

# Modélisation Transactionnelle des Systèmes sur Puces en SystemC Ensimag 3A — filière SLE Grenoble-INP Communications haut-niveau

Matthieu Moy  
(transparents originaux de Jérôme Cornet)

Matthieu.Moy@imag.fr

2015-2016



Matthieu Moy (Matthieu.Moy@imag.fr)

Modélisation TLM

2015-2016

< 1 / 46 >

## Planning approximatif des séances

- 1 Introduction : les systèmes sur puce
- 2 Introduction : modélisation au niveau transactionnel (TLM)
- 3 Introduction au C++
- 4 Présentation de SystemC, éléments de base
- 5 Communications haut-niveau en SystemC
- 6 Modélisation TLM en SystemC
- 7 TP1 : Première plateforme SystemC/TLM
- 8 Utilisations des plateformes TLM
- 9 TP2 (1/2) : Utilisation de modules existants (affichage)
- 10 TP2 (2/2) : Utilisation de modules existants (affichage)
- 11 Notions Avancé en SystemC/TLM
- 12 TP3 (1/3) : Intégration du logiciel embarqué
- 13 TP3 (2/3) : Intégration du logiciel embarqué
- 14 TP3 (3/3) : Intégration du logiciel embarqué
- 15 05/01 : Intervenant extérieur : Jérôme Cornet
- 16 Perspectives et conclusion

Matthieu Moy (Matthieu.Moy@imag.fr)

Modélisation TLM

2015-2016

< 2 / 46 >

## Sommaire

- 1 (Ré)visions de C++ : épisode 2
- 2 SystemC : Communications haut-niveau

Matthieu Moy (Matthieu.Moy@imag.fr)

Modélisation TLM

2015-2016

< 3 / 46 >

## Méthodes virtuelles

- Définition : fonctions que l'on peut ré-implémenter dans une classe fille, avec liaison dynamique

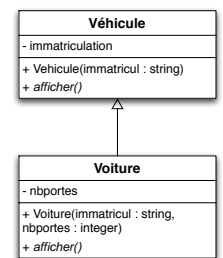
- Exemple :

### Question



Quel est l'équivalent en Java ?

- cf. code/heritage/



Matthieu Moy (Matthieu.Moy@imag.fr)

Modélisation TLM

2015-2016

< 5 / 46 >

## Exemple (déclaration)

```
class Vehicule
{
public:
    Vehicule(const string & immatricul);

    // fonction virtuelle
    virtual void afficher();

private:
    string immatriculation;
};
```

Matthieu Moy (Matthieu.Moy@imag.fr)

Modélisation TLM

2015-2016

< 6 / 46 >

## Exemple (implémentation)

```
Vehicule::Vehicule(const string & immatricul)
{
    immatriculation = immatricul;
}

void Vehicule::afficher()
{
    cout << "Immatriculation : " << immatriculation
    << endl;
}
```

Matthieu Moy (Matthieu.Moy@imag.fr)

Modélisation TLM

2015-2016

< 7 / 46 >

## Exemple (déclaration)

```
class Voiture : public Vehicule
{
public:
    Voiture(const string & immatricul,
            int nombredeportes);

    // fonction virtuelle
    virtual void afficher();

private:
    int nbportes;
};
```

Matthieu Moy (Matthieu.Moy@imag.fr)

Modélisation TLM

2015-2016

< 8 / 46 >

## Exemple (implémentation)

```
Voiture::Voiture(const string & immatricul,
                int nombredeportes)
    : Vehicule(immatricul)
{
    // suite des initialisations
    nbportes = nombredeportes;
}

void Voiture::afficher()
{
    // appel de la fonction virtuelle de la classe mere
    Vehicule::afficher();

    cout << "Nb de portes : " << nbportes << endl;
}
```

Matthieu Moy (Matthieu.Moy@imag.fr)

Modélisation TLM

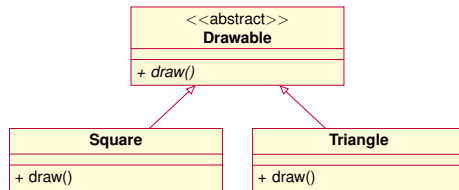
2015-2016

< 9 / 46 >

## Méthodes virtuelles pures

- Définition : méthodes virtuelles pour lesquelles
  - ▶ On ne donne pas d'implémentation dans la classe mère,
  - ▶ On **force** l'implémentation dans les classes filles.

- Exemple :



- Une classe contenant une méthode virtuelle pure est abstraite

## Exemple (déclaration)

```
class Drawable
{
    public:
        ...

        // methode virtuelle pure
        // pas d'implémentation associée dans le .cpp
        virtual void draw() = 0;
        // le "= 0" est la syntaxe pour "virtuelle pure"
        // rien a voir avec une initialisation.

    private:
        ...
};
```

## Exemple (déclaration)

```
class Ligne : public Drawable
{
    public:
        ...

        // methode virtuelle
        virtual void draw();

    private:
        ...
};
```

## Exemple (déclaration)

```
// debut du fichier .cpp

...

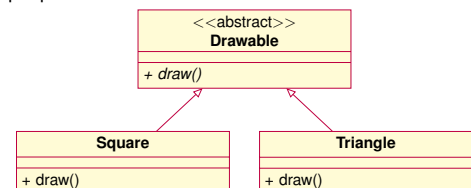
void Ligne::draw()
{
    // instructions de dessin de la ligne
    ....
}
```

## Exemple complet minimaliste

code/dessiner/dessiner.cpp

## Classes abstraite

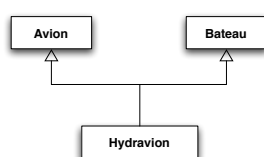
- Définition : classe contenant au moins une méthode **virtuelle pure**
- Exemple précédent : classe Drawable



- Impossible d'instancier un objet d'une classe abstraite

## Héritage multiple : présentation

- Possibilité d'hériter de **plusieurs classes**

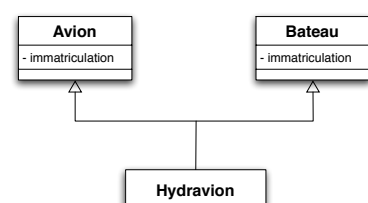


- Syntaxe :

```
class Hydravion : public Avion, public Bateau
{
    ...
};
```

## Héritage multiple : problème des homonymes

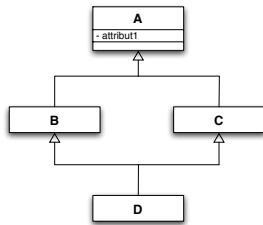
- Ambiguïté lorsque les deux classes mères ont des attributs/méthodes de même nom



- Résolution : emploi de l'opérateur de résolution de portée  
Avion::immatriculation, Bateau::immatriculation

## Problème d'origine

- Problème dans la situation d'héritage multiple :



- `attribut1` est hérité en double par D !
- Données de A en double dans D, double appel du constructeur de A à la construction de D

## Solution : héritage virtuel

- Rien à voir avec les méthodes virtuelles !
- Utilisation du mot-clé **virtual** : n'hériter qu'un exemplaire
- Sur l'exemple précédent :

```

class B : virtual public A
{
    public:
        B();
    ...
};

class C : virtual public A
{
    public:
        C();
    ...
};
    
```

## Solution : héritage virtuel

- Déclaration de la classe D :

```

class D : virtual public A,
    // pour pouvoir appeler directement son constructeur
    public B, public C
{
    // C'est vraiment d'elles qu'on hérite.
    public:
        D();
    ...
};
    
```

- Implémentation de la classe D :

```

D::D() : A(),
        B(),
        C()
{ /* suite des initialisations */ }
    
```

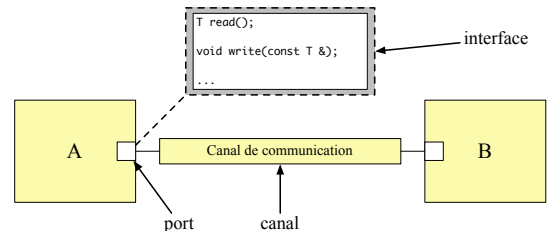
## Bilan sur l'héritage virtuel

- Permet d'éviter les ambiguïtés en cas d'héritage multiple
- À utiliser à bon escient !
  - ▶ Si les classes héritant d'une même classes de base sont susceptibles d'être dérivées en même temps
- Suite du cours : utilisation bien spécifique (`sc_interface`)

## Objectifs

- Comprendre le cadre global de définition des communications en SystemC
- Définition de nouveaux modes de communications
- Étude des communications haut-niveau pré-définies

## Concepts



- But :  $\approx$  Appel de méthode distante
- $\Rightarrow$  Permettre à A d'appeler des fonctions de B (ou du canal) ... sans connaître B ni le canal a priori !

## Interfaces

- Élément définissant les actions possibles pour réaliser une communication
- En pratique :
  - ▶ Interface SystemC : classe abstraite dérivant de `sc_interface`
  - ▶ Actions possibles : méthodes de cette classe
  - ▶ Généricité sur le type des données des communications
- Exemple : communication rendez-vous avec valeur
  - ▶ Lecture de valeur : action `get`
  - ▶ Écriture de valeur : action `put`
  - ▶ Deux modules communiquant : l'un en lecture, l'autre en écriture
- En deux temps :
  - 1 On dit que le canal accepte les actions `put/get` via une interface,
  - 2 On dit ce que fait le canal dans ces cas là.

## Exemple

- Exemple : communication rendez-vous avec valeur

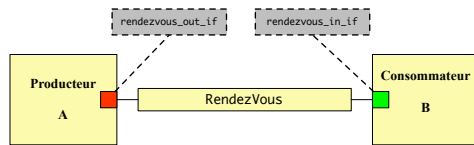
```

template<typename T>
class rendezvous_in_if : virtual public sc_interface
{
    public:
        // methode virtuelle pure
        virtual T get() = 0;
};

template<typename T>
class rendezvous_out_if : virtual public sc_interface
{
    public:
        // methode virtuelle pure
        virtual void put(const T & val) = 0;
};
    
```

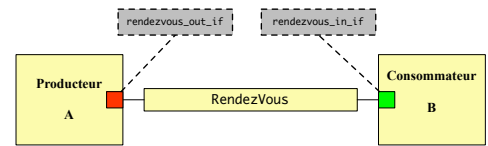
## Ports génériques

- Objets fournissant un point de connexion dans le module
- En pratique :
  - ▶ Objet de la classe `sc_port`
  - ▶ Généricité sur l'interface
  - ▶ Utilisation : `sc_port<interface>`
- Exemple : communication rendez-vous avec valeur



## Ports génériques : à l'intérieur

- Surcharge des opérateurs `*` et `->` :
- `port->foo()`  $\Leftrightarrow$  `canal.foo()`
- $\Rightarrow$  permet d'utiliser le canal sans savoir a priori lequel c'est.



## Exemple de code de modules

- Exemple : communication rendez-vous avec valeur

```
SC_MODULE(Producteur)
{
    sc_port<rendezvous_out_if<int> > sortie;

    SC_CTOR(Producteur);
    void production();
};

SC_MODULE(Consommateur)
{
    sc_port<rendezvous_in_if<int> > entree;

    SC_CTOR(Consommateur);
    void consommation();
};
```

## Utilisation (1/2)

- Exemple : Producteur

```
Producteur::Producteur(sc_module_name name)
    : sc_module(name)
{
    SC_THREAD(production);
}

void Producteur::production()
{
    for (int i=0; i<10; i++)
    {
        cout << "Envoi de " << i << endl;

        // attention -> n'a rien a voir avec un pointeur
        // ~ raccourci pour sortie.get_interface()->put(i)
        sortie->put(i);
    }
}
```

## Utilisation (2/2)

- Exemple : Consommateur

```
Consommateur::Consommateur(sc_module_name name)
    : sc_module(name)
{
    SC_THREAD(consommation);
}

void Consommateur::consommation()
{
    while (true)
    {
        int valeur_recue = entree->get();

        cout << "Recu : " << valeur_recue << endl;
    }
}
```

## Retour sur RTL

- Éléments utilisés précédemment :
  - ▶ `sc_in<type>` : « raccourcis » pour `sc_port<sc_signal_in_if<type> >`
  - ▶ `sc_out<type>` : « raccourcis » pour `sc_port<sc_signal_out_if<type> >`
- Question ?

## Canal de communication

- Définition : objet gérant les communications entre plusieurs modules
- Canal de communication `primitif` : canal construit dans le cadre de base fourni par SystemC
- Donne la sémantique des communications
- Donne les connexions autorisées
- En pratique :
  - ▶ Classe dérivant de `sc_prim_channel`
  - ▶ Implémente des interfaces de communications
  - ▶ Généricité sur le type des données des communications

## Exemple

- Exemple : communication rendez-vous avec valeur
  - ▶ Action `get` : lecture bloquante si pas de donnée disponible
  - ▶ Action `put` : écriture bloquante si pas de lecture par le module qui lit
  - ▶ Connexions uniquement entre deux modules

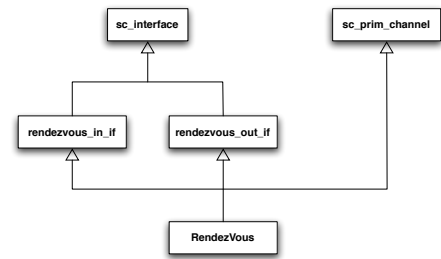
## Déclaration du canal correspondant

```
template<typename T>
class RendezVous : public sc_prim_channel,
public rendezvous_in_if<T>,
public rendezvous_out_if<T>
{
public:
    RendezVous(const char *name);

    virtual T get();
    virtual void put(const T & val);

private:
    ...
}
```

## Organisation des classes



## Implémentation du canal correspondant

### ● Constructeur :

```
template<typename T>
RendezVous<T>::RendezVous(const char *name)
    : sc_prim_channel(name)
{
    ...
}
```

## Implémentation du canal correspondant

### ● Accès en écriture :

```
template<typename T>
void RendezVous<T>::put(const T & val)
{
    ...
}
```

## Implémentation du canal correspondant

### ● Accès en lecture :

```
template<typename T>
T RendezVous<T>::get()
{
    ...
}
```

## Implémentation du canal correspondant

### ● Accès en écriture :

```
template<typename T>
void RendezVous<T>::put(const T & val)
{
    // "Ecrire" la valeur
    shared_value = val;

    // Dire au processus qui lit que l'on a écrit
    put_ok = true;
    put_event.notify();

    // Attendre que le processus qui lit ait lu
    if (!get_ok)
        wait(get_event);

    get_ok = false;
}
```

## Implémentation du canal correspondant

### ● Accès en lecture :

```
template<typename T>
T RendezVous<T>::get()
{
    // Attendre l'écriture de la valeur
    if (!put_ok)
        wait(put_event);
    put_ok = false;

    // Dire au processus qui écrit que l'on a lu
    get_ok = true;
    get_event.notify();

    // Retourner la valeur
    return shared_value;
}
```

## Déclaration complète

```
template<typename T>
class RendezVous : public sc_prim_channel,
virtual public rendezvous_in_if<T>,
virtual public rendezvous_out_if<T>
{
public:
    RendezVous(const char *name);

    virtual T get();
    virtual void put(const T & val);

private:
    T        shared_value;
    bool     get_ok, put_ok;
    sc_event get_event, put_event;
};
```

## Implémentation du canal correspondant

- Constructeur complet :

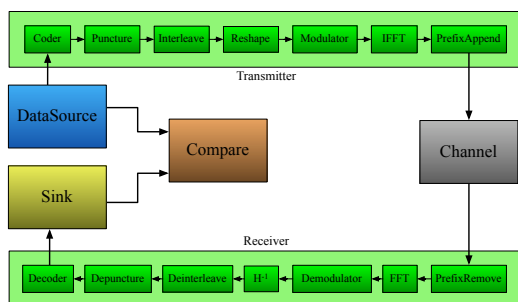
```
template<typename T>
RendezVous<T>::RendezVous(const char *name)
    : sc_prim_channel(name)
{
    shared_value = 0;
    get_ok = false;
    put_ok = false;
}
```

## Canaux prédéfinis dans SystemC

- `sc_mutex`
  - ▶ Canal « exclusion mutuelle »
  - ▶ Opérations : `lock()`, `unlock()`...
  - ▶ Verrouillage bloquant, déverrouillage non bloquant
  - ▶ Version non bloquante du verrouillage : `trylock()`
  - ▶  $\Delta \neq \text{pthread\_mutex\_t}$
- `sc_fifo`
  - ▶ File d'attente de taille fixe
  - ▶ Opérations : `read()`, `write()`...
  - ▶ Versions non bloquantes
- D'autres non présentés : `sc_semaphore`, `sc_buffer`...

## Exemple d'utilisation de `sc_fifo`

- Modélisation flot de données (*dataflow*)
- Ex : traitement du signal (couche physique d'un modem radio)



## Conclusion

- Mécanisme général de définition des communications
- Réutilisation des éléments de base

### Question



Cela suffit pour modéliser des comportements initiateur/cible ?