OpenRAVE**.

<http://moveit.ros.org/>

<http://wiki.ros.org/openrave>

- ✓ Grasping and manipulation : **Graspt!**, **OpenRAVE (grasping Module)**.

<http://wiki.ros.org/graspt>

<http://openrave.org/docs/0.6.6/openravepy/databases.grasping/>

Quelques éléments de base

- ✓ Le **package** : L'unité principale d'organisation logicielle de ROS. C'est un répertoire contenant des **nœuds**, des fichiers de configurations, des bibliothèques externes.

```
.  
..  
CMakeLists.txt  
include  
kuka_lwr_controllers_plugins.xml  
msg  
package.xml  
src
```

Le fichier **package.xml** fournit les méta-informations sur le package.

Le fichier **CMakeLists.txt** contient les ordres de compilation.

Le dossier **src** contient les sources du package.

Le dossier **include** contient les entêtes du package.

Le dossier **package** doit être dans le **ROS_PACKAGE_PATH**

Quelques éléments de base

✓ Le **package** (suite) :

La commande ***rospack*** : Donne des infos sur les paquets.

```
rospack find my_super_package  
rospack depends1 my_super_package  
rospack depends my_super_package
```

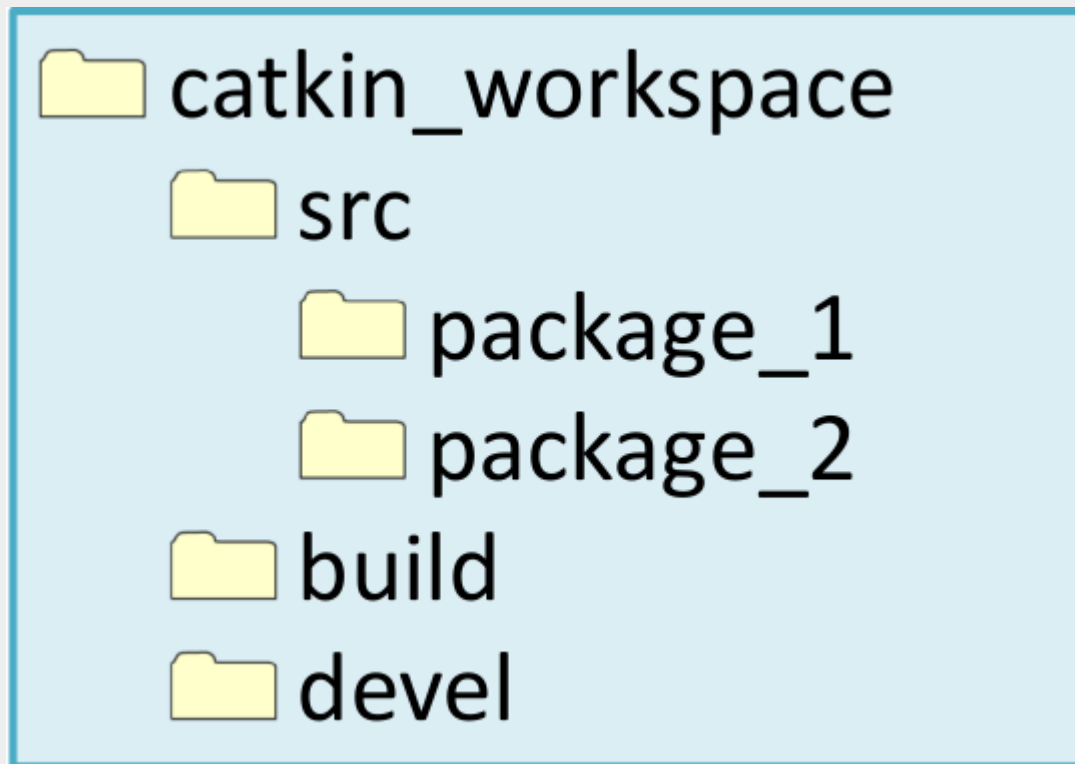
La commande ***roscd*** : Bascule le répertoire directement sur le paquet.

```
roscd find my_super_package
```

La commande ***catkin_create_pkg*** permet de créer un nouveau package.

Quelques éléments de base

- ✓ Le **workspace** : C'est un répertoire contenant plusieurs packages ROS.



Le dossier ***build*** contient les détails de la compilation des packages.
Le dossier ***devel*** contient les résultats compilés (les cibles du cmake).

Quelques éléments de base

Etapes de création d'un workspace catkin

1. `mkdir -p ~/catkin_ws/src`
 2. `cd ~/catkin_ws/src`
 3. `catkin_init_workspace`
 4. `cd ~/catkin_ws/`
 5. `catkin_make`
 6. `source devel/setup.bash`
- ✓ La commande **catkin_init_workspace** permet d'initialiser le **workspace** en créant un fichier **CMakeLists.txt** dans le dossier **src**.
 - ✓ La commande **catkin_make** crée les dossiers **build** et **devel**.
 - ✓ La commande **source devel/setup.bash** ajoute le chemin **~/catkin_ws/src** dans la variable **ROS_PACKAGE_PATH**.

Quelques éléments de base

- ✓ Le **stack of packages** : Une collection de packages, c'est un répertoire qui contient des répertoires de packages.

Permet de rassembler des packages interdépendants autour d'une même thématique.

ROS Navigation Stack

<https://github.com/ros-planning/navigation/tree/indigo-devel>

Quelques éléments de base

- ✓ Le **message** : Types de données ROS, échangés via un **topic** entre des nœuds.
- ✓ Il est défini dans un langage IDL (Interface **D**escription **L**anguage).
- ✓ Sauvegardé dans un fichier **.msg** dans le sous dossier **msg** du package.
- ✓ Génération automatique de code via des instructions dans le CMakeLists.txt et package.xml.

Quelques éléments de base

- ✓ Types disponibles dans les messages :
<http://wiki.ros.org/msg#Fields>
- ✓ On peut aussi ajouter des constantes. Ex : ***int32 X=12***
- ✓ La commande ***rosmmsg*** permet d'afficher les infos d'un message.

```
rosmmsg show RPY
```

RPY.msg

float64 roll
float64 pitch
float64 yaw

PoseRPY.msg

#include <my_package/RPY.h>
geometry_msgs/Vector3 position
RPY orientation

Quelques éléments de base

- ✓ Le **node (noeud)** : Un **node** est un exécutable qui utilise ROS pour communiquer via des **topics** ou des **services** avec d'autres nœuds.
- ✓ Les **nodes** peuvent être distribués sur plusieurs machines séparées.
- ✓ Les **nodes** sont programmés via une librairie cliente (roscpp, rospy, roslisp) en fonction du langage de programmation utilisé.

```
roscpp info my_node
```

```
roscpp my_package my_node
```

roscpp permet d'obtenir des infos sur un node.

roscpp permet de lancer un node qui se trouve dans un package.

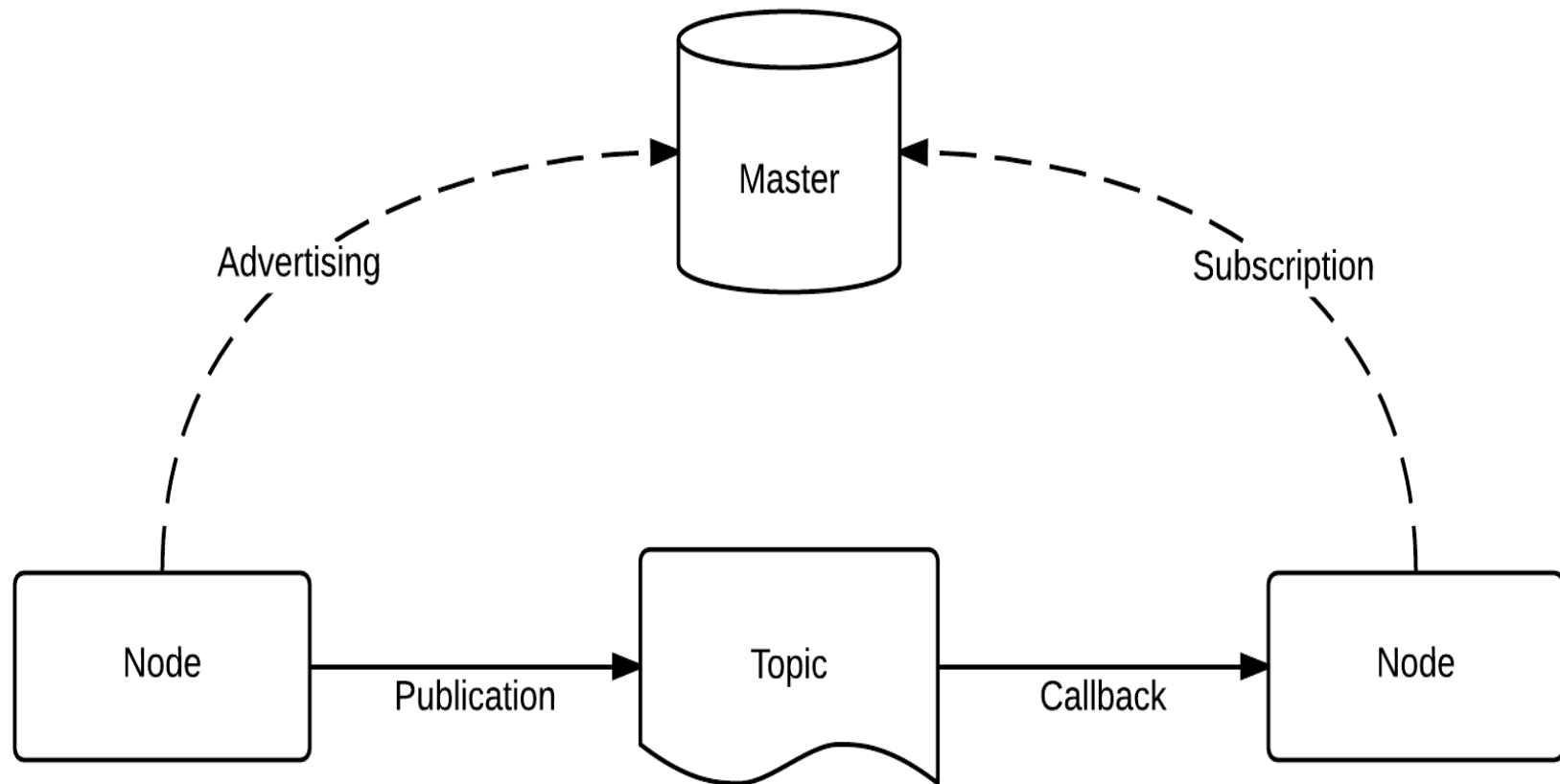
Quelques éléments de base

- ✓ Le **Master** : Aide les nœuds à se trouver mutuellement (similaire à un DNS).
- ✓ Permet la communication *peer-to-peer* entre les nœuds. Il mémorise les *topics* et *services* de chaque nœuds.
- ✓ On le lance via la commande *roscore*.

Quelques éléments de base

- ✓ Le **Topic** : Une sorte de bus qui possède un nom et permet aux nœuds de publier des messages sur un **topic** aussi bien que souscrire à un **topic** pour recevoir des messages.
- ✓ Il s'agit d'une communication asynchrone.
- ✓ Les **Publishers** sont des nœuds qui publient des messages dans un **topic**.
- ✓ Les **Subscribers** sont des nœuds qui reçoivent des messages via un **topic**.

Quelques éléments de base



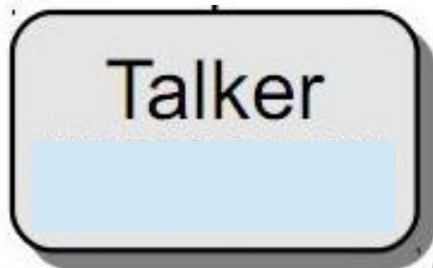
Quelques éléments de base



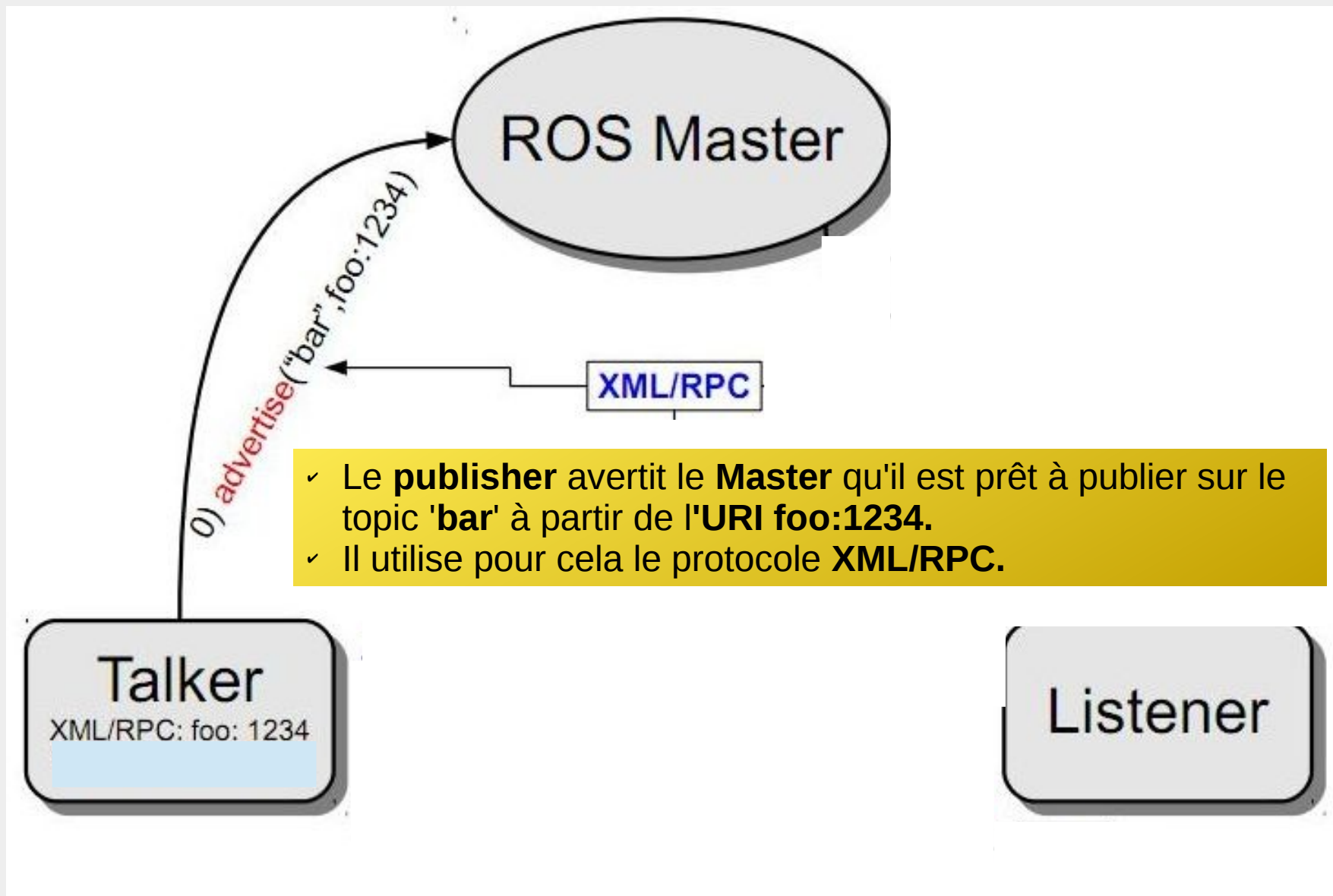
Un noeud de type **Master**

Un nœud qui publie **Talker** : (*Publisher*)

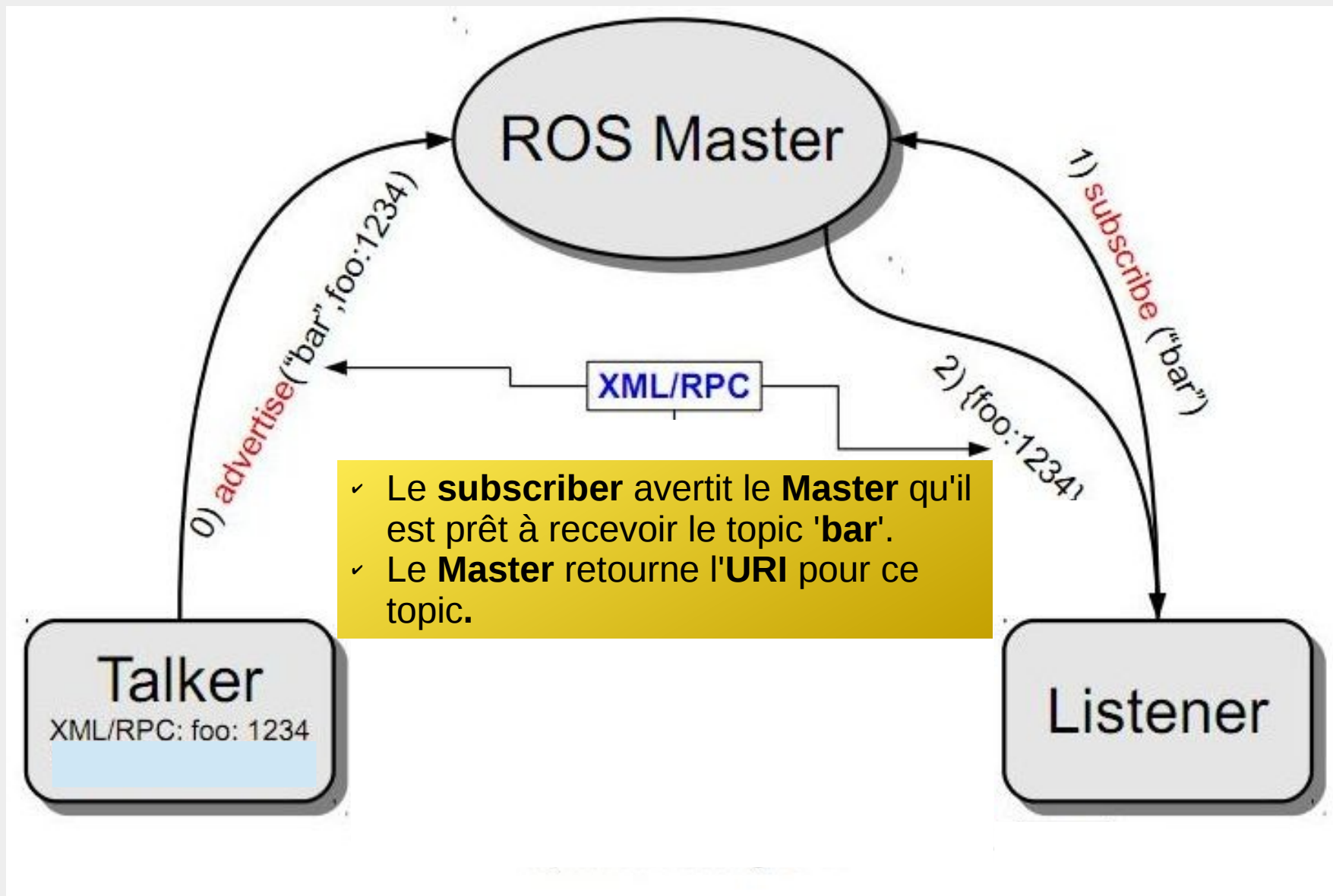
Un nœud qui écoute **Listener** : (*Subscriber*)



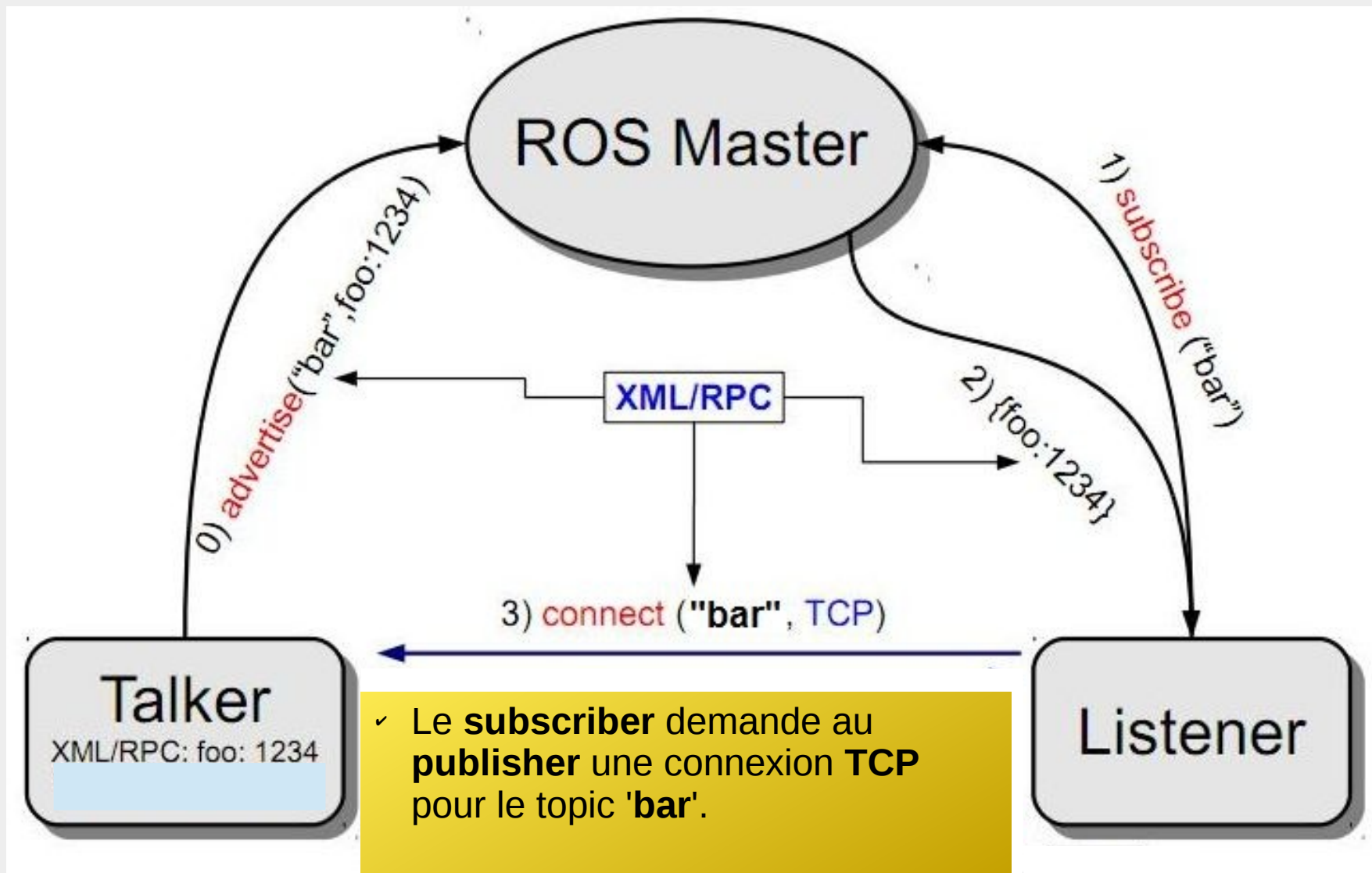
Quelques éléments de base



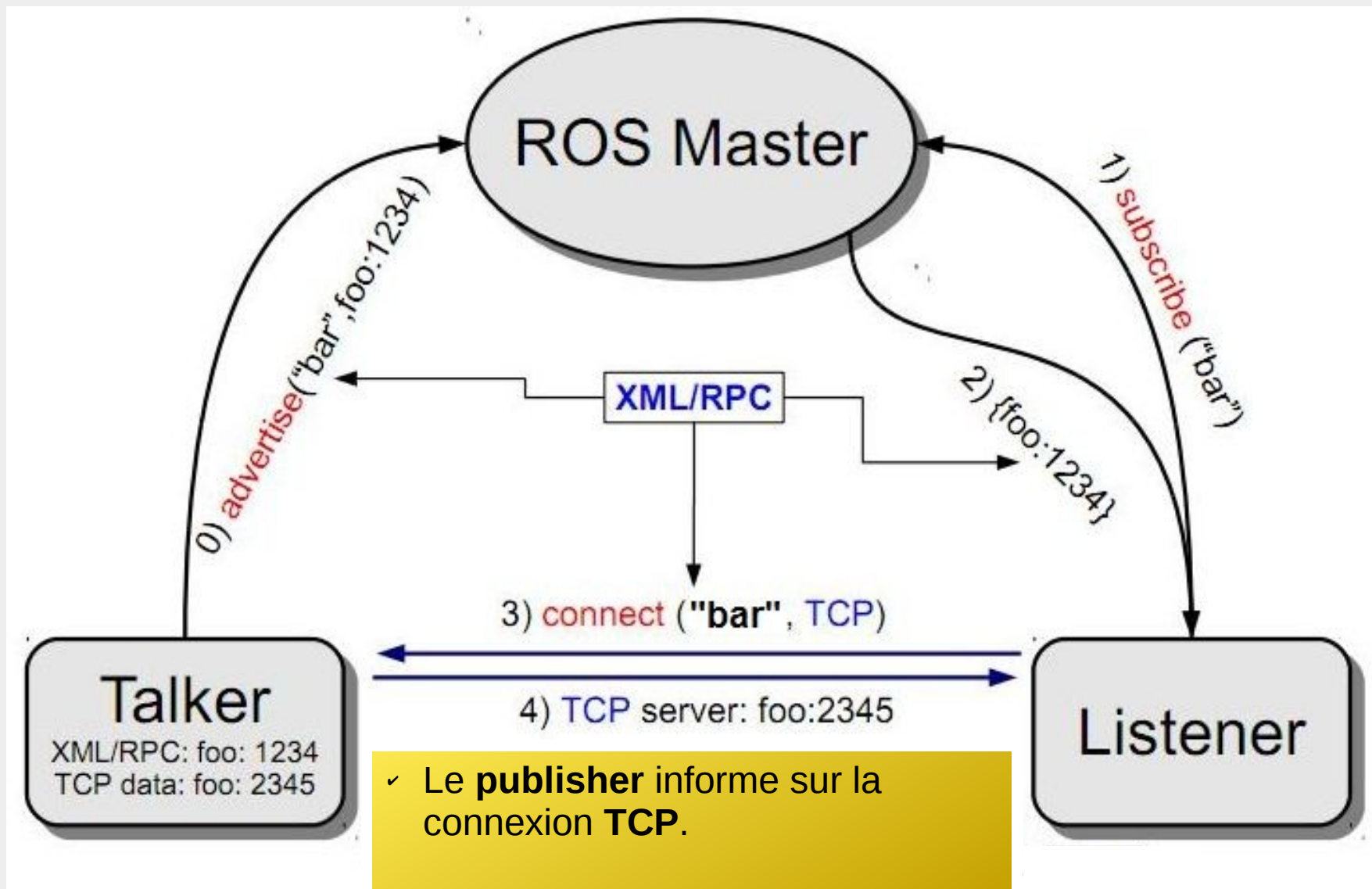
Quelques éléments de base



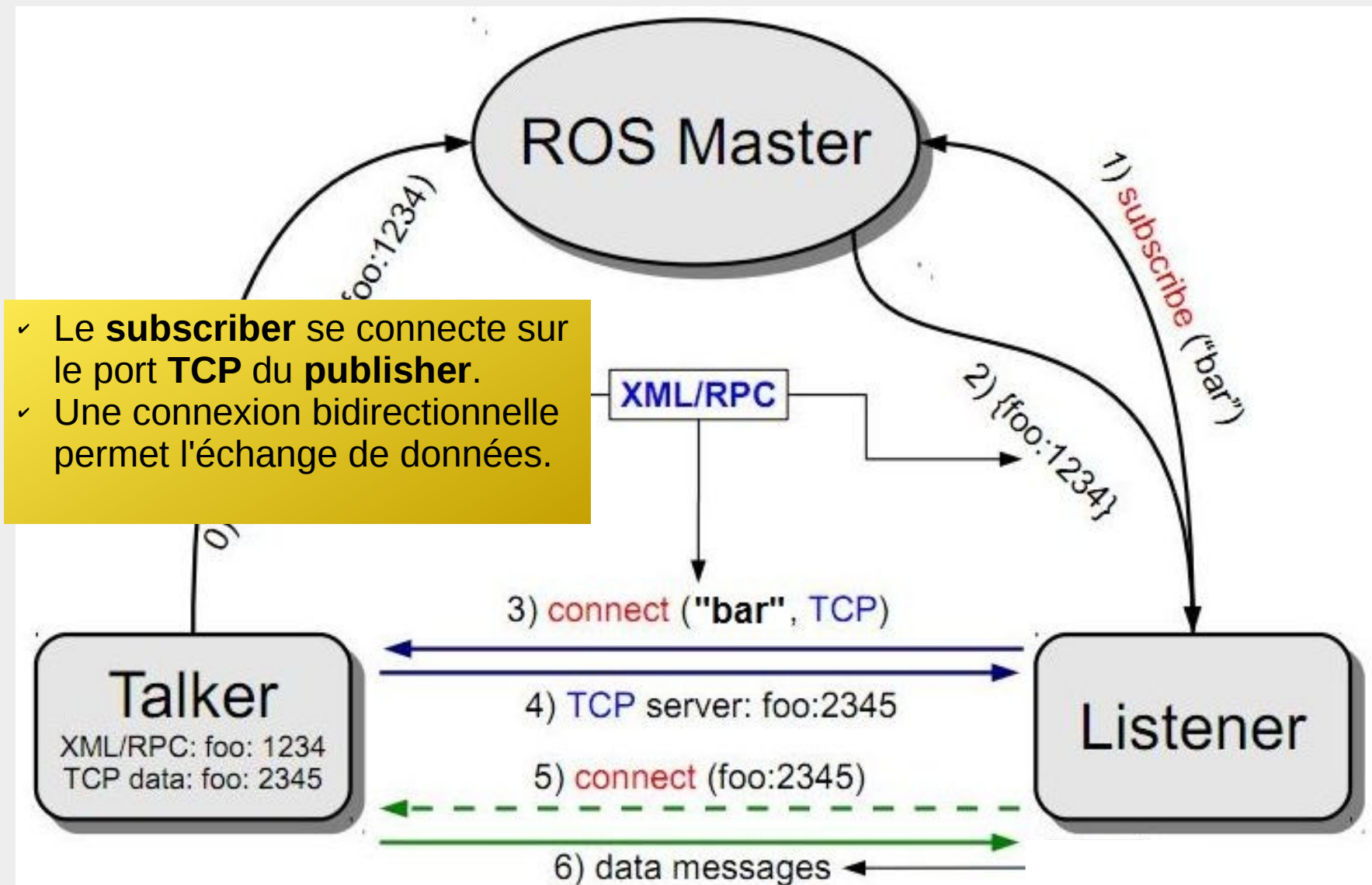
Quelques éléments de base



Quelques éléments de base



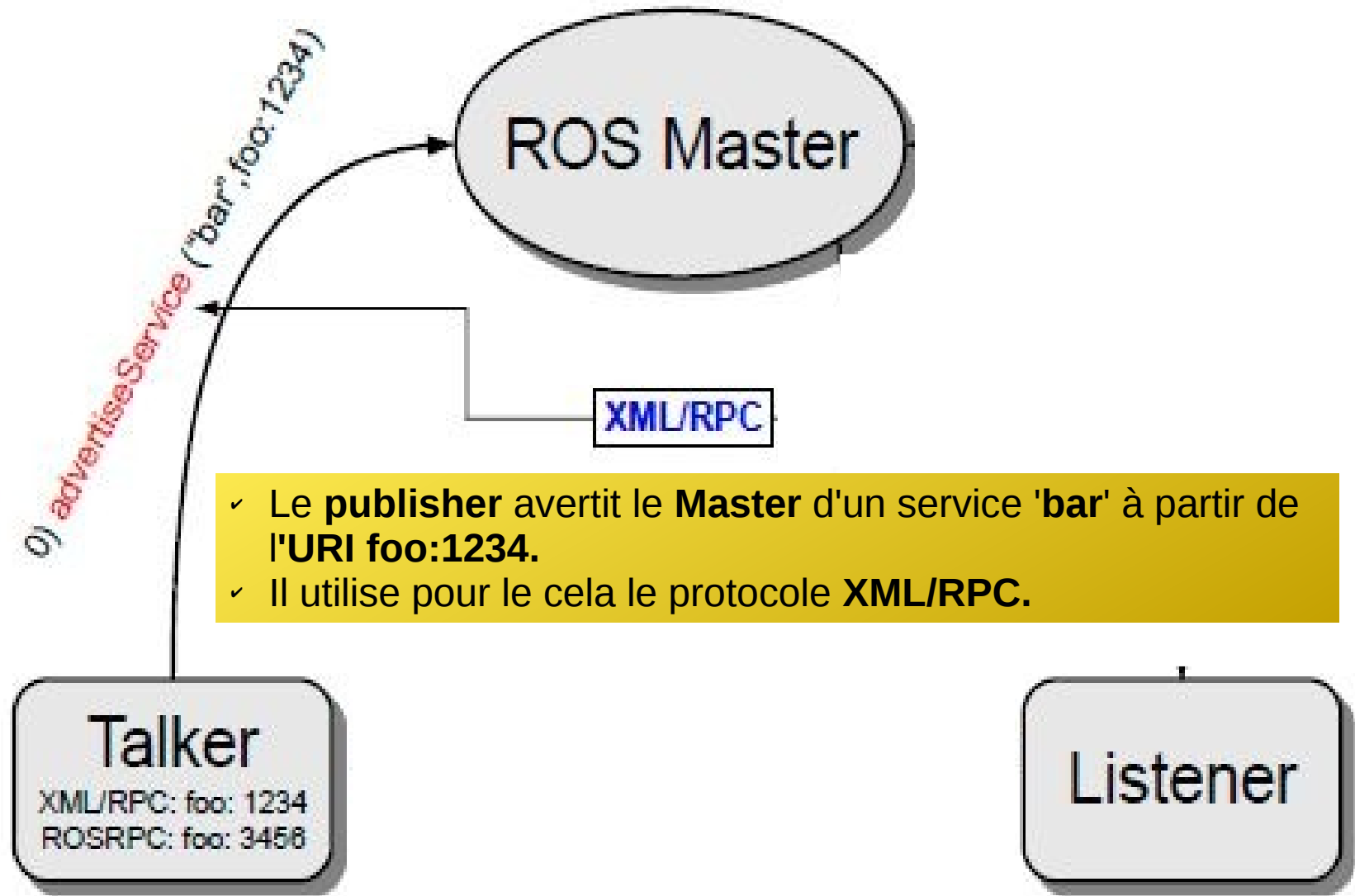
Quelques éléments de base



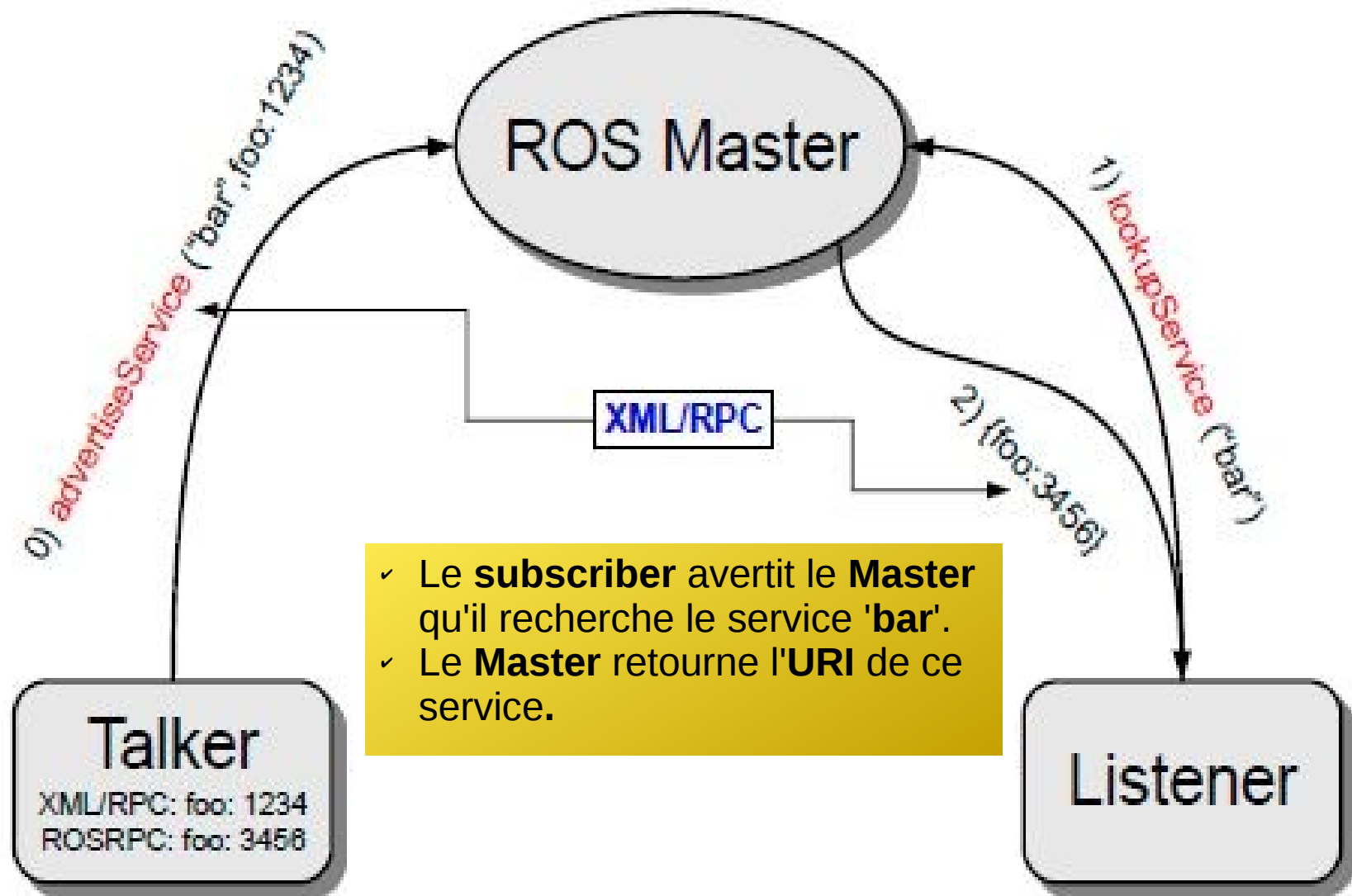
Quelques éléments de base

- ✓ Le **Service** : C'est une méthode de communication synchrone entre 2 nœuds (RPC = Remote Procedure Calls).
- ✓ Ce coup-ci un 'node 1' peut envoyer une demande ('request') à un autre 'node 2', le 'node 1' attendra une réponse ('response') du 'node 2'.
- ✓ C'est en quelque sorte un appel 'remote' de fonctionnalités d'un 'node' à partir d'un autre 'node'.
- ✓ Les services sont décrits dans le langage IDL dans un fichier à l'extension **.srv** dans le sous dossier **srv** du package.
- ✓ Génération automatique de code via des instructions dans le CMakeLists.txt et package.xml.

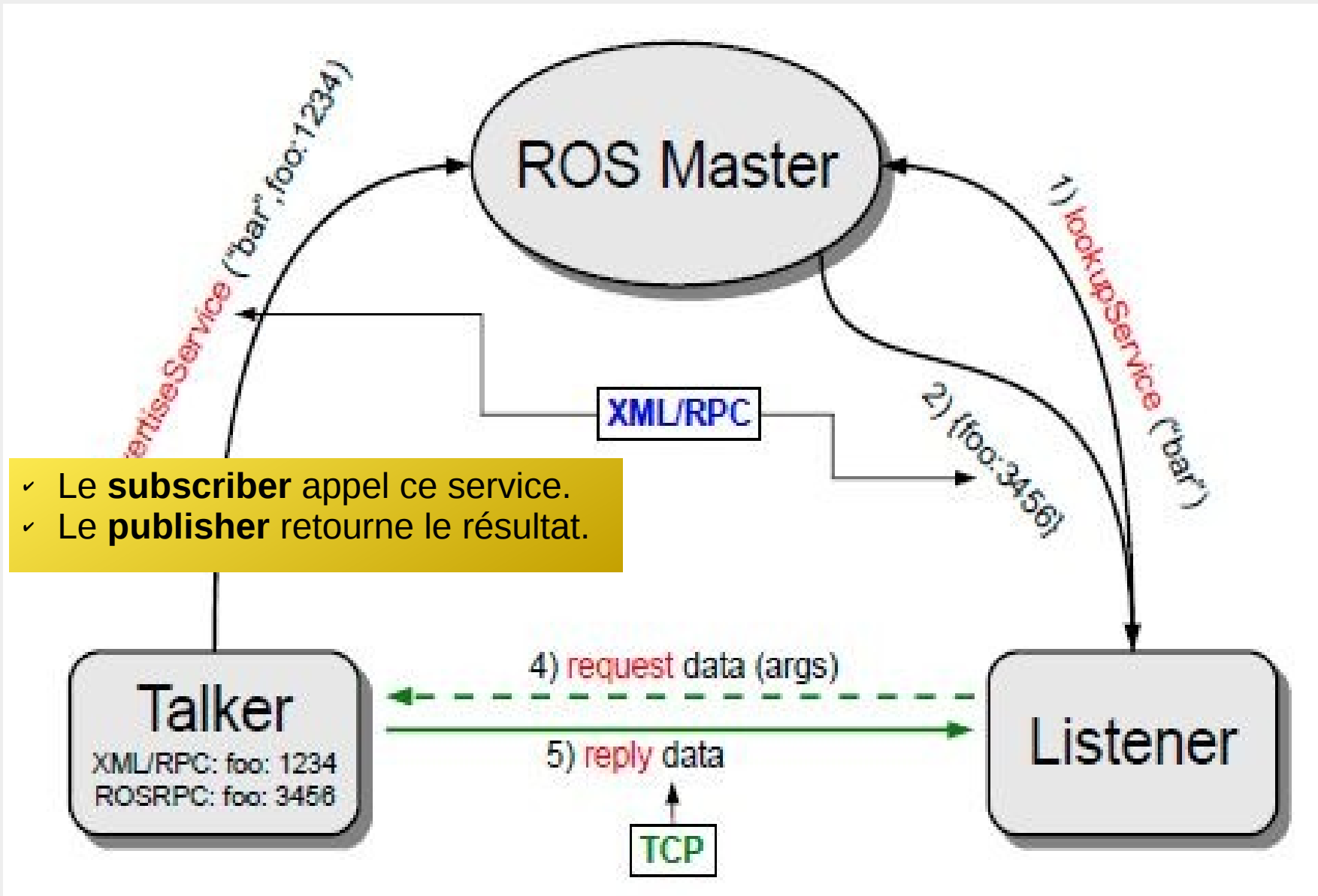
Quelques éléments de base



Quelques éléments de base



Quelques éléments de base



Quelques éléments de base

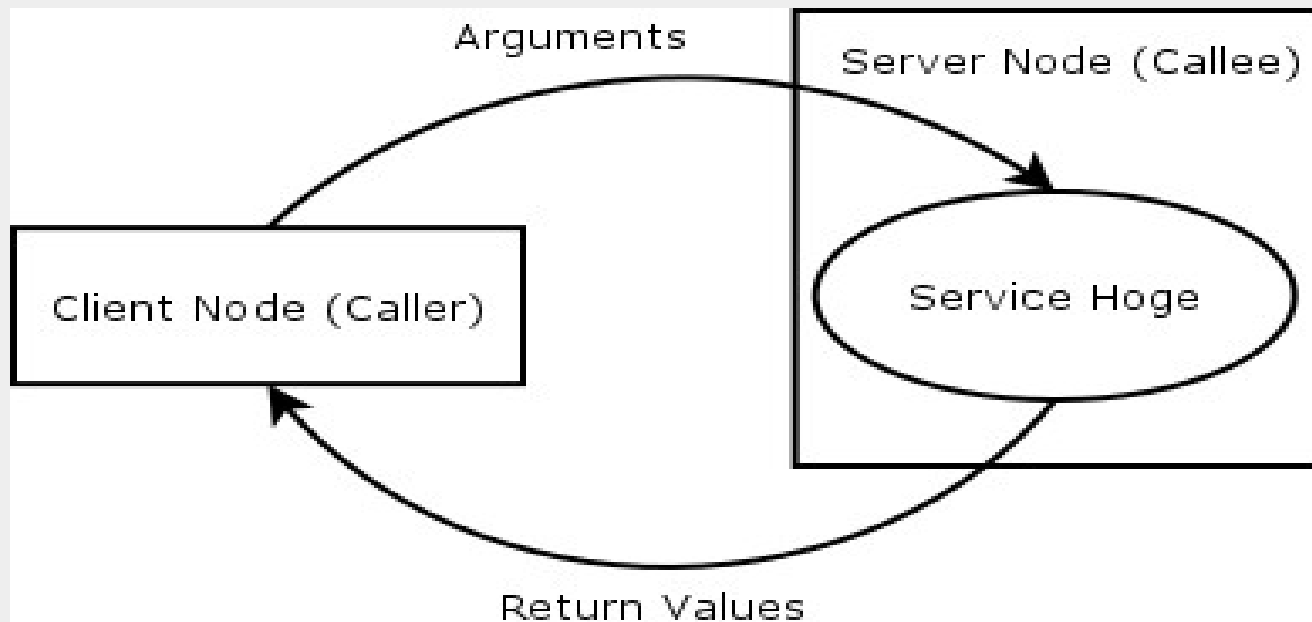
Request → a,b Response → sum (séparés par '---') :

add two ints.srv

int64 a

int64 b

int64 sum



Quelques éléments de base

- ✓ La commande ***rosservice*** permet de lister, trouver, lancer un service.
- ✓ La commande ***rossrv*** permet d'afficher les infos d'un service.

```
rosservice call /add_two_ints 1 2
```

```
rossrv show /add_two_ints
```

Jouons un peu avec ROS - turtlesim

<http://wiki.ros.org/turtlesim>

Lancer le **Master**

```
roscore
```

Lancer le **publisher**

```
roslaunch turtlesim turtlesim_key
```

Lancer le **subscriber**

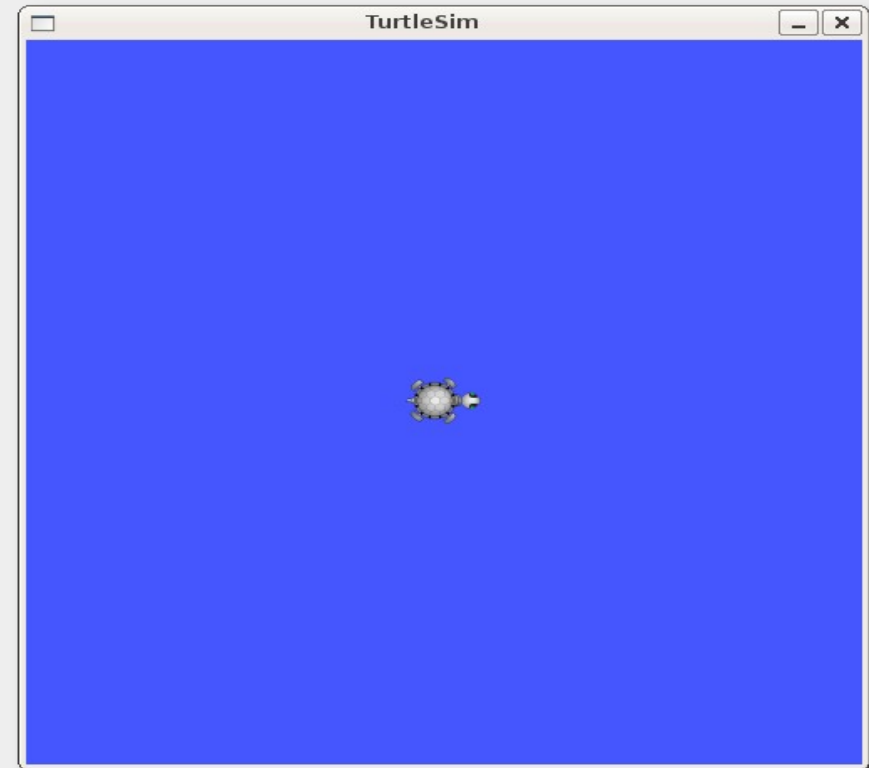
```
roslaunch turtlesim turtlesim_node
```

Lister les **Noeuds** lancés, obtenir des infos

```
roslaunch turtlesim turtlesim_node
```

```
roslaunch turtlesim turtlesim_node
```

```
roslaunch turtlesim turtlesim_node
```



Jouons un peu avec ROS - turtlesim

<http://wiki.ros.org/turtlesim>

Lancer un noeud sous un autre nom

```
roslaunch turtlesim turtle_teleop_key __name := Toto
```

Lister les **Noeuds** lancés, obtenir des infos

rostopic list

rostopic info /Toto

rostopic ping /Toto

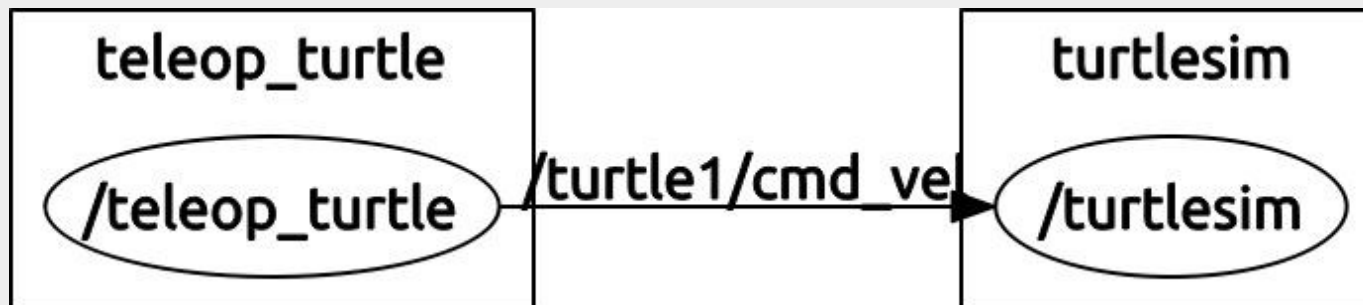
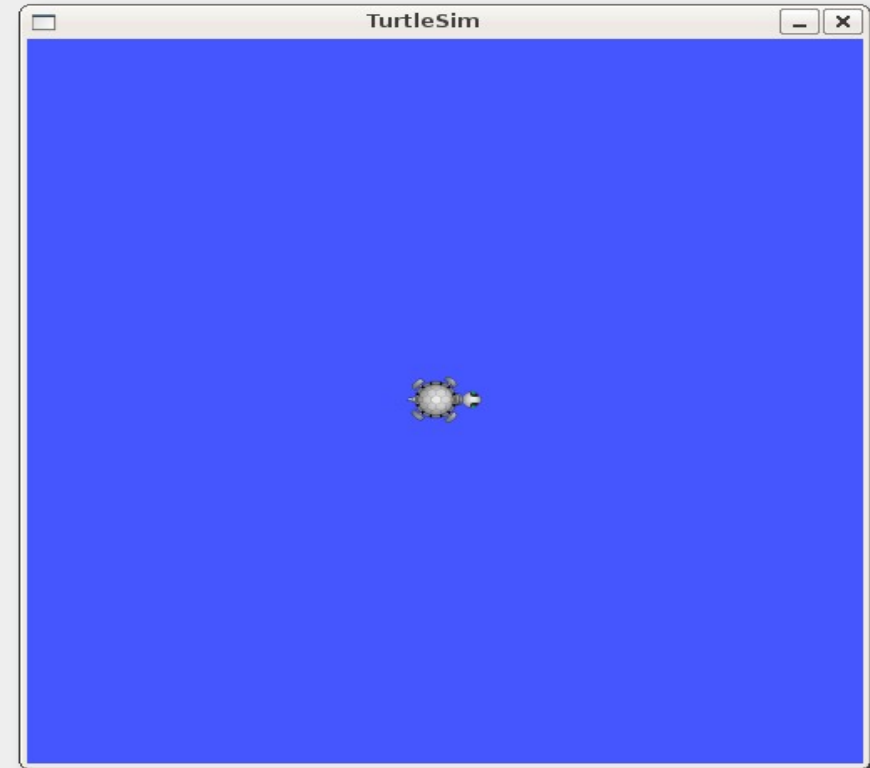
Jouons un peu avec ROS - turtlesim

<http://wiki.ros.org/turtlesim>

Voir le graphe ROS :

```
rqt_graph
```

```
roslaunch rqt_graph rqt_graph
```



Jouons un peu avec ROS - turtlesim

Liste des topics :

```
rostopic list
```

Infos sur le topic de commande :

```
rostopic info /turtle1/cmd_vel
```

Infos sur le message du topic de commande :

```
rosmmsg show geometry_msgs/Twist
```

Appuyer sur les flèches de votre clavier et afficher les données du topic commande :

```
rostopic echo /turtle1/cmd_vel
```

Jouons un peu avec ROS - turtlesim

Publier des données sur le topic commande :

Publier une seule fois (option -1) :

```
rostopic pub -1 /turtle1/cmd_vel geometry_msgs/Twist -- '[2.0, 0.0, 0.0]' '[0.0, 0.0, 1.8]'
```

Ou encore comme ceci :

```
rostopic pub -1 /turtle1/cmd_vel geometry_msgs/Twist '{linear: {x: 2.0, y: 0.0, z: 0.0}, angular: {x: 0.0, y: 0.0, z: 1.8}}'
```

Publier à une fréquence (rate) de 1hz (option -r 1) :

```
rostopic pub /turtle1/cmd_vel geometry_msgs/Twist -r 1 -- '[2.0, 0.0, 0.0]' '[0.0, 0.0, 1.8]'
```

Jouons un peu avec ROS - turtlesim

Infos sur le topic pose :

```
rostopic info /turtle1/pose
```

Infos sur le message du topic pose :

```
rosmmsg show turtlesim/Pose
```

Appuyer sur les flèches de votre clavier et afficher les données du topic pose :

```
rostopic echo /turtle1/pose
```


Jouons un peu avec ROS - turtlesim

Liste des services :

```
rosservice list
```

Infos sur le service set_pen :

```
rosservice info /turtle1/set_pen
```

```
rossrv show turtlesim/SetPen
```

Appeler le service set_pen :

```
rosservice call /turtle1/set_pen 10 10 10 25 0
```

```
(r= 10, g=10, b=10, width=25, off=0)
```

Jouons un peu avec ROS - turtlesim

Essayer les services ... :

```
/clear
```

```
/turtle1/teleport_absolute
```

```
/turtle1/teleport_relative
```

La communauté ROS

- ✓ Les distributions : <http://wiki.ros.org/Distributions>
- ✓ Les packages : <http://www.ros.org/browse/list.php>
- ✓ ROS wiki : <http://wiki.ros.org/>
- ✓ ROS mailing list : <http://discourse.ros.org/>
- ✓ ROS answers : <http://answers.ros.org/questions/>