

Contribution à la conception des systèmes temps réel autonomes alimentés par l'énergie ambiante

Maryline Chetto

Equipe Systèmes Temps Réel, LS2N (UMR CNRS 6004)

Journée SEOC – 1 avril 2019, Cnam, Paris

Plan

1. Exigences des systèmes temps réel
2. Introduction au Energy Harvesting
3. Ordonnanceurs classiques inadaptés
4. ED-H: un ordonnanceur optimal
5. Principaux résultats de recherche
6. Perspectives

Notions de temps réel

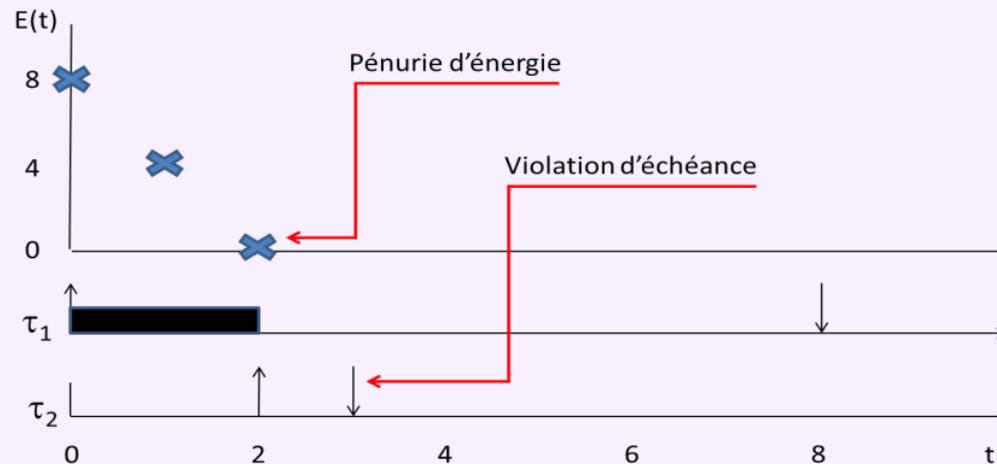
- Capacité de répondre à un événement externe asynchrone
- Temps de réponse bornés des tâches (prédictabilité)
- Système multi-tâches

Cela implique donc un OS pour gérer les tâches:

- Accès aux ressources partagées,
- Synchronisation
- Ordonnancement selon l'urgence et/ou l'importance
- Etc.

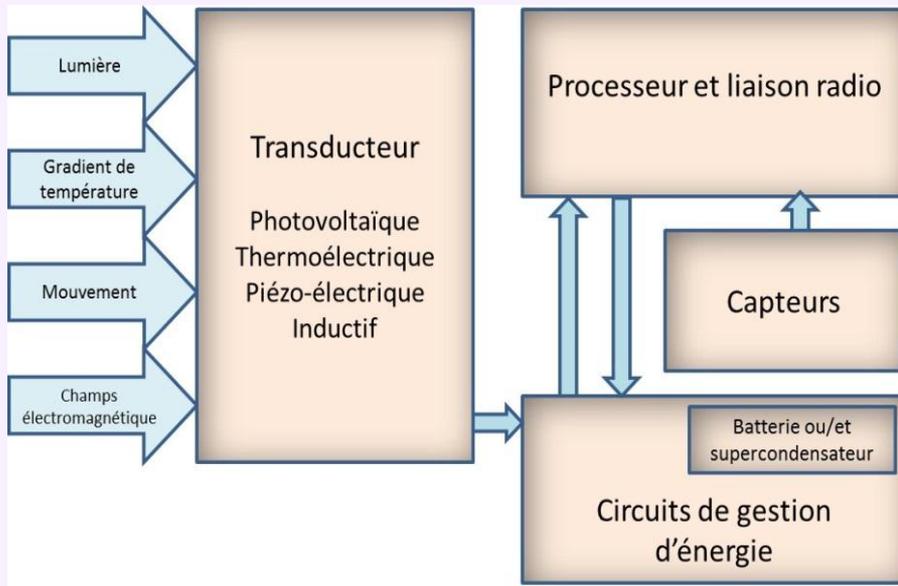
Ordonnanceur classique temps réel

- Conduit par priorité fixe ou dynamique (DM, RM, EDF, LLF, etc.)
- Préemptif
- Clairvoyance non requise
- De type ASAP (processeur actif si au moins une tâche en attente)
- Bien adapté aux tâches périodiques
- Non « energy aware » et Non « energy harvesting aware »



Journée SEOC – 1 avril 2019, Cnam, Paris

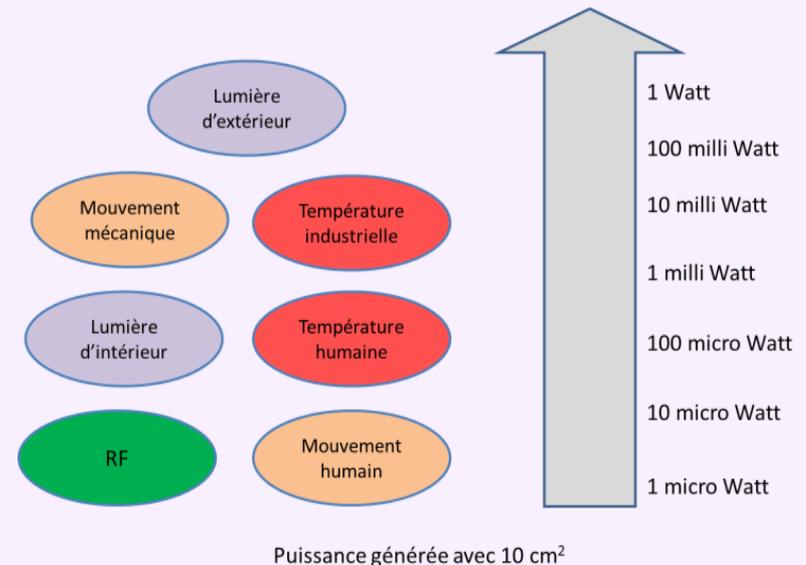
Temps réel et energy harvesting



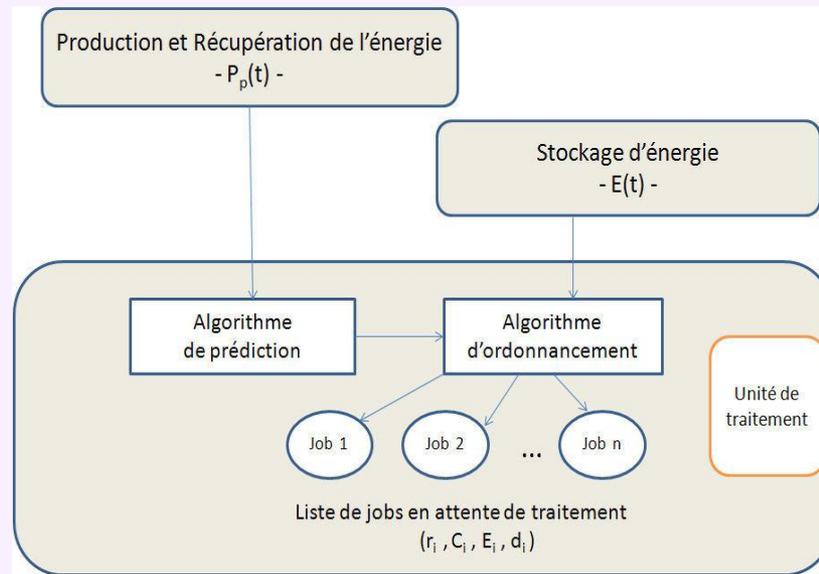
Capteur autonome utilisant la technologie energy harvesting

Spécificités:

- Multi-tâches
- Contraintes temporelles (périodicité)
- Énergie d'alimentation fluctuante
- Réservoir d'énergie de taille limitée



ED-H : un ordonnanceur optimal

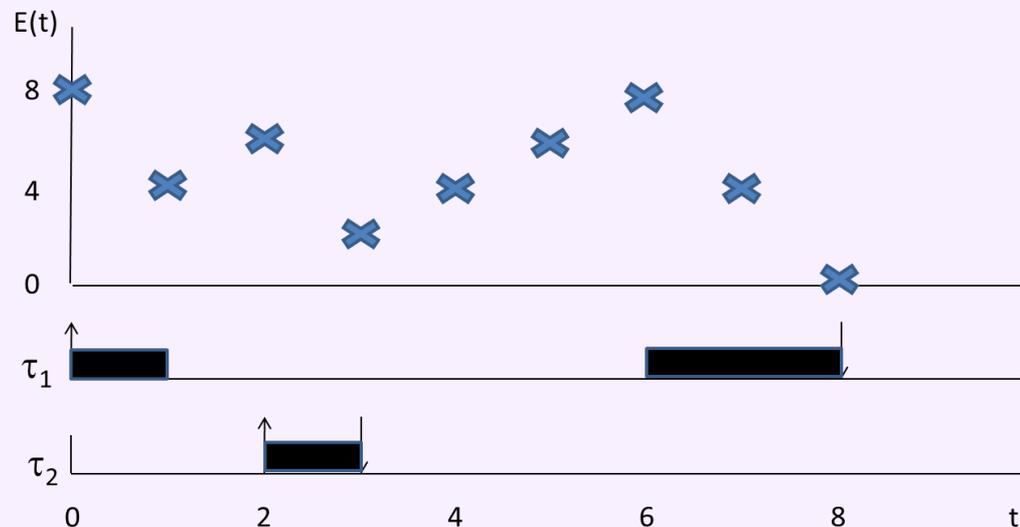


- ED-H: variante de EDF, en ligne, oisif, ni ASAP, ni ALAP
- Son implementation requière la connaissance de:
 - Niveau d'énergie dans la batterie à l'instant courant
 - Prédiction de la production d'énergie
 - Profil d'arrivée des tâches

Neutralité énergétique avec ED-H

ED-H assure un comportement énergétiquement neutre

- en adaptant la consommation à la production
- tout en exécutant les tâches dans le respect des échéances



Autres résultats fondamentaux

1. Il ne peut pas exister un ordonnanceur optimal qui soit *non oisif* ou *non clairvoyant*
2. Tout ordonnanceur optimal doit être clairvoyant sur au moins D unités de temps avec D la plus grande échéance relative de tâche
3. Tout ordonnanceur non clairvoyant (comme EDF) est *non compétitif*
4. EDF est le meilleur ordonnanceur non oisif
5. Si un ensemble synchrone de tâches périodiques est ordonnançable alors tous les ensembles asynchrones équivalents sont aussi ordonnançables.
6. Avec une production d'énergie à puissance constante, il suffit de tester la faisabilité d'une application périodique sur sa première hyper-période comme dans le cas non contraint par l'énergie.

Références bibliographiques

M. Chetto, A. Queudet: Feasibility Analysis of Periodic Real-Time Systems with Energy Harvesting Capabilities, *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, online, 2019.

M. Chetto, Optimal Scheduling for Real-Time Jobs in Energy Harvesting Computing Systems. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 2(2): 122-133. 2014.

M. Chetto, A. Queudet: A Note on EDF Scheduling for Real-Time Energy Harvesting Systems. *IEEE Transactions on Computers*, 63(4): 1037-1040, 2014.

M. Chetto, A. Queudet.: Clairvoyance and online scheduling in real-time energy harvesting systems. *Real-Time Systems* 50(2): 179-184, 2014.

Questions ?

Contacts:

`maryline.chetto@univ-nantes.fr`

`audrey.queudet@univ-nantes.fr`