TP IoT : Simulation de réseaux de capteurs avec Cooja

Dosseh KOUTO

Novembre 2019

Table des matières

1. Introduction

Ce tutoriel vise à présenter le simulateur Cooja et à guider le lecteur dans un exercice de simulation des capteurs. Nous allons travailler dans un premier temps avec l'exemple de Hello World pour vous familiariser avec son code source, Broadcast pour la Diffusion d'un message à travers le réseau et powertrace pour tester la consommation d'énergie des nœuds.

2. Description du simulateur.

COOJA est l'acronyme de Contiki OS JavaSimulator. Pour développer les programmes au sein de Contiki, le système met à disposition un simulateur réseau appelé Cooja. Le logiciel permet d'émuler des nœuds et de charger un programme compilé. Ceci est particulièrement utile pour tester les programmes avant de les mettre dans la mémoire flash des nœuds réels, puisque le logiciel simule les conditions d'exécution et de mémoire de la plateforme TI MSP430. Les données collectées provenant du sink via sa sortie standard peuvent être enregistrées dans des fichiers ou lus par des logiciels qui peuvent par la suite traiter et présenter les données à l'utilisateur. On peut par exemple citer le logiciel collect-view intégré dans Contiki qui permet de visualiser les valeurs des capteurs et des données de supervision du réseau. En revanche, Cooja a un intérêt limité si l'on veut tester des algorithmes de géolocalisation basés sur le RSSI. En effet, le logiciel utilise un modèle linéaire pour simuler ces valeurs en fonction de la distance, alors qu'en réalité, le modèle est logarithmique. De plus, l'environnement simulé ne reflète pas la réalité en raison de la non prise en compte des perturbations engendrées par les murs, sols…

3. Les différents outils nécessaires :

- **Ant :**
  - Ant est un logiciel créé par la fondation Apache qui vise à automatiser les opérations répétitives du développement de logiciel telles que la compilation, la génération de documents (Javadoc) ou l'archivage au format JAR, à l'instar des logiciels Make (source Wikipedia).
  - Pour installer ce premier paquet, il faudra utiliser la commande suivante dans un terminal : **sudo apt-get install ant**

- **Le compilateur MSP430 :**
  - Cooja simule les communications réseau en utilisant l'émulateur MSPSim pour émuler finement (au niveau des instructions) l'exécution d'un programme sur une plateforme basé sur un processeur MSP430.

- Il nous faudra donc un compilateur adapté à cette architecture.
- La commande suivante permet son installation :
  sudo apt-get install gcc-msp430.

➢ **Le JDK :**
- Apache Ant étant écrit en Java, il a besoin d'une machine virtuelle (JVM : Java Virtual Machine) pour fonctionner.
- Nous installerons donc Open-JDK (Java Developpement Kit) pour pouvoir l'utiliser. **sudo apt-get install openjdk-8-jdk-headless**.

➢ **Téléchargement et installation de Contiki :**
- Contiki 2.7 peut être téléchargé à l'adresse suivante :
  https://sourceforge.net/projects/contiki/files/Contiki/Contiki%202.7/contiki-2.7.zip/download.
- Il faut ensuite décompresser le fichier obtenu dans le répertoire Home de votre utilisateur : **unzip contiki-2.7.zip**

4. Répertoires pertinents

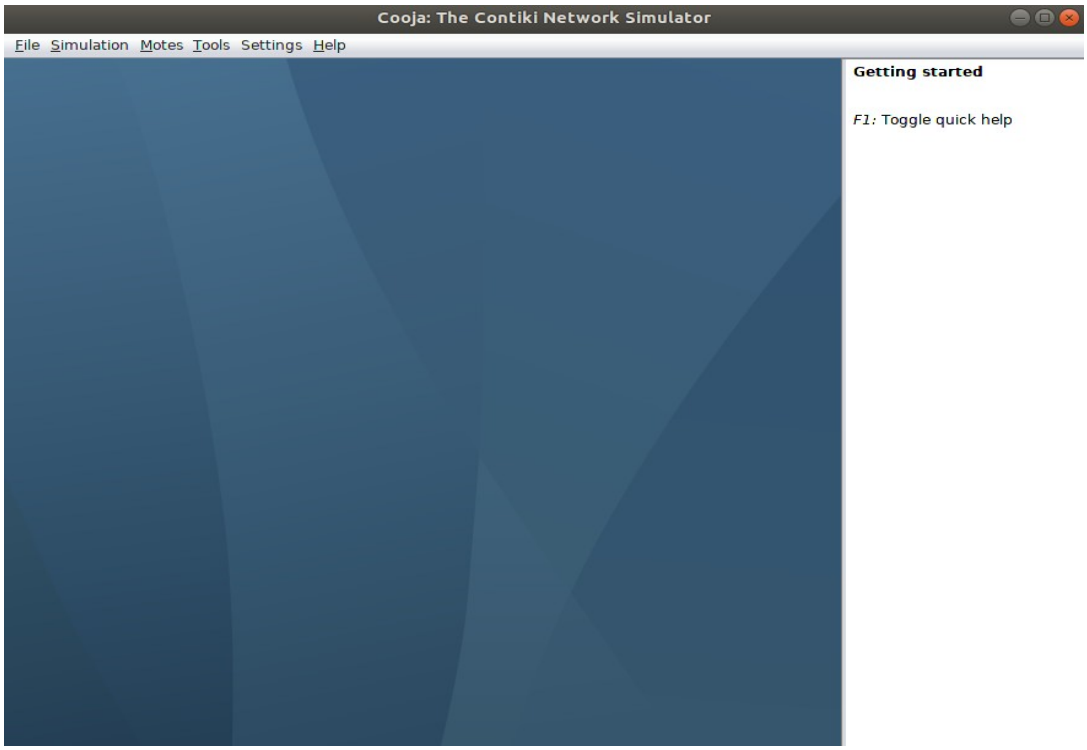
➢ **/ contiki / tools / cooja /** : Ce dossier contient le code source de Cooja Simulator. Vous pouvez exécuter Cooja dans ce répertoire.
➢ **/ contiki / examples / hello-world /** : Ceci a le code source de l'exemple Hello World.

5. Lancement du simulateur Cooja

La manière simple d'exécuter Cooja est de l'exécuter dans son propre répertoire.

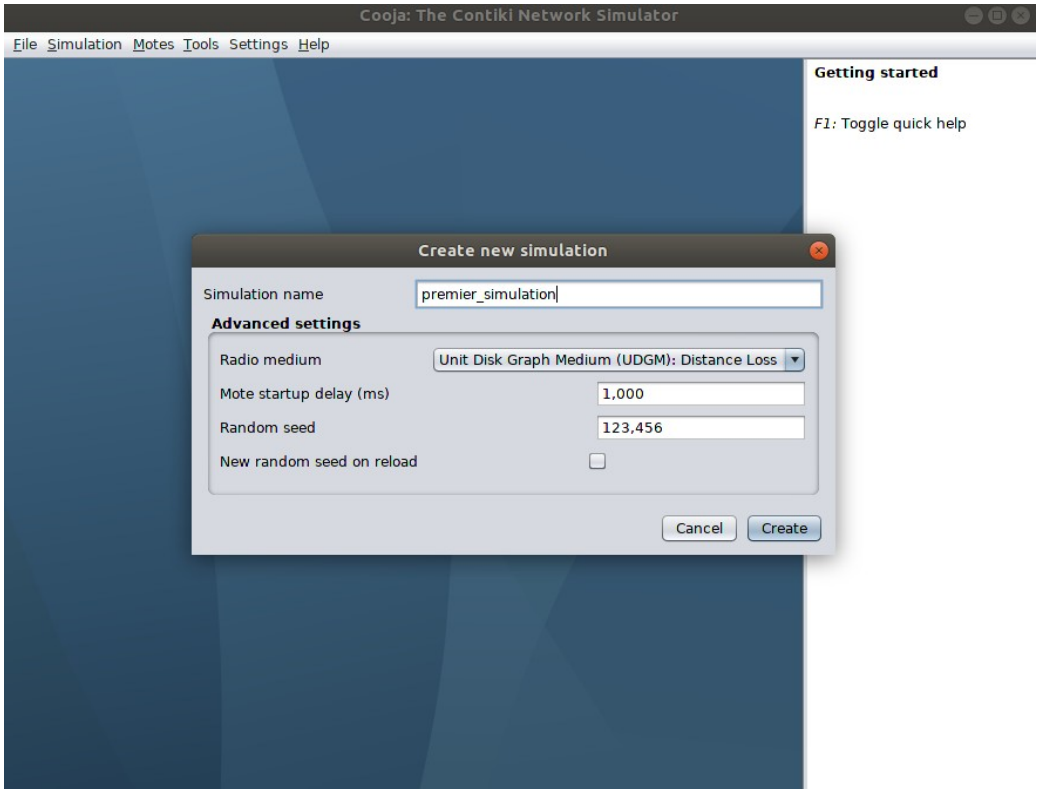
cd contiki/tools/cooja
ant run

Lorsque vous exécutez Cooja, la fenêtre suivante s'ouvre.



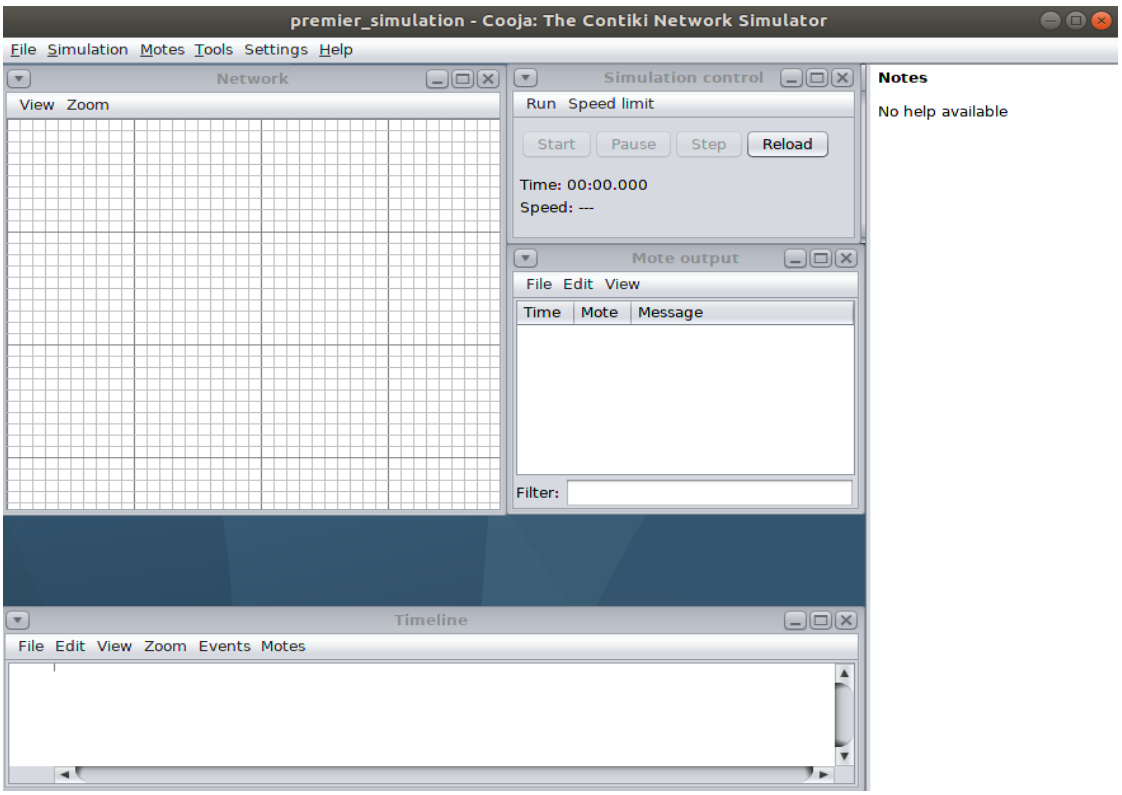
6. Création d'une nouvelle simulation :

Dans le menu Fichier, vous pouvez démarrer une nouvelle simulation ou ouvrir une simulation existante. En ce moment, nous allons en commencer un nouveau. Vous devriez choisir : **File > New simulation....** La fenêtre suivante devrait apparaître.



Dans la zone **Simulation name** (Nom de la simulation), vous devez entrer un identificateur pour la nouvelle simulation et dans les réglages avancés, vous pouvez choisir les paramètres de la simulation tels que le support radio, le délai de démarrage des nœuds et la génération aléatoire de semences. Nous allons créer une simulation appelée "premier_simulation", comme montré ci-dessus.

Après avoir créé une nouvelle simulation, la fenêtre de Cooja est remplie des principaux outils de simulation, comme le montre l'image suivante.



7. Fenêtre de simulation :

Dans une simulation nous avons plusieurs fenêtres. Nous décrivons ici brièvement les fonctionnalités de chaque fenêtre :

- **Network (Réseau)** :

En haut à gauche de l'écran, affiche l'emplacement de chaque nœud du réseau. Permet de visualiser l'état de chaque nœud, y compris les LEDs, les identificateurs de mote, les adresses, les sorties lof, etc. Au départ, cette fenêtre est vide et nous devons la remplir avec nos capteurs.

- **Simulation Control (Contrôle de simulation) :**

Sur le côté droit de l'écran, ce panneau est utilisé pour démarrer, mettre en pause, recharger ou exécuter les étapes de la simulation. Il indique le temps d'exécution et la vitesse de la simulation. Cela signifie que nous pouvons exécuter les événements plusieurs fois plus rapidement qu'en temps réel.

- **Notes :**

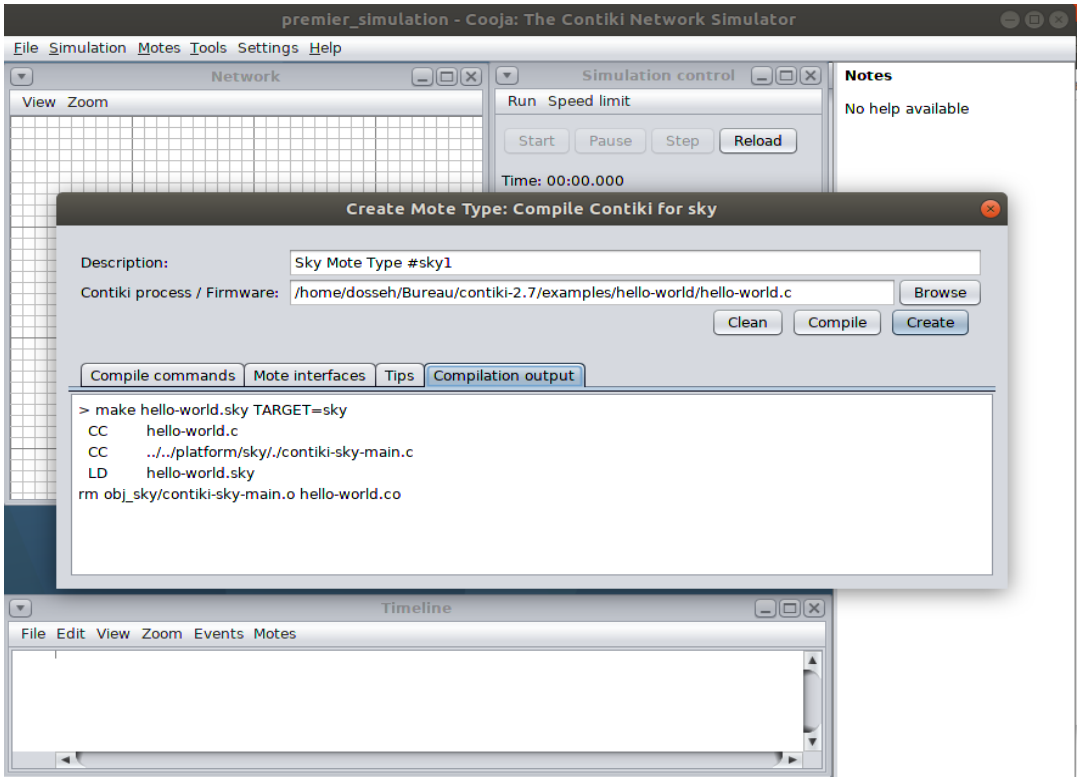
En haut à droite Il s'agit d'un simple bloc-notes pour prendre des notes sur la simulation.

- **Mote output (Sortie Mote):**

Sur le côté droit de l'écran, affiche toutes les sorties de l'interface série des nœuds. Il est possible d'activer une fenêtre de sortie Mote pour chaque nœud de la simulation.

- **Timeline (Ligne de temps de simulation) :**

En bas de l'écran, où les messages et les événements tels que le changement de canal, les changements de LED, les sorties de journal, etc. sont affichés.



En plus des outils par défaut, il est possible d'afficher d'autres outils tels que les points d'arrêt, les messages radio, l'éditeur de script, la vue tampon et le duty cycle Mote, qui peuvent être activés dans le menu Tools.

8. Création d'un nouveau type de mote :

Vous devez créer un nouveau type de mote avant de commencer toute simulation. Vous pouvez le faire dans le menu **Motes > Add motes > Create new motes type**. Sélectionnons **Sky mote** afin de créer une mote du même type que le **Tmote Sky** utilisé.

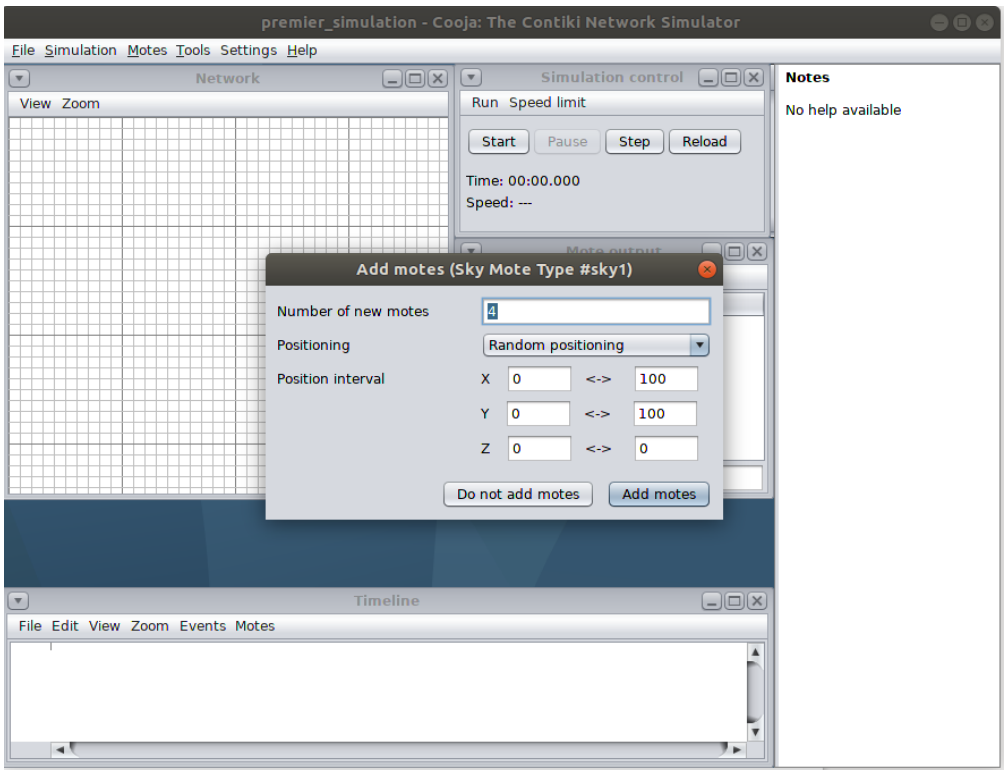
La fenêtre qui apparaît (voir ci-dessous) demande la description du nouveau type de mote et le processus Contiki / Firmware. Vous pouvez nommer votre type de mote comme Premier type de mote et vous pouvez sélectionner le firmware qui sera utilisé pendant la simulation en utilisant le bouton Parcourir. Après avoir sélectionné le firmware souhaité, vous pouvez tester la compilation en cliquant sur le bouton Compile.

9. Description de la simulation de base effectuée avec Cooja (Hello World).

Dans cet exemple, nous utiliserons le fimware Hello World, généralement situé à **/contiki/examples/hello-world/hello-world.c**. Si le processus de compilation est réussi, vous verrez un message final : **LD hello-world.sky** dans l'onglet Compilation output.

a. Ajout de motes et exécution de la simulation :

Après avoir compilé avec succès le firmware à la dernière étape, vous devez cliquer sur le bouton **created** (voir figure ci-dessus). Un nouveau type de mote sera créé et vous pourrez ajouter quelques nœuds du même type dans votre simulation. Vous verrez la fenêtre ci-dessous, dans laquelle vous pourrez définir le nombre de nœuds qui seront créés et spécifier leur position. Dans cet exemple, nous allons créer 4 nouveaux nœuds et ils auront un positionnement aléatoire.
Ensuite, on peut démarrer la simulation.



b. Enregistrement du fichier de simulation :

La configuration et les paramètres de la simulation tels que le nombre de nœuds, le type de nœuds, le firmware utilisé, l'emplacement des nœuds, etc. peuvent être

stockés dans un fichier pour des simulations futures. Vous pouvez enregistrer votre configuration de simulation dans **File > Save simulation as...**.

c. Code du hello world

```
//------------------------ Debut Hello World ------------------------
#include "contiki.h"
#include <stdio.h>
PROCESS(hello_world_process, "Hello world process");
AUTOSTART_PROCESSES(&hello_world_process);
PROCESS_THREAD(hello_world_process, ev, data)
{
PROCESS_BEGIN();
printf("Hello, world\n");
PROCESS_END();
}
//------------------------- Fin Hello World -------------------------
```

d. Modification du hello world :

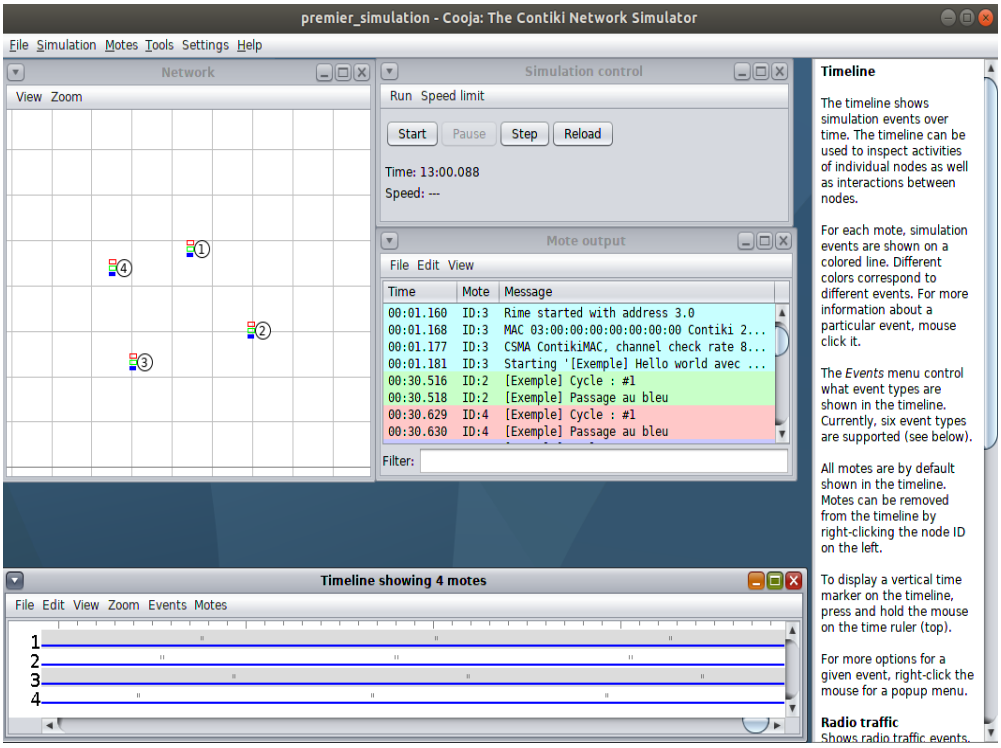
On va modifier le code comme suit afin de faire clignoter les 4 LED.

```
//---------------------- Debut Hello World Modifier -------------------
#include <stdio.h> /* For printf() */
#include "contiki.h"
#include "dev/leds.h"
#include "lib/random.h"
#include "sys/ctimer.h"
#include "sys/etimer.h"

static struct etimer et_hello;
static uint16_t count;
static uint8_t blinks;
PROCESS(hello_world_process, "[Exemple] Hello world avec affichage des LED");
AUTOSTART_PROCESSES(&hello_world_process);//, &blink_process);


PROCESS_THREAD(hello_world_process, ev, data)
{
PROCESS_BEGIN();
count = 1;
blinks = 1;
while(1) {
etimer_set(&et_hello, CLOCK_SECOND*30); // Start the timer
PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(ev == PROCESS_EVENT_TIMER);
printf("[Exemple] Cycle : #%u\n", count);
count++;
leds_off(LEDS_ALL);
if (blinks==1){
leds_on(LEDS_BLUE);
printf("[Exemple] Passage au bleu\n");
}
else if (blinks==2){
```

```
leds_on(LEDS_RED);
printf("[Exemple] Passage au rouge\n");
}
else if (blinks==3){
leds_on(LEDS_GREEN);
printf("[Exemple] Passage au vert\n");
blinks=0;
}
blinks++;
}
PROCESS_END();
}

//-------------------- Fin Hello World Modifier ---------------------
```

e. Aperçu de la simulation :

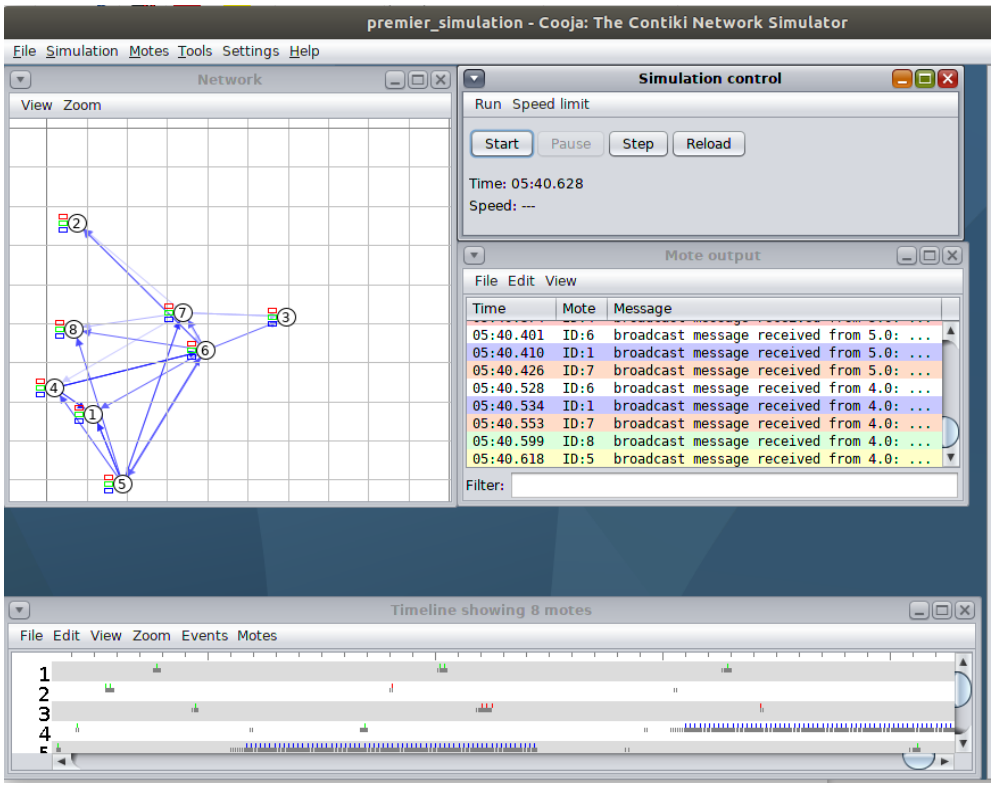
Voici l'affichage de la simulation des 4 nœuds en activant le mode de vue LED afin d'observer le changement de couleur des LEDs.



10. Diffusion d'un message à travers le réseau.

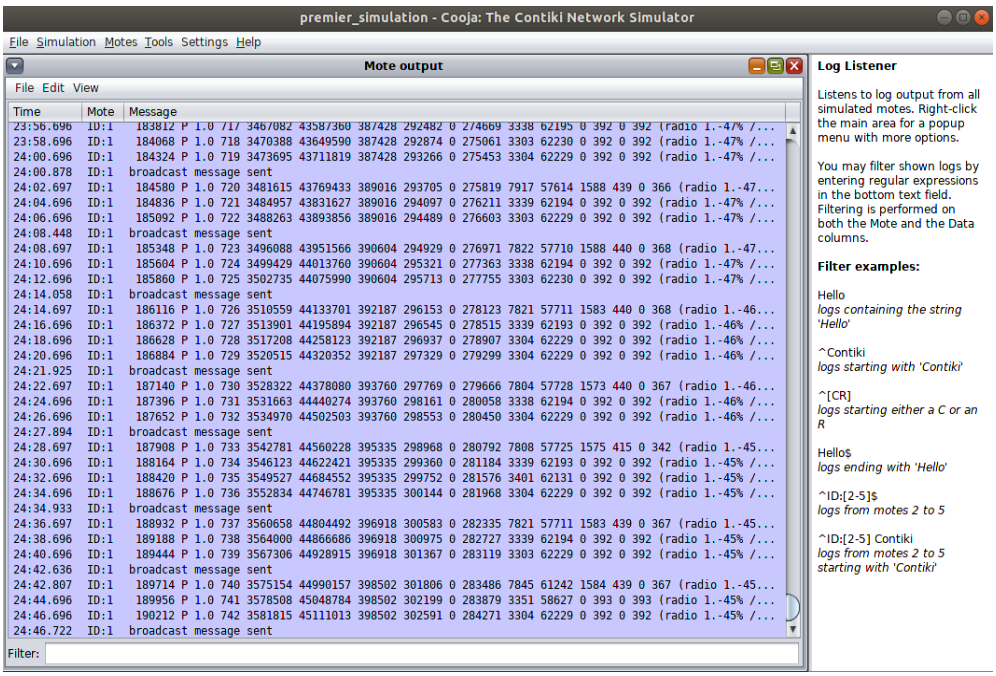
On va apprendre à faire la diffusion de message dans un réseau.
Prenons le code d'un exemple de diffusion d'un message en mode "**broadcast**".

Il s'agit du code de l'exemple "**rime**" et du fichier "**example-broadcast.c**" situé à **/contiki/examples/rime/example-broadcast.c**.
Dans cet exemple, nous allons créer 8 nouveaux nœuds et ils auront un positionnement aléatoire. Ensuite, on démarre la simulation.



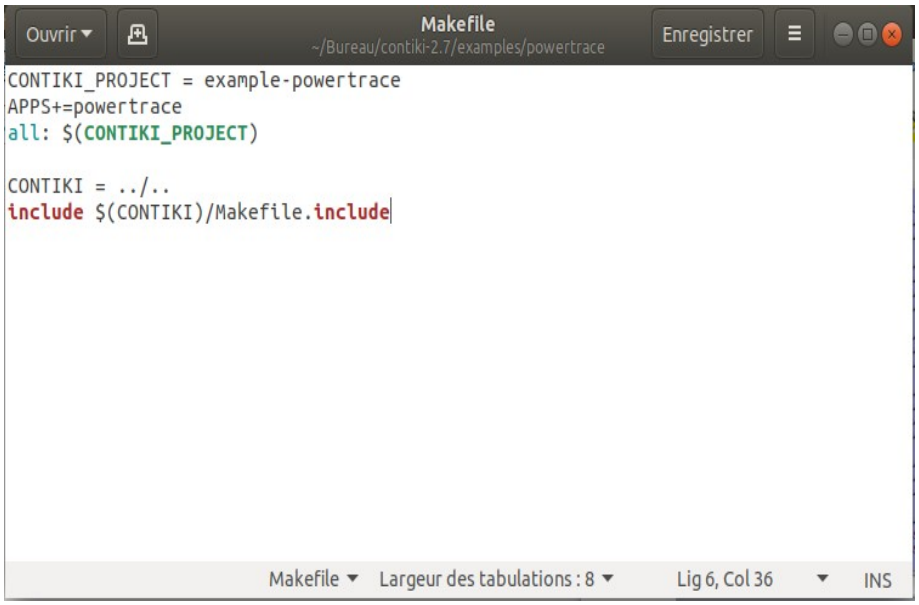
11. Test de la consommation d'énergie avec powertrace:

On va apprendre à faire le test sur la consommation d'énergie pour les nœuds grâce à la librairie PowerTrace.



Prenons l'exemple "**powertrace**" et du fichier "**example-powertrace.c**" situé à **/contiki/examples/powertrace/example-powertrace.c**.
Dans cet exemple, nous allons créer 1 nouveau nœud.
Ensuite, on démarre la simulation.

Powertrace nous affiche la consommation d'énergie pour les nœuds chaque 2 second dans ce cas.
Il est bien à savoir qu'on peut tester la consommation d'énergie sur n'importe quel programme de simulation. Pour se faire, il suffit d'inclure la bibliothèque powerTrace comme suit **: #include "powertrace.h"** et de faire un appel de la commande **powertrace_start(CLOCK_SECOND * X);** avec **X** le temps en seconde**,** qui permet d'afficher la consommation d'energie. Cette commande est implémenter dans le code juste après la commande **PROCESS_BEGIN().**
Il est nécessaire d'ajouter dans le fichier **Makefile** la commande suivante :**APPS+=powertrace.**



12. Mise en pratique :

a. Exercice :

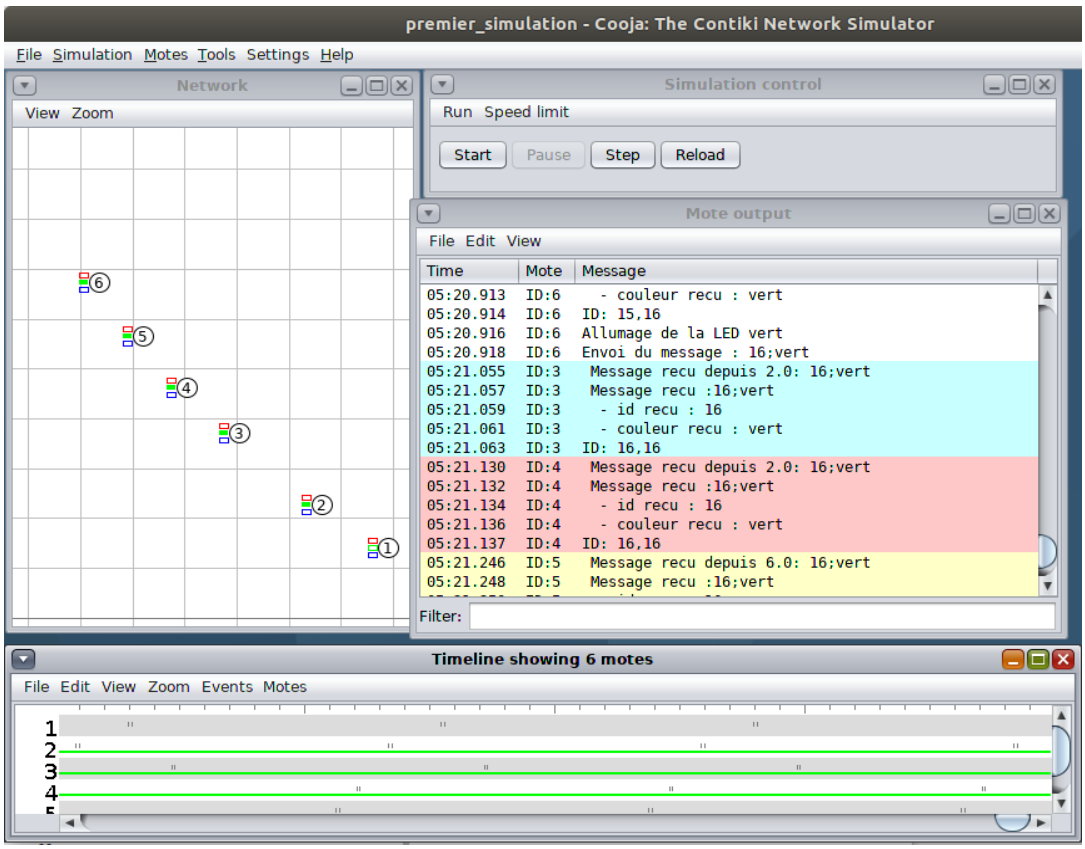
En combinant les trois exemples précédents, nous allons essayer de créer une application basée sur deux types de capteurs.

Description de la simulation :

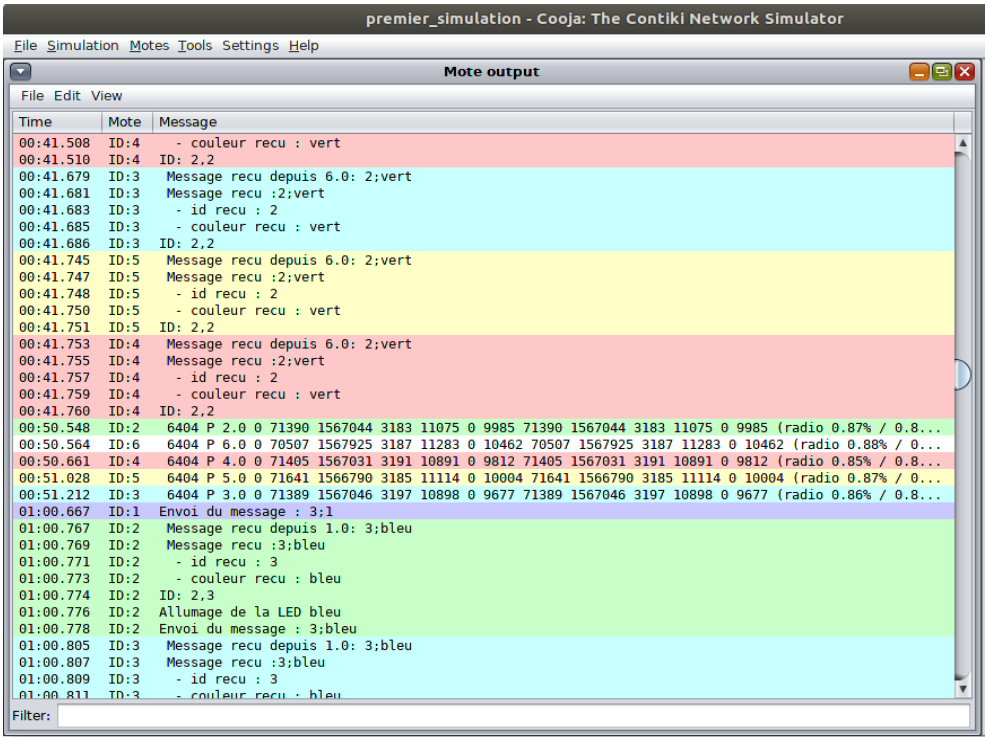
- Le premier type de capteur diffusera un message de changement de couleur de LED en mode diffusion. Ce message devra comporter un identifiant.
  - Il faudra attendre 20 secondes entre chaque envoi de messages pour laisser du temps pour la propagation.
  - L'identifiant pourra se baser sur un numéro d'envoi.
- Le second type de capteur :
  - changera de couleur lorsqu'il recevra un message de changement de couleur,
  - propagera à son tour le message de changement de couleur,
  - contrôlera que le message n'a pas déjà été reçu (d'après son identifiant).

- mesurer les différentes consommations d'énergie pour les nœuds grâce aux librairies PowerTrace.

b. Exemple de mise en œuvre :



c. Affichage de Consommation la d'énergie :



d. Réalisation de l'application.

Tout d'abord créer un dossier nomé «TP_cooja» dans le répertoire **/contiki/examples/** .
Creer dans ce répertoires ces fichiers suivants :
- capteur_difusion.c
- capteur_de_reception.c
- Makefile

➢ Code de capteur_difusion.c avec commentaires :

```
//---------------------- Debut capteur de difusion ----------------------
#include "powertrace.h"
#include "contiki.h"
#include "net/rime.h"
#include "random.h"
#include "dev/button-sensor.h"
#include <stdlib.h>
#include "dev/leds.h"
#include <string.h>
#include <stdio.h>
static struct etimer et_hello;
```

```
/*
Ci-dessous, vous avez la definition de la structure "Broadcast_type" qui comporte 2 entier (id_diffusion et couleur)
qui vont nous permettre d'envoyer un message de difusion contenant un identifiant et une couleur.
*/
struct Broadcast_type
{
int id_diffusion;
int couleur;
};
typedef struct Broadcast_type broadcast_type;

static struct broadcast_conn broadcast;
static void envoie(int id, int couleur);
static int generer_nombre_aleatoire(int min, int max);

PROCESS(example_broadcast_process, "[Exemple2] Exemple de diffusion");
AUTOSTART_PROCESSES(&example_broadcast_process);

static void broadcast_recv(struct broadcast_conn *c, const rimeaddr_t *from)
{
// L'implementation de broadcast_recv pour l'interpretation du message se trouve dans le fichier "capteur_de_reception.c"
}

static const struct broadcast_callbacks broadcast_call = {broadcast_recv};

PROCESS_THREAD(example_broadcast_process, ev, data)
{
static struct etimer et;
static int cpt = 0;
PROCESS_EXITHANDLER(broadcast_close(&broadcast);)

PROCESS_BEGIN();
/* Commencez powertracing, une fois toutes les 100 secondes. */
powertrace_start(CLOCK_SECOND*100);
broadcast_open(&broadcast, 129, &broadcast_call);

while (1)
{
cpt++;
etimer_set(&et_hello, CLOCK_SECOND * 20); // attendre 20 secondes entre chaque envoi de messages
PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(etimer_expired(&et));
envoie(cpt, generer_nombre_aleatoire(1, 3)); // On genere un entier aleatoire entre 1 et 3 (avec bleu = 1 , vert =2, rouge = 3) a chaque iteration
}
PROCESS_END();
}

/*
Ci-dessous, vous avez la fonction "envoie" qui permet d'envoyer un message de diffusion.
Cette fonction comporte 2 parametre :
- id : identifiant ;
```

```
- couleur : code de couleur.
le message qui sera envoyer sera de type broadcast_type (id;couleur)
*/

static void envoie(int id, int couleur)
{
broadcast_type message_envoyer;
message_envoyer.id_diffusion = id;
message_envoyer.couleur = couleur; // La couleur coder en entier sera decripter au moment de la reception du message
packetbuf_copyfrom(&message_envoyer, 7);
broadcast_send(&broadcast);
printf("Envoi du message : %d;%d\n", message_envoyer.id_diffusion, message_envoyer.couleur);
}

/*
Ci-dessous, vous avez la fonction "generer_nombre_aleatoire" qui permet
de generer un nombre aleatoire entre 1 et 3.
Ces nombres servirons de couleur a la reception du message comme suit : bleu = 1 , vert =2, rouge = 3.
*/
static int generer_nombre_aleatoire(int min, int max)
{
return random_rand() % (max - min + 1) + min; // resultat de l'entier aléatoire
}

//----------------Fin capteur de difusion ----------------------------
```

➢ Code de capteur_de_reception.c avec commentaires :

```
//---------------- Debut capteur de reception  ----------------------
#include "powertrace.h"
#include "contiki.h"
#include "net/rime.h"
#include "random.h"
#include "dev/button-sensor.h"
#include <stdlib.h>
#include "dev/leds.h"
#include <string.h>
#include <stdio.h>
static struct etimer et_hello;

/*
Ci-dessous, vous avez la definition de la structure "Broadcast_type" qui comporte 2 entier (id_diffusion et couleur)
qui vont nous permettre de de recuperer un message de difusion contenant un identifiant et une couleur.
*/
struct Broadcast_type
{
```

```
int id_diffusion;
int couleur;
};
typedef struct Broadcast_type broadcast_type;

static struct broadcast_conn broadcast;
static void generer_couleur_de_blink(int code_couleur);
static char *decripter_code_couleur(int code_couleur);
static int id_dernier_message = 0;

PROCESS(example_broadcast_process, "[Exemple2] Exemple de diffusion");
AUTOSTART_PROCESSES(&example_broadcast_process);

/*
Ci-dessous, vous avez la definition de la fonction broadcast_recv;
Cette fonction analyse un paquet entrant et affiche le message et l'adresse de l'expéditeur.
En la définissant comme fonction de rappel désignée de la diffusion, broadcast_recv est
automatiquement appelée lors de la réception d'un paquet.
Cette fonction a 2 parametre :
- broadcast_conn *: cette structure qui a 2 structures: abc_conn, broadcast_callbacks *.
Abc_conn est le type de connexion de base sur lequel la connexion de diffusion est développée.
De plus, broadcast_callbacks pointe sur recv et les fonctions envoyées (dans cet exemple, recv
seulement).
- rimeaddr_t *: Ceci est une union qui a un tableau de caractères u8 [RIMEADDR_SIZE].
*/
static void broadcast_recv(struct broadcast_conn *c, const rimeaddr_t *from)
{

broadcast_type *message_recu; // declaration de pointeur de type broadcast_type sur message recu
message_recu = packetbuf_dataptr(); // affectation du message recu a "message_recu"

printf(" Message recu depuis %d.%d: '%d;%s'\n", from->u8[0], from->u8[1], message_recu->id_diffusion,
decripter_code_couleur(message_recu->couleur));
printf(" Message recu :'%d;%s'\n", message_recu->id_diffusion, decripter_code_couleur(message_recu-
>couleur));
printf("  - id recu : '%d'\n", message_recu->id_diffusion);
printf("  - couleur recu : '%s'\n", decripter_code_couleur(message_recu->couleur));
printf("ID: '%d,%d'\n", id_dernier_message, message_recu->id_diffusion);

if (message_recu->id_diffusion != id_dernier_message)
{
id_dernier_message = message_recu->id_diffusion;
generer_couleur_de_blink(message_recu->couleur);
printf("Allumage de la LED %s\n", decripter_code_couleur(message_recu->couleur));

packetbuf_copyfrom(message_recu, 7);
broadcast_send(&broadcast);
printf("Envoi du message : %d;%s\n", message_recu->id_diffusion,
decripter_code_couleur(message_recu->couleur));
}

}
```

```
static const struct broadcast_callbacks broadcast_call = {broadcast_recv};

PROCESS_THREAD(example_broadcast_process, ev, data)
{
static struct etimer et;
PROCESS_EXITHANDLER(broadcast_close(&broadcast);)

PROCESS_BEGIN();
/* Commencez powertracing, une fois toutes les 50 secondes. */
powertrace_start(CLOCK_SECOND * 50);

broadcast_open(&broadcast, 129, &broadcast_call);

while (1)
{
etimer_set(&et_hello, CLOCK_SECOND * 20); // attendre 20 secondes entre chaque reception de
messages
PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(etimer_expired(&et));
}
PROCESS_END();
}

/*
Ci-dessous, vous avez la fonction "generer_couleur_de_blink" qui permet
de generer des couleurs de leds en fonction de son code  comme suit  1 = bleu , 2 = vert, 3 = rouge.
cette fonction prend en parametre un entier qui est le code de couleur et allume la LED corespondante.
*/
static void generer_couleur_de_blink(int code_couleur)
{
leds_off(LEDS_ALL);
switch (code_couleur)
{
case 1:
leds_on(LEDS_BLUE);
break;
case 2:
leds_on(LEDS_GREEN);
break;
case 3:
leds_on(LEDS_RED);
default:
break;
}
}

/*
Ci-dessous, vous avez la fonction "decripter_code_couleur" qui permet
de decripter un code de couleur passer en parametre puis retourne sa couleur comme suit  1 = "bleu" , 2
= "vert", 3 = "rouge".
*/
static char *decripter_code_couleur(int code_couleur)
{
switch (code_couleur)
```

```
{
case 1:
return "bleu";
break;
case 2:
return "vert";
break;
case 3:
return "rouge";
}
return "vert";
}

//----------------Fin capteur de reception ----------------------------
```

➢ Code de Makefile :

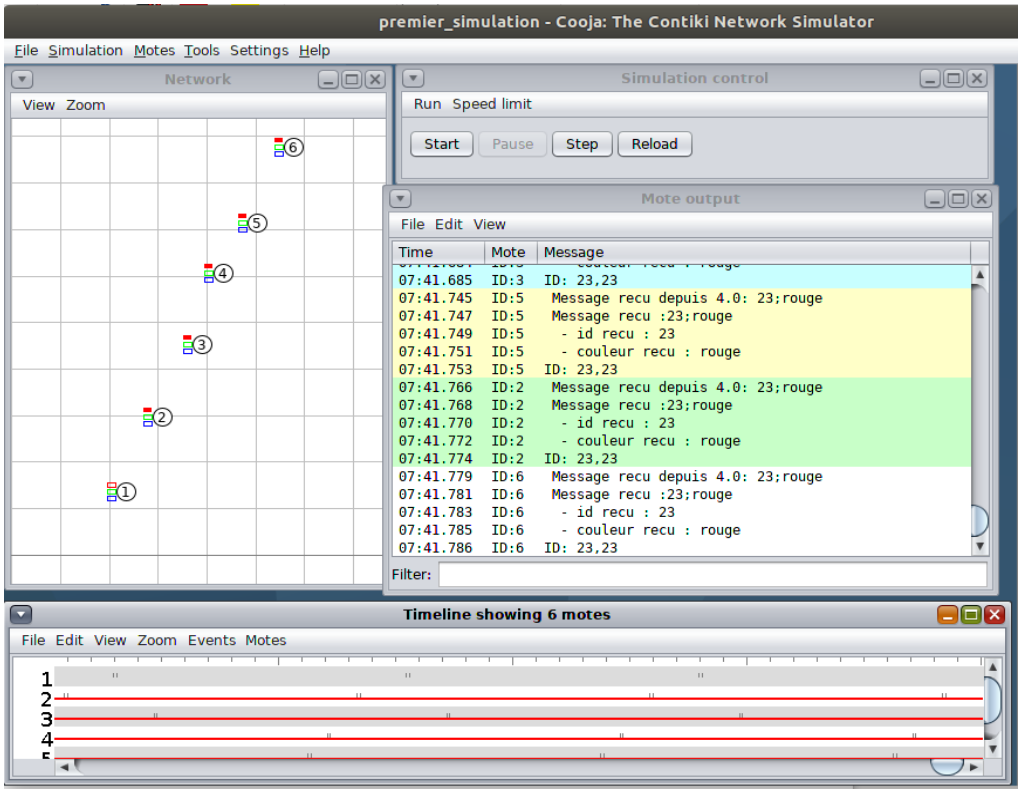
```
CONTIKI = ../..
APPS = serial-shell powertrace collect-view
all: example-abc example-mesh example-collect example-trickle example-polite \
example-rudolph0 example-rudolph1 example-rudolph2 example-rucb \
example-runicast example-unicast example-neighbors

include $(CONTIKI)/Makefile.include
```

Il est bon à savoir qu'on peut sauvegarder les messages de sorties de **Mote Output** en cliquant sur **file>save to file** puis donner un nom au fichier de sauvegarde.
Dans notre cas on va le nommer **affichage_sortie.txt** et on va le sauvegarder dans le dossier **/contiki/examples/TP_cooja**.

➢ Exécution du programme :

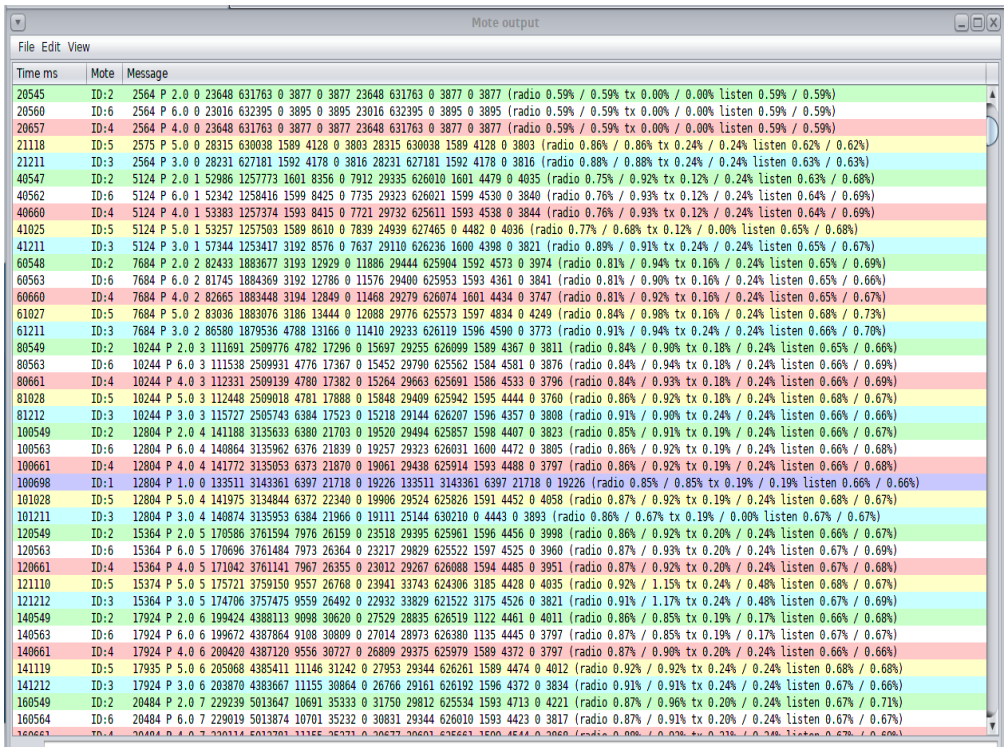
Une fois que vous avez implémenté les codes dans les différents fichiers mentionnés recentrement, créer une nouvelle simulation. Cliquez sur le menu **Motes > Add motes > Create new motes type**. Sélectionnons **Sky mote** afin de créer une mote du même type que le **Tmote Sky** utilisé, ajoutez le fichier **capteur_difusion.c** contenant son code, compiler puis ajouter 1 nœuds.
Faite de la même manière pour ajouter le fichier **capteur_de_reception.c,** compiler puis ajouter 5 nœuds.

Dans la fenetre **Simulation Control**, cliquez sur **start** pour lancer l'exection du programme.



➢ Affichage de la consommation d'énergie :

L'affichage de la consommation d'énergie s'effectue chaque 20 secondes dans ce cas. Vous pouvez modifier ce temps comme vous voulez comme suit **powertrace_start(CLOCK_SECOND * X);** avec **X** le temps en seconde.



➢ Explication de l'affichage de l'énergie :

En se réfèrent à la figure si déçu, nous allons tracer le diagramme des CPU (processeur), LPM (mode de puissance inférieure), TX (Transmission de donnes), RX (Réception des données) sur une période donnée en fonction des itérations sachant qu'une itération s'exécute dans une période de 20 secondes.
Pour connaître l'énergie accumuler entre **t** et **t+1** du CPU, on soustrait de la valeur du cpu à l'instant **t+1**, la valeur du cpu à l'instant **t**. On fait de la même maniere pour le LPM, RX et TX.
On a plusieurs methodes pour tracer le diagrammes d'énergie. On peut utiliser **Gnuplot** ou **microsoft excel** en suivant cette methodologie.
Nous allons adopter une autre méthode plus simple grâce a la bibliothèque **collect-view.h** disponible en cooja.

N'oubliez pas d'ajouter les lignes de codes suivants juste après **powertrace_start(CLOCK_SECOND*20)**, si vous choisissez cette option **:**

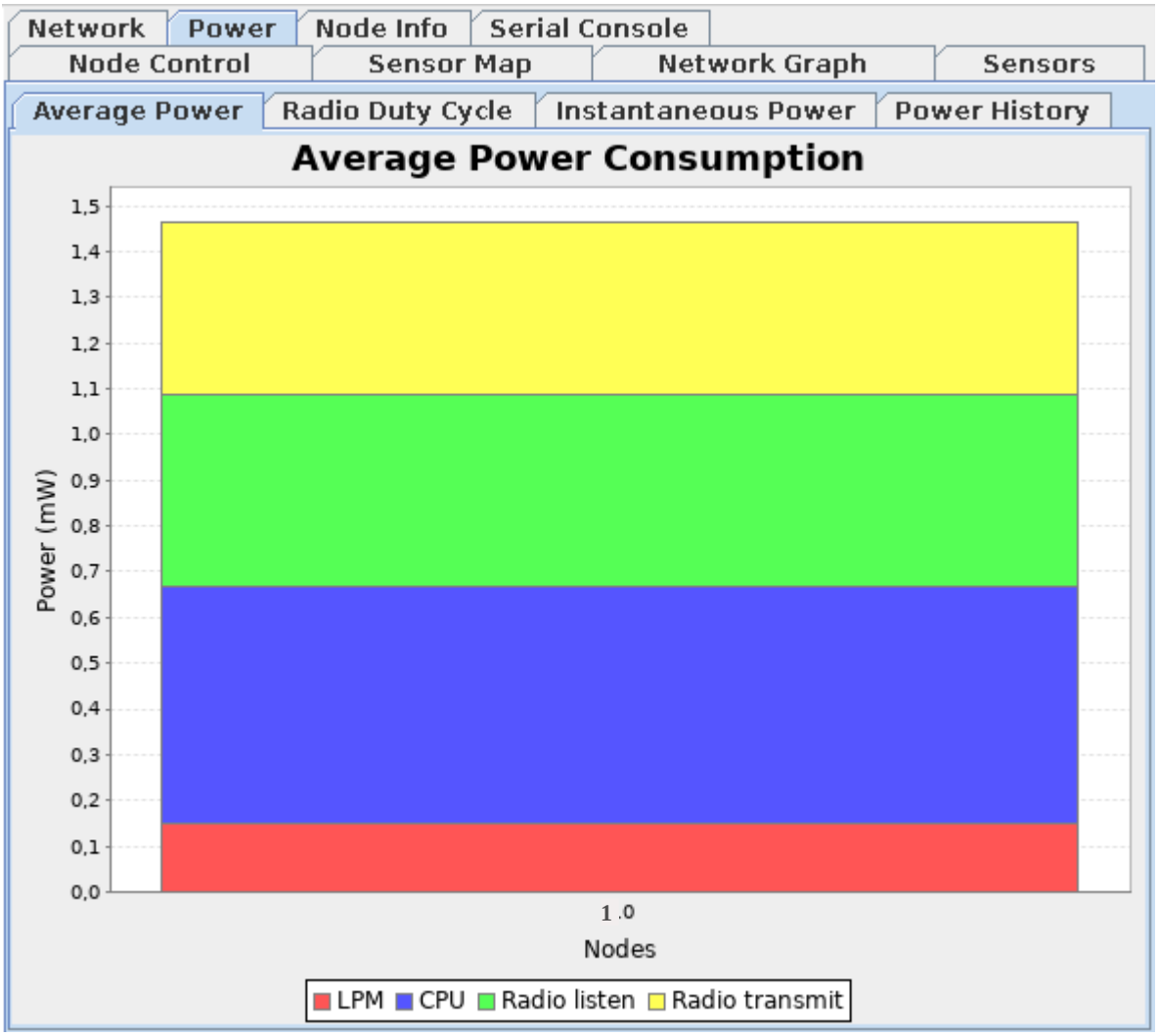
```
serial_shell_init();
shell_reboot_init();
shell_rime_init();
shell_rime_netcmd_init();
shell_powertrace_init();
shell_text_init();
shell_time_init();
shell_collect_view_init();
```

Pour genener le diagramme des énergies avec dans ce cas, cliquez sur le menu **tools/collect view** puis choisissez le mote sur lequel vous souhaitez mesurer l'énergie. Un menu s'ouvrira, cliquez sur **send command to nodes** puis sur **start Collect** et enfin cliquez sur l'onglet **Power**.

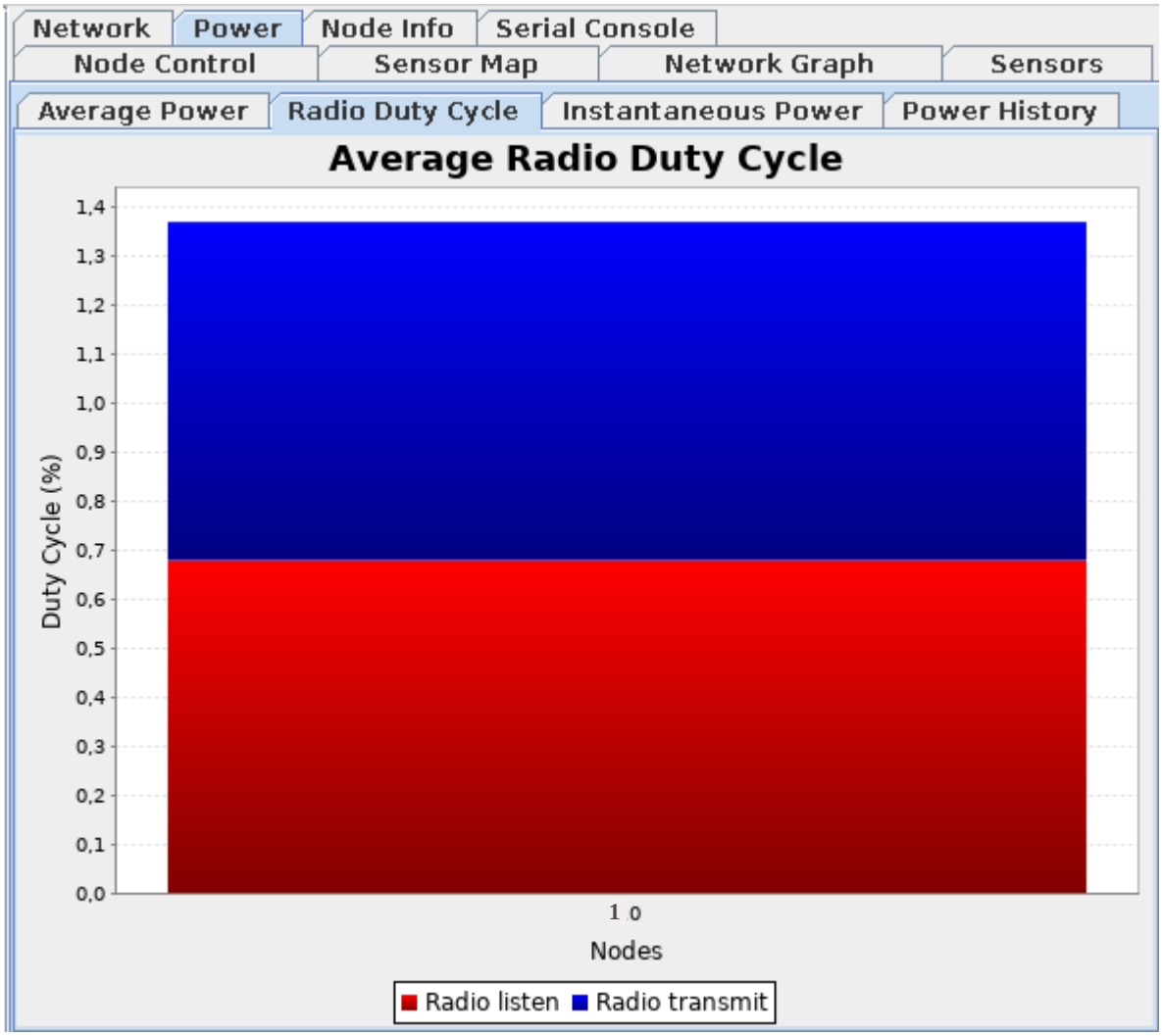
➢ Diagramme des énergies :

- **Emetteur (Mote 1) :**

Consommation moyenne d'énergie :

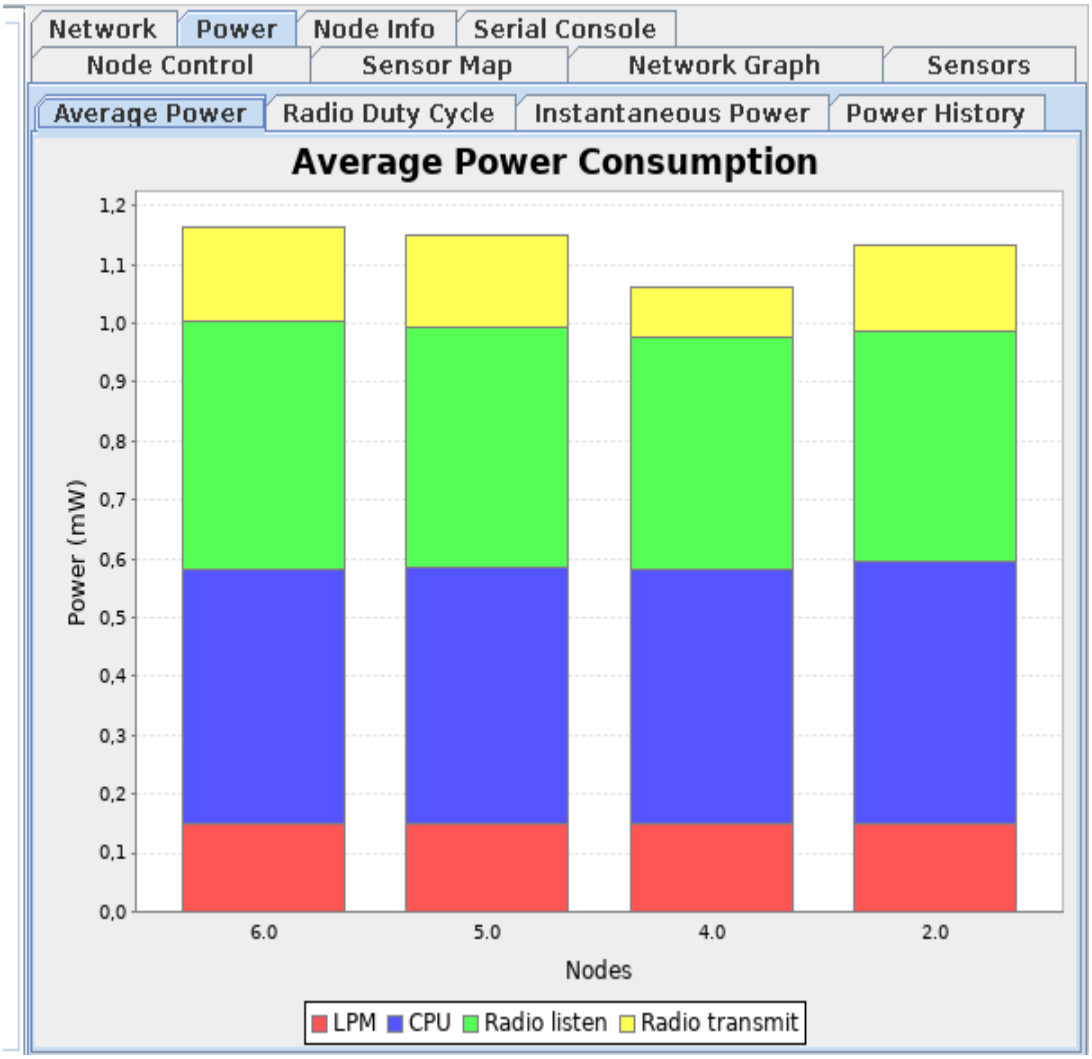


Cycle moyen de service radio (RX et TX)

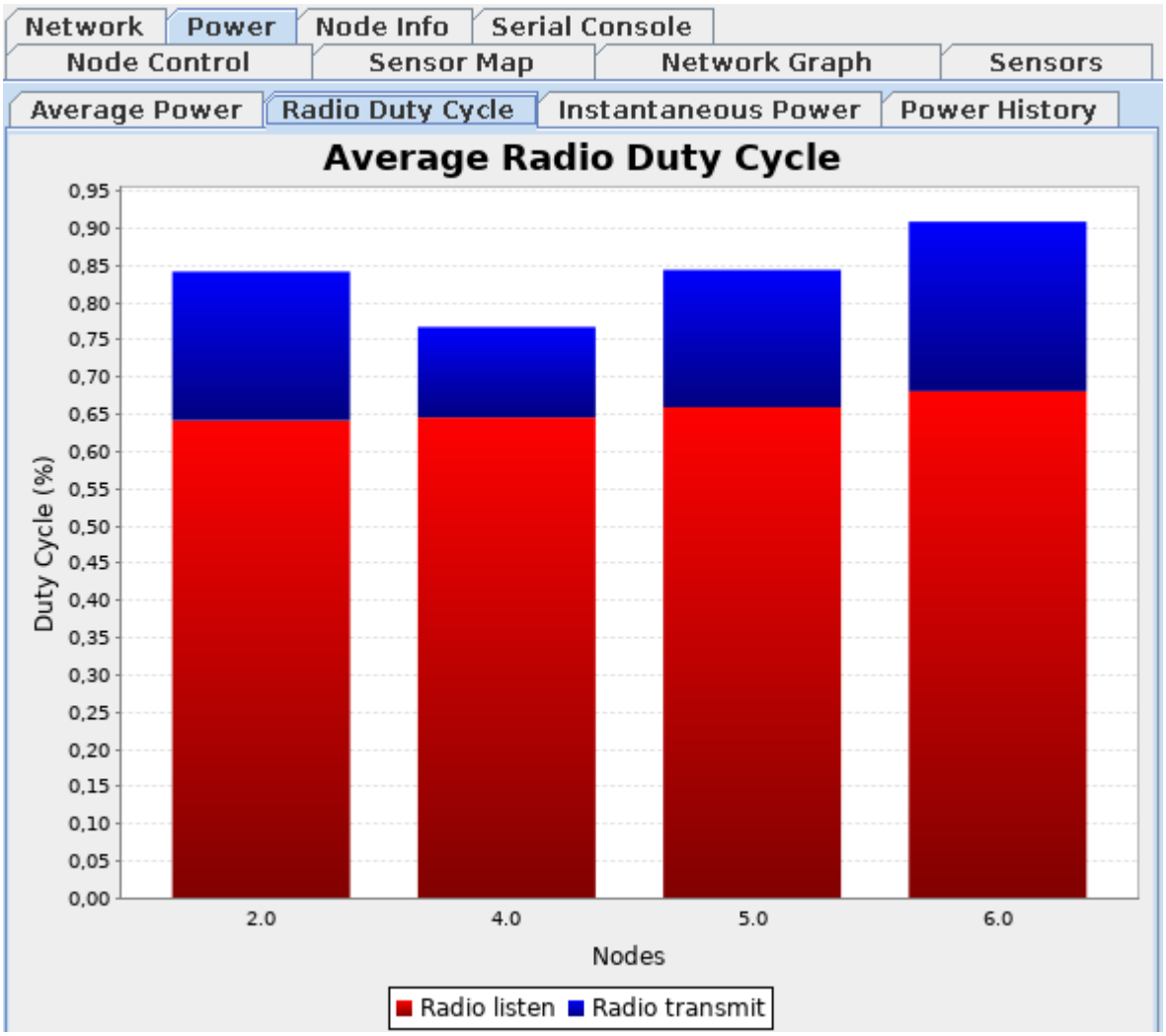


- **Recepteurs (Mote 2,3,4,5,6) :**

Consommation moyenne d'énergie :



Cycle moyen de service radio (RX et TX)



13. Conclusion :

Ce tutoriel, permet de découvrir une plateforme de programmation adéquate qui est Contiki (programmé en C) avec le simulateur Cooja. Nous avons guider le lecteur dans un exercice de simulation des capteurs sans fil.

Nous avons travaillé dans un premier temps avec l'exemple de Hello World pour nous familiariser avec son code source, Broadcast pour la Diffusion d'un message à travers le réseau et powertrace pour tester la consommation d'énergie des nœuds.

Le code source et les fichiers complémentaires se trouvent sur : la forge.

14. Références :

[1] G. De Sousa, « Etude en vue de la réalisation de logiciels bas niveau dédiés aux réseaux de capteurs sans fil : microsystème de fichiers », Thèse de Doctorat, Département informatique, Université Blaise Pascal-Clermont II, Octobre 2008.

[2] FEKIH Kawther et GORINE Asmàa « Mise en place d'une applicatiion d'agregation des donnees dans un réseau de capteurs sans fil sous la platform Contiki», Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en Informatique, Département informatique, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen.

[3] T S Pradeepkumar « Powertrace in Contik OS-Cooja », video sur youtube.

[4] Laden « Cours sur Gnuplot » , tutoriel sur wiki ubuntu-fr

[5] Claude Duvallet, « Simuation d'un réseau de capteur sans fils avec Cooja» , Cours IoT , UFR Sciences et Techniques, Université du Havre.