



Ressourcesinformatiques

# UML 2.5

**Initiation, exemples  
et exercices corrigés**

4<sup>e</sup> édition

**Laurent DEBRAUWER  
Fien VAN DER HEYDE**



## **Chapitre 1** **Introduction**

- 1. Pourquoi ce livre ? . . . . . 11
- 2. Le monde équin. . . . . 12
- 3. Le contenu de l'ouvrage . . . . . 14

## **Chapitre 2** **À propos d'UML**

- 1. Introduction . . . . . 17
- 2. La genèse d'UML. . . . . 17
- 3. Le Processus Unifié . . . . . 19
- 4. L'architecture guidée par les modèles : MDA . . . . . 22

## **Chapitre 3** **Les concepts de l'approche par objets**

- 1. Introduction . . . . . 23
- 2. L'objet . . . . . 24
- 3. L'abstraction . . . . . 25
- 4. Les classes d'objets . . . . . 25
- 5. L'encapsulation . . . . . 27
- 6. La spécialisation et la généralisation . . . . . 28
- 7. L'héritage . . . . . 30
- 8. Les classes abstraites et concrètes . . . . . 31
- 9. Le polymorphisme . . . . . 32
- 10. La composition . . . . . 33
- 11. La spécialisation des éléments : la notion de stéréotype en UML . . . 35
- 12. Conclusion . . . . . 37

**Chapitre 4****La modélisation des exigences**

1. Introduction . . . . .	39
2. Les cas d'utilisation . . . . .	40
3. Les acteurs . . . . .	40
4. Les scénarios . . . . .	41
5. L'association entre un acteur et un cas d'utilisation . . . . .	41
6. Le diagramme des cas d'utilisation . . . . .	42
7. Les cardinalités de l'association acteur/cas d'utilisation . . . . .	45
8. Les relations entre les cas d'utilisation . . . . .	46
8.1 La relation d'inclusion . . . . .	46
8.2 La relation d'extension . . . . .	49
8.3 La spécialisation et la généralisation des cas d'utilisation . . . . .	51
9. La représentation textuelle des cas d'utilisation . . . . .	53
10. Conclusion . . . . .	56
11. Exercices . . . . .	57
11.1 L'hippodrome . . . . .	57
11.2 Le club équestre . . . . .	57
11.3 Le manège de chevaux de bois . . . . .	57

**Chapitre 5****La modélisation de la dynamique**

1. Introduction . . . . .	59
2. Le diagramme de séquence . . . . .	60
2.1 Introduction . . . . .	60
2.2 La ligne de vie d'un objet . . . . .	60
2.3 L'envoi de message . . . . .	62
2.4 La création et la destruction d'objets . . . . .	68
2.5 La description de la dynamique . . . . .	69

3. Les cadres d'interaction . . . . .	71
4. Les fragments combinés . . . . .	76
4.1 Introduction . . . . .	76
4.2 L'option . . . . .	76
4.3 L'alternative . . . . .	77
4.4 La boucle . . . . .	77
4.5 L'opérateur break . . . . .	78
4.6 Le parallélisme. . . . .	79
4.7 La séquence faible . . . . .	80
4.8 La séquence stricte . . . . .	81
4.9 La négation . . . . .	82
4.10 La section critique. . . . .	83
4.11 L'assertion . . . . .	83
4.12 Utilisation des fragments combinés . . . . .	84
5. Le diagramme de communication . . . . .	86
5.1 La représentation des objets. . . . .	86
5.2 Le message et l'ordre des messages . . . . .	86
5.3 Les messages parallèles . . . . .	88
5.4 Les messages itératifs . . . . .	88
5.5 Les messages itératifs et parallèles. . . . .	89
6. Découvrir les objets du système . . . . .	90
7. Conclusion . . . . .	94
8. Exercices . . . . .	95
8.1 L'hippodrome . . . . .	95
8.2 La centrale d'achat des chevaux. . . . .	95

**Chapitre 6****La modélisation des objets**

1. Introduction . . . . .	97
2. Découvrir les objets du système par décomposition . . . . .	98
3. La représentation des classes . . . . .	102
3.1 La forme simplifiée de représentation des classes. . . . .	102
3.2 L'encapsulation . . . . .	104
3.3 Les types . . . . .	105
3.4 La cardinalité. . . . .	107
3.5 Les propriétés des variables . . . . .	108
3.6 La signature des méthodes. . . . .	109
3.7 La forme complète de représentation des classes . . . . .	111
3.8 Les attributs et les méthodes de classe . . . . .	111
3.9 Les attributs calculés . . . . .	114
4. Les associations entre objets . . . . .	114
4.1 Les liens entre objets . . . . .	114
4.2 La représentation des associations entre les classes . . . . .	115
4.3 La cardinalité des associations . . . . .	118
4.4 La navigation . . . . .	120
4.5 L'association réflexive . . . . .	120
4.6 Les propriétés des extrémités des associations . . . . .	123
4.7 Les classes-associations. . . . .	124
4.8 La qualification des associations . . . . .	125
4.9 L'expression de contraintes sur les associations . . . . .	126
4.10 Les objets composés . . . . .	130
4.10.1 La composition forte ou composition . . . . .	130
4.10.2 La composition faible ou agrégation . . . . .	132
4.10.3 Les différences entre composition et agrégation . . . . .	134
4.11 La relation de dépendance . . . . .	134

- 5. La relation de généralisation/spécialisation entre les classes . . . . . 136
  - 5.1 Les classes plus spécifiques et les classes plus générales. . . . . 136
  - 5.2 L'héritage. . . . . 137
  - 5.3 Les classes concrètes et abstraites . . . . . 139
  - 5.4 L'expression de contraintes sur la relation d'héritage. . . . . 141
  - 5.5 L'héritage multiple . . . . . 143
  - 5.6 La factorisation des relations entre objets. . . . . 144
  - 5.7 L'interface . . . . . 146
- 6. Les différents stéréotypes de classe . . . . . 150
- 7. Les classes template . . . . . 151
- 8. Les objets ou instances . . . . . 154
  - 8.1 La représentation des objets. . . . . 154
  - 8.2 La relation d'instanciation . . . . . 155
  - 8.3 Les liens entre objets. . . . . 156
- 9. Le diagramme de structure composite . . . . . 157
  - 9.1 La description d'un objet composé . . . . . 157
  - 9.2 La collaboration . . . . . 163
- 10. Conclusion . . . . . 166
- 11. Exercices . . . . . 166
  - 11.1 La hiérarchie des chevaux. . . . . 166
  - 11.2 Les produits pour chevaux . . . . . 167

**Chapitre 7**

**La structuration des éléments de modélisation**

- 1. Introduction . . . . . 169
- 2. Les paquetages et le diagramme de paquetage . . . . . 169
- 3. Les relations d'importation et d'accès entre les paquetages . . . . . 173
- 4. La relation de fusion entre deux paquetages. . . . . 174
- 5. Les paquetages template . . . . . 178
- 6. Conclusion . . . . . 181

**Chapitre 8****La modélisation du cycle de vie des objets**

1. Introduction . . . . .	183
2. La notion d'état . . . . .	184
3. Le changement d'état . . . . .	185
3.1 La notion d'événement . . . . .	185
3.2 La transition . . . . .	187
4. L'élaboration du diagramme d'états-transitions . . . . .	188
4.1 La représentation graphique des éléments de base . . . . .	188
4.2 Les conditions de garde . . . . .	192
4.3 Les activités liées à un état ou à un franchissement de transition . . . . .	193
4.4 La jonction et l'alternative . . . . .	195
4.5 Les états composés . . . . .	199
5. Le diagramme de timing . . . . .	206
6. Conclusion . . . . .	208
7. Exercices . . . . .	208
7.1 Le ticket de course de tiercé . . . . .	208
7.2 La course de chevaux . . . . .	208
7.3 Le manège de bois . . . . .	208

**Chapitre 9****La modélisation des activités**

1. Introduction . . . . .	209
2. Les activités et les enchaînements d'activités . . . . .	210
2.1 Les activités . . . . .	210
2.2 Les enchaînements d'activités . . . . .	211
3. Les couloirs . . . . .	216
4. Les flux d'objets . . . . .	218
5. L'émission et la réception de signaux . . . . .	220

6. Les activités composées . . . . .	222
7. Les activités d'alternative et de boucle . . . . .	225
8. Les régions d'activités interruptibles . . . . .	227
9. Les régions d'expansion . . . . .	229
10. Le diagramme de vue d'ensemble des interactions . . . . .	231
11. Conclusion . . . . .	232
12. Exercices . . . . .	232
12.1 Le spectacle équestre . . . . .	232
12.2 Le tiercé . . . . .	232

## **Chapitre 10** **La modélisation de l'architecture du système**

1. Introduction . . . . .	233
2. Le diagramme de composants . . . . .	234
2.1 Les composants . . . . .	234
2.2 Les ports . . . . .	237
2.3 Les stéréotypes des composants . . . . .	237
2.4 L'architecture logicielle par composants . . . . .	238
3. Le diagramme de déploiement . . . . .	240
4. Conclusion . . . . .	242

## **Chapitre 11** **Les profils**

1. Introduction . . . . .	243
2. Les stéréotypes . . . . .	244
2.1 Les métaclasses . . . . .	244
2.2 Les notions de stéréotype et d'association d'extension . . . . .	246
2.2.1 Introduction . . . . .	246
2.2.2 Les stéréotypes requis . . . . .	248



2.2.3	L'extension de plusieurs métaclasses par un même stéréotype . . . . .	249
2.2.4	La généralisation et la spécialisation des stéréotypes . . .	250
3.	Les tagged values (valeurs étiquetées) . . . . .	252
3.1	Introduction . . . . .	252
3.2	Les associations entre stéréotypes . . . . .	253
4.	Les autres éléments d'un profil . . . . .	255
4.1	Les contraintes . . . . .	255
4.2	Les classes, les types et les énumérations . . . . .	256
5.	Les profils . . . . .	257
5.1	La représentation d'un profil . . . . .	257
5.2	La relation de référence . . . . .	257
5.3	L'application d'un profil à un paquetage . . . . .	259
6.	Un exemple de domaine : les équidés . . . . .	260
6.1	Le profil . . . . .	260
6.2	Le modèle . . . . .	262
7.	Un exemple de profil de plateforme : un profil pour EJB. . . . .	265
8.	Conclusion . . . . .	266

## Annexes

### Annexe 1 : L'architecture MDA : l'outil DB-MAIN

1.	Introduction . . . . .	267
2.	La transformation du modèle objet vers le modèle relationnel . . .	268
2.1	La transformation des classes . . . . .	268
2.2	La transformation des associations . . . . .	270
2.2.1	Les clés étrangères . . . . .	270
2.2.2	Les associations dont une extrémité a pour cardinalité 0..1 ou 1..1 . . . . .	270
2.2.3	Les autres associations . . . . .	271

2.3 La transformation de l'héritage ..... 273  
    2.3.1 Le mécanisme de transformation ..... 273  
    2.3.2 La prise en compte des contraintes liées  
        à la relation d'héritage ..... 274  
2.4 Conclusion ..... 277

**Annexe 2 : Correction des exercices**

1. Chapitre La modélisation des exigences ..... 279  
    1.1 L'hippodrome ..... 279  
    1.2 Le club équestre ..... 280  
    1.3 Le manège de chevaux de bois ..... 281  
2. Chapitre La modélisation de la dynamique ..... 283  
    2.1 L'hippodrome ..... 283  
    2.2 La centrale d'achat des chevaux ..... 285  
3. Chapitre La modélisation des objets ..... 286  
    3.1 La hiérarchie des chevaux ..... 286  
    3.2 Les produits pour chevaux ..... 287  
4. Chapitre La modélisation du cycle de vie des objets ..... 288  
    4.1 Le ticket de course de tiercé ..... 288  
    4.2 La course de chevaux ..... 289  
    4.3 Le manège de bois ..... 290  
5. Chapitre La modélisation des activités ..... 291  
    5.1 Le spectacle équestre ..... 291  
    5.2 Le tiercé ..... 292

**Annexe 3 : Glossaire** ..... 293

**Annexe 4 : Lexique**

1. Français-anglais. ....	305
2. Anglais-français. ....	308

**Annexe 5 : Notation graphique. .... 313****Annexe 6 : Bibliographie. .... 319**

Index. ....	321
-------------	-----

# Chapitre 5

## La modélisation de la dynamique

### 1. Introduction

Ce chapitre a pour objectif de vous faire découvrir comment UML représente les interactions entre les objets. Au chapitre Les concepts de l'approche par objets, nous avons découvert que les objets d'un système possèdent leur propre comportement et interagissent entre eux afin de doter le système de sa dynamique globale. Au chapitre La modélisation des exigences, nous avons étudié la façon dont les cas d'utilisation représentent les actions et réactions entre un acteur externe et le système. Du point de vue de la modélisation, ces deux types d'interactions se distinguent par leur différence interne/externe mais nullement par leur nature.

UML propose deux diagrammes pour répondre à ce besoin de représentation des interactions entre objets :

- Le diagramme de séquence se focalise sur les aspects temporels.
- Le diagramme de communication se focalise sur la représentation spatiale.

Dans ce chapitre, nous allons étudier ces deux diagrammes. Nous examinerons ensuite comment découvrir progressivement les objets composant un système. Cette découverte sera basée sur les interactions entre les objets intervenant dans les cas d'utilisation du système. Pour représenter ces interactions, nous ferons le choix du diagramme de séquence, cette option ayant très souvent la faveur des personnes chargées de la modélisation d'un projet.

## 2. Le diagramme de séquence

### 2.1 Introduction

Le diagramme de séquence décrit la dynamique du système. À moins de modéliser un très petit système, il est difficile de représenter toute la dynamique d'un système sur un seul diagramme. Aussi la dynamique globale sera représentée par un ensemble de diagrammes de séquence, chacun étant généralement lié à une sous-fonction du système. Nous étudierons les caches d'interaction qui facilitent cette possibilité de représentation.

Le diagramme de séquence décrit les interactions entre un groupe d'objets en montrant, de façon séquentielle, les envois de message qui interviennent entre les objets. Le diagramme peut également montrer les transmissions de données échangées lors des envois de message.

#### ■ Remarque

*Pour interagir entre eux, les objets s'envoient des messages. Lors de la réception d'un message, un objet devient actif et exécute la méthode de même nom. Un envoi de message est donc un appel de méthode.*

### 2.2 La ligne de vie d'un objet

Comme il représente la dynamique du système, le diagramme de séquence fait entrer en action les instances des classes intervenant dans la réalisation de la sous-fonction qui lui est liée. À chaque instance est associée une ligne de vie qui montre ses actions et réactions, ainsi que les périodes pendant lesquelles elle est active, c'est-à-dire où elle exécute l'une de ses méthodes.

La représentation graphique de la ligne de vie est illustrée à la figure 5.1.

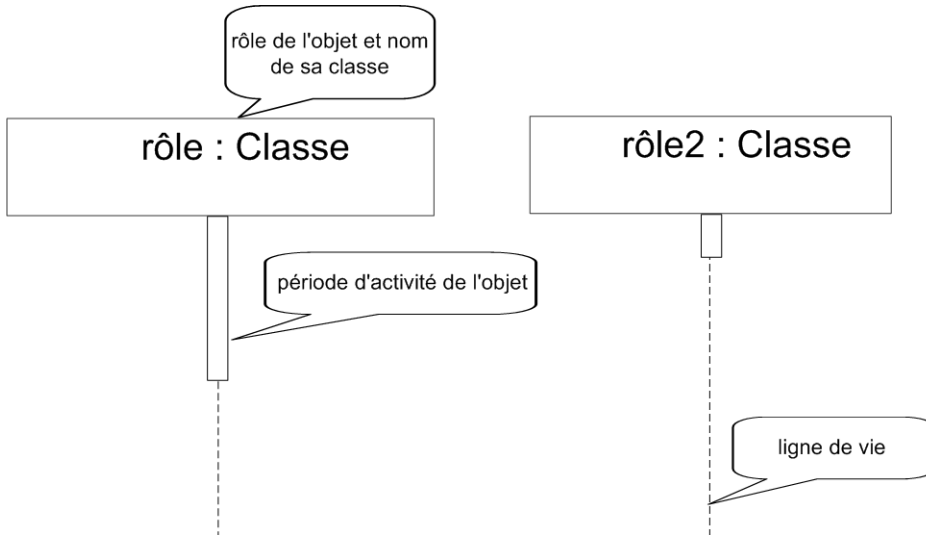


Figure 5.1 - Lignes de vie

## ■ Remarque

La notation *rôle : Classe* représente le rôle d'une instance suivi du nom de sa classe. Dans cet ouvrage, par souci de simplification, nous considérons que le rôle de l'instance correspond à son nom. Le rôle de l'instance est optionnel si une seule instance de cette classe participe au diagramme de séquence. Le nom de la classe peut également être omis dans le cas d'une étape préliminaire de la modélisation, mais il doit être spécifié dès que possible.

## ■ Remarque

Un diagramme de séquence contient plusieurs lignes de vie car il traite des interactions entre plusieurs objets.

La ligne de vie peut commencer par l'introduction d'un invariant d'état qui est une expression logique qui doit être vérifiée tout au long du déroulement de la ligne de vie. La figure 5.2 illustre l'introduction d'un tel invariant.

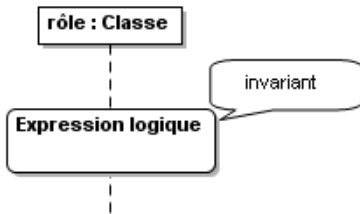


Figure 5.2 - Invariant d'état

## 2.3 L'envoi de message

Les envois de message sont représentés par des flèches horizontales reliant la ligne de vie de l'objet émetteur à la ligne de vie de l'objet destinataire (voir figure 5.3).



Figure 5.3 - Envoi d'un message

Dans la figure 5.3, l'objet de gauche envoie un message à l'objet de droite. En programmation, ce message donne lieu à l'exécution de la méthode `message` de l'objet de droite, ce qui provoque son activation. Le nom du message n'est pas obligatoire, il est possible de l'omettre lors de la spécification d'un envoi de message. Dans ce cas, le nom du message est remplacé par le caractère `*`.

Les messages sont numérotés séquentiellement, à partir de 1. Si un message est envoyé alors que le traitement du précédent n'est pas terminé, il est possible d'utiliser une numérotation composée (voir figure 5.4) où l'envoi du message 2 intervient pendant l'exécution du message 1.

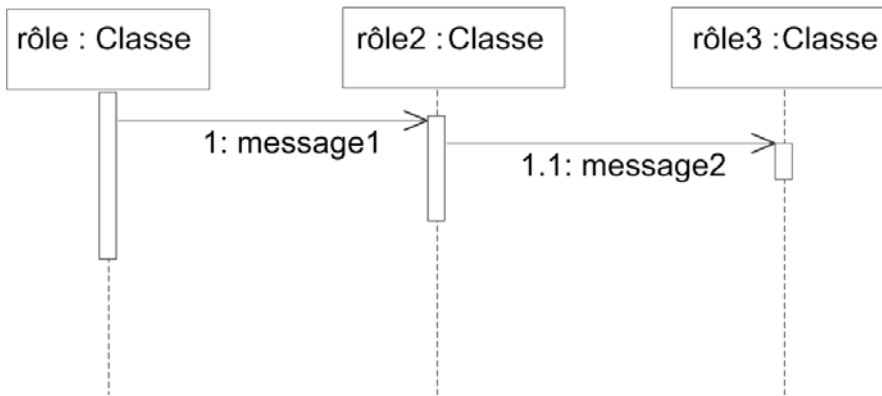


Figure 5.4 - Numérotation des messages

**Remarque**

*La numérotation des messages n'est pas obligatoire. Elle reste toutefois pratique pour montrer les activations imbriquées.*

La transmission de données est également possible ; elle est représentée par des paramètres transmis avec le message (voir figure 5.5). La valeur de chaque paramètre transmis est fournie par la valeur de variables comme donnée1 et donnée2 ou par la valeur de constantes. Par défaut, la valeur des paramètres est fournie dans l'ordre de ceux-ci. Il est aussi possible de nommer les paramètres afin de leur affecter leur valeur. L'utilisation du caractère - signifie que la valeur du paramètre n'est pas spécifiée. Ainsi, dans l'exemple message (-), la valeur d'aucun paramètre n'est spécifiée.



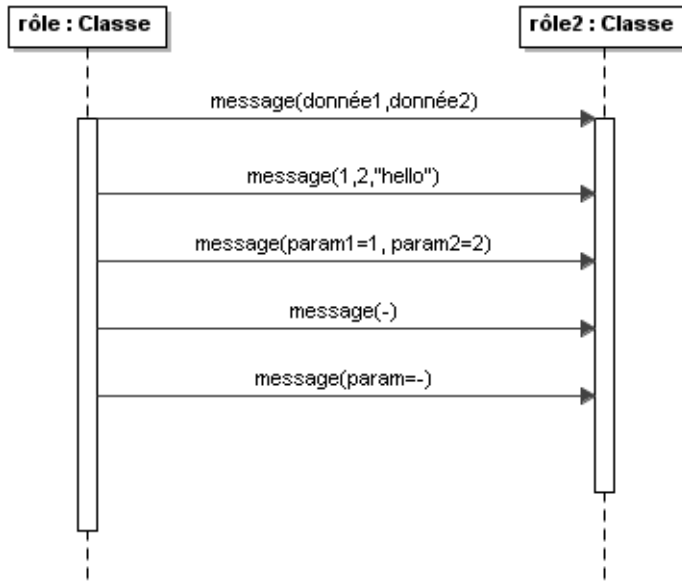


Figure 5.5 - Transmission de données lors de l'envoi d'un message

Il existe différents types d'envois de message. La figure 5.6 en fournit une explication graphique.

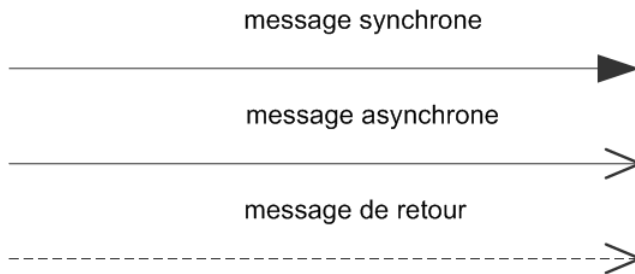


Figure 5.6 - Les différents types de messages

Le message synchrone est le plus fréquemment utilisé. Dans ce cas, l'expéditeur attend que l'activation de la méthode invoquée chez le destinataire soit terminée avant de continuer son activité.