

# Description des mesures d'analyse de la ville implémentées au COGIT (Généralisation)

Les mesures et la modélisation des données présentées dans ce document ont été définies au sein de l'action de recherche en généralisation dans le cadre plus général :

- de la description de la ville en vue de sa généralisation (thèse d'Annabelle Boffet, notamment), pour la plus grande partie,
- de la description de la ville en vue de détecter des évolutions (traitements faits pour Patricia Bordin pendant sa thèse), pour une petite partie.

## 1. Schéma de données défini pour l'analyse de la ville

### 1.1 Diagramme de classes général

La Figure 1 présente le diagramme de classes du modèle défini au sein de l'action de recherche généralisation pour l'analyse de la ville.

Les objets des classes *Bâtiment* et *Tronçon route* sont supposés présents dans les données initiales. La classe *Population de bâtiments* contient un seul objet (de niveau macro), qui recense l'ensemble des instances de la classe *Bâtiment*. Les objets des autres classes sont créés automatiquement à partir des routes et des bâtiments. Le modèle proposé met en œuvre le concept objet d'agrégation récursive (cf. [Boffet 2001, p.81]).

Les classes d'éléments simples sont les classes *Bâtiment* et *Tronçon de route*. La classe abstraite *Surface bâtie* est une classe générique servant à modéliser des groupes d'objets géographiques ayant un sens géographique ou une utilité du point de vue la généralisation cartographique, et composés au moins de bâtiments, parfois aussi de routes. Le nom de « Surface bâtie » a été choisi pour évoquer l'emprise au sol, surfacique, des groupes d'objets considérés. Cette classe *Surface bâtie* est spécialisée en six classes : *Ville*, *Quartier*, *Îlot*, *Groupe de bâtiments dans îlot*, et *Alignement* (groupe de bâtiment alignés) qui elle-même se spécialise en *Alignement droit*. Des associations de type agrégation existent entre ces classes : la ville est une agrégation de quartiers, le quartier est une agrégation d'îlots. Un îlot est une agrégation de groupes de bâtiments, de tronçons de routes (bordant l'îlot ou internes à l'îlot), et les tronçons internes à un îlot sont groupés en ensembles connexes, les *Groupes de routes dans îlot*.

De nombreux attributs, valables pour toutes les classes spécialisant la classe *Surface bâtie*, sont définis au niveau de cette classe générique et hérités. D'autres sont définis spécifiquement au niveau des différentes sous-classes de *Surface bâtie*.

Pour certains de ces attributs, il arrive que leur valeur n'ait pas de sens (par exemple, l'orientation n'a pas de sens pour un bâtiment rond). Nous essayons de le préciser pour chaque attribut décrit ci-après.

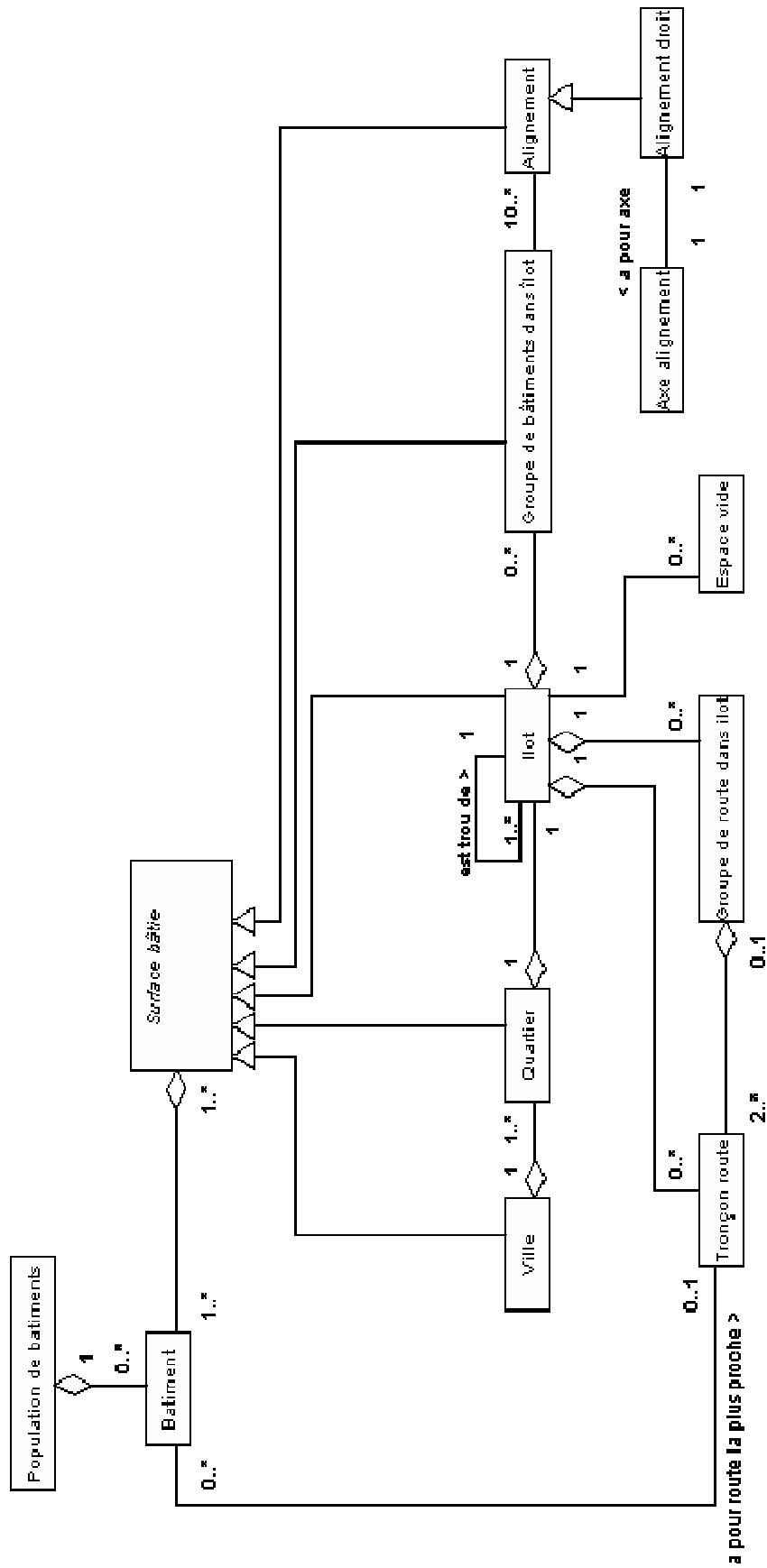


Figure 1. Schéma de données défini au sein de l'action de recherche généralisation pour l'analyse de la ville

## 1.2 Détail de la classe Bâtiment

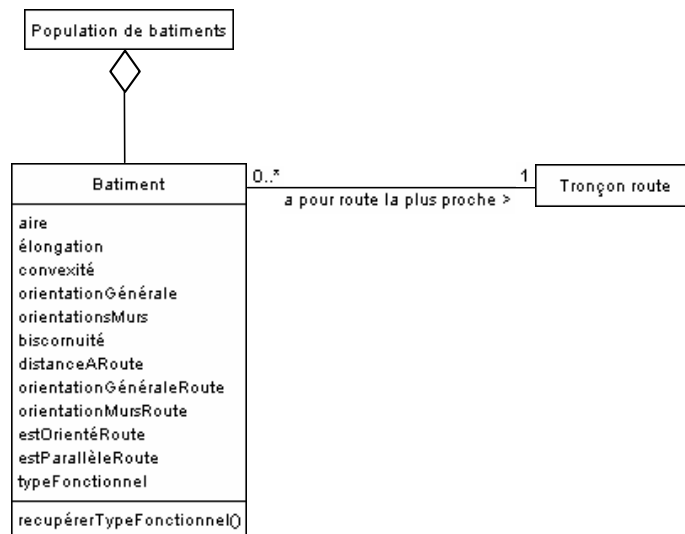


Figure 2. Classe Bâtiment

L'association *a pour route la plus proche* avec la classe *Tronçon route* est instanciée pour un bâtiment avec le tronçon de route qui est le plus proche de lui en distance euclidienne, seulement si la distance à cette route est inférieure à un seuil donné (c'est-à-dire seulement si le bâtiment et la route sont « assez proches » dans l'absolu). Ce lien sert, par exemple, à détecter des structures bâties particulières en analysant si tous les bâtiments proches d'une route ont la même forme, la même taille, la même orientation par rapport à cette route.

### 1.2.1 Attributs de la classe Bâtiment

<p><b>aire :</b></p>	<p>Surface délimitée par le contour du bâtiment.  <b>NB :</b> il peut être intéressant, si on s'intéresse à la taille du bâtiment, de considérer non pas sa surface classique, mais la surface délimitée par son contour extérieur, c'est-à-dire de faire abstraction des trous (cours intérieures).</p>
<p><b>élongation :</b></p>	<p>Rapport longueur/largeur du rectangle englobant de surface minimale du bâtiment (rectangle non nécessairement parallèle aux axes contrairement à la définition "classique" du MBR adoptée par les SIG). Ce rectangle est représenté en orange sur la figure ci-dessous.</p> <div data-bbox="949 1545 1117 1691" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"><b><i>Rectangle englobant de surface minimale d'un bâtiment</i></b></p> <p>Autrement dit, c'est le rapport longueur/largeur du bâtiment dans la direction de son orientation générale (cf. attribut <i>orientationGénérale</i>).</p> <p>L'élongation prend sa valeur dans <math>[1, +\infty[</math> (<math>1 \Leftrightarrow</math> carré).</p> <p>Références : [Regnauld 1998, p.76 ; AGENT 1999, p.5]</p> <p><b><i>Fiche algorithme n°1.</i></b></p>

<p><b>convexite :</b></p>	<p>Rapport (Surface bâtiment / Surface enveloppe convexe). La concavité prend sa valeur dans ]0, 1] (<math>1 \Leftrightarrow</math> convexe). Références : [Regnauld 1998, p.76].</p>
<p><b>orientationGénérale :</b></p>	<p>Orientation à <math>180^\circ</math> près, en degrés, par rapport à l'axe des <math>x</math>, du rectangle englobant de surface minimale du bâtiment (rectangle non nécessairement parallèle aux axes contrairement à la définition "classique" du MBR adoptée par les SIG). Autrement dit, c'est la direction selon laquelle le bâtiment est allongé. L'orientation générale prend sa valeur dans <math>[0, 180^\circ[</math>. Références : [AGENT 1999, p.5].</p> <div data-bbox="655 562 1407 745" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;"><b>Orientation générale d'un bâtiment</b></p> <p><u>Cas particulier :</u> si le rectangle minimum est un carré parfait (<math>\Rightarrow</math> élongation = 1), l'orientation de ce rectangle n'est plus définie qu'à <math>90^\circ</math> degrés près. Dans ce cas, l'orientation qui est renvoyée est comprise dans <math>[0, 90^\circ[</math>. La notion d'orientation générale du bâtiment n'a alors pas vraiment de sens : l'orientation du bâtiment lui-même peut être définie à <math>90^\circ</math> près (bâtiment lui-même carré ou en forme de U, L, etc. avec un rectangle englobant carré), ou peut ne pas être définie du tout (bâtiment rond, hexagonal). Pour savoir si la notion d'orientation a un sens pour le bâtiment dans le cas d'une élongation très proche 1, il faut regarder la valeur de l'attribut <i>biscornuité</i>, qui vaut <i>pas d'orientation</i> si l'orientation n'a aucun sens.</p> <p><b>Fiche algorithme n°1.</b></p>
<p><b>orientationMurs</b></p>	<p>Orientation à <math>90^\circ</math> près, en degrés, des murs du bâtiment (cf. figure ci-dessous).</p> <div data-bbox="691 1384 1370 1559" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;"><b>Orientation générale et orientation des murs d'un bâtiment</b> [Duchêne et al. 2003]</p> <p>L'orientation des murs prend sa valeur dans <math>[0, 90^\circ[</math>. En fait plusieurs orientations des murs peuvent être identifiées, il s'agit donc plutôt d'une liste ordonnée d'orientations des murs (par ordre décroissant de fréquence). L'algorithme utilisé pour le calcul des orientations des murs fournit pour chacune un coefficient de confiance, qui n'est pas utile directement mais est utilisé pour le calcul de l'attribut <i>biscornuité</i> (cf. ci-dessous). Références : [Duchêne et al. 2003].</p> <p><b>Fiche algorithme n°2.</b></p>

<p><b>biscornuite :</b></p>	<p>Indicateur qualitatif du caractère "biscornu" de la forme du bâtiment, basé sur la fiabilité de l'orientation de ses murs et la comparaison entre son orientation générale et l'orientation de ses murs. Valeurs possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Pas d'orientation des murs</i></li> <li>- <i>Rectangulaire</i> (en fait : signifie que tous les angles du bâtiments sont très proches de 90°, sans préjuger de la forme du bâtiment qui peut être rectangulaire mais aussi en U, en F, etc.)</li> <li>- <i>Murs peu droits</i> (idem sur la forme du bâtiment, et cette fois les angles sont assez proches de 90°, sans en être très proches),</li> <li>- <i>Un mur différent</i></li> <li>- <i>Escalier</i></li> <li>- <i>Escalier peu droit</i></li> <li>- <i>Plusieurs orientations des murs</i></li> </ul> <div data-bbox="598 792 1468 969" style="text-align: center;"> <p><i>Exemples de résultats pour la biscornuité</i></p> </div> <p>Références : [Duchêne et al. 2003; Duchêne 2004, p.160].</p>
<p><b>orientationGénéraleRoute :</b></p>	<p>Ecart angulaire à 180° près, en degrés, entre l'orientation générale du bâtiment et l'orientation locale au voisinage du bâtiment de sa route la plus proche, si cette route existe (cf. association <i>a pour route la plus proche</i>). Le point qui sert de référence sur la route pour le calcul de son orientation locale est le point auquel est réalisée la distance minimale au bâtiment.</p> <p>Valeurs dans ]-90°, 90°].</p> <div data-bbox="611 1319 1449 1491" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Orientation locale d'une route au voisinage d'un bâtiment</p> <p style="text-align: center;">Orientation générale d'un bâtiment par rapport à une route</p> <p>Référence : [Duchêne 2004, p.160]</p>

<b>Orient_m_rte :</b>	<p>Ecart angulaire à 90° près, en degrés, entre l'orientation des murs du bâtiment et l'orientation locale au voisinage du bâtiment de sa route la plus proche, si cette route existe (cf. association <i>a pour route la plus proche</i>). Le point qui sert de référence sur la route pour le calcul de son orientation locale est le point auquel est réalisée la distance minimale au bâtiment.</p> <p>Valeurs dans ]-45°, 45°].</p> <div data-bbox="839 450 1225 633" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Orientation des murs d'un bâtiment par rapport à une route</p> <p>Références : [Duchêne 2004, p.160]</p>
<b>estOrientéRoute :</b>	<p>1 si la notion d'orientation relative du bâtiment par rapport à sa route la plus proche a un sens, au moins pour l'orientation générale ou l'orientation des murs. C'est le cas, sauf si la <i>biscornuité</i> vaut <i>Pas d'orientation</i> ou <i>Plusieurs orientations</i>.</p> <p>0 sinon.</p>
<b>estParallèleRoute</b>	<p>1 si le bâtiment est parallèle à sa route la plus proche. Pour cela il faut que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la "biscornuité" du bâtiment vaille <i>Rectangulaire, Murs peu droits</i> ou <i>Un mur différent</i>,</li> <li>- l'orientation relative des murs du bâtiment par rapport à sa route la plus proche soit inférieure, en valeur absolue, à un seuil (valeur empirique : 15°).</li> </ul> <p>0 sinon.</p> <p>Références : [Duchêne 2004, p.160]</p>
<b>typeFonctionnel</b>	<p>Indique le type fonctionnel du bâtiment. Attribut de type énuméré, propre au schéma utilisateur (par exemple, bâtiment administratif, industriel, commercial, quelconque). Cet attribut n'est pas calculé mais récupéré sur les données par la méthode <i>récupérerTypeFonctionnel</i>, qui doit être définie par l'utilisateur pour aller « lire » la valeur dans le bon attribut en fonction des données.</p> <p>Le <i>typeFonctionnel</i> est utilisé pour les analyses sur les surfaces bâties (pour détecter, par exemple, les quartiers ou les îlots à dominante administrative, etc). Cf. attribut <i>homogénéitéTypesFonctionnelsBâtiments</i> de la classe <i>Surface bâtie</i>.</p>

### 1.2.2 Méthodes de la classe Bâtiment

<b>récupérerTypeFonctionnel</b>	Cf. attribut <i>typeFonctionnel</i> .
---------------------------------	---------------------------------------

### 1.3 Détail de la classe Tronçon de route

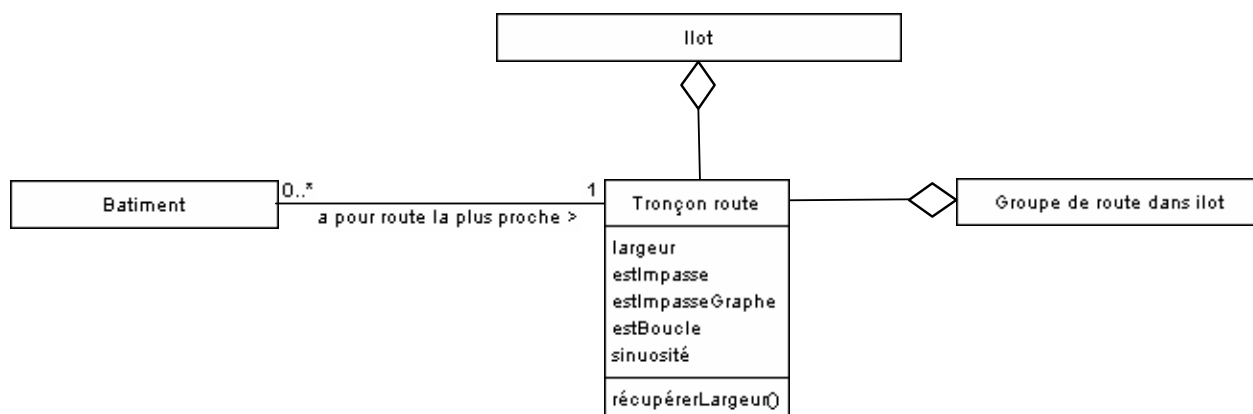


Figure 3. Classe Tronçon route

#### 1.3.1 Attributs de la classe Tronçon de route

<b>largeur</b>	Attribut non calculé par une méthode générique, mais récupéré (ou calculé) en fonction des données de l'utilisateur (par exemple, en fonction d'un nombre de voies, etc.), grâce à la méthode récupérerLargeur. La <i>largeur</i> est utilisée, si elle est définie, dans les calculs de densité des îlots, quartiers, etc.
<b>estImpasse :</b>	1 si le tronçon est une impasse au sens défini en 1.8 « Îlots et impasses », 0 sinon. Détection : une impasse a ses faces à gauche et à droite identiques, ou a au moins pour face à gauche ou à droite un îlot qui est un trou (cas des « aires de demi-tour dans un lotissement »).
<b>estImpasseGraphe :</b>	1 si le tronçon est une impasse au sens de la théorie des graphes (cf. 1.8 « Îlots et impasses »), 0 sinon.
<b>estBoucle :</b>	1 si le tronçon forme une boucle (point initial = point final), 0 sinon.
<b>Sinuosité :</b>	Rapport (longueur tronçon/longueur base), où la base du tronçon est le segment joignant son point initial à son point final. La sinuosité prend sa valeur dans $[1, +\infty[$ ( $1 \Leftrightarrow$ ligne droite). <u>Attention :</u> Si le tronçon est une boucle ( $estBoucle = 1$ ), la notion de sinuosité n'a pas de sens. Références : [McMaster 1983 ; Plazanet 1996, p. 110-116 ; Mustière 2001, p.198]

#### 1.3.2 Méthodes de la classe Tronçon de route

<b>récupérerLargeur</b>	Cf. attribut <i>largeur</i> . Cette méthode est définie par l'utilisateur et contient la manière de calculer l'attribut <i>largeur</i> en fonction des données de l'utilisateur.
-------------------------	--

### 1.4 Détail de la classe Population de bâtiments

#### 1.4.1 Construction

Un seul objet dans cette classe : objet de niveau macro qui recense l'ensemble des bâtiments présents dans le jeu de données. Il est donc lié à l'ensemble des instances de la classe *Bâtiment*.

### 1.4.2 Attributs de la classe Population de bâtiments

Pas d'attributs définis sur cette classe.

### 1.4.3 Méthodes de la classe Population de bâtiments

<b>construireVille</b>	Méthode qui construit les objets <i>Ville</i> à partir des bâtiments du jeu de données. Référence : [Boffet 2001, p.101-116]. <i>Fiche algorithme n°3.</i>
------------------------	--

### 1.5 Détail de la classe Surface bâtie

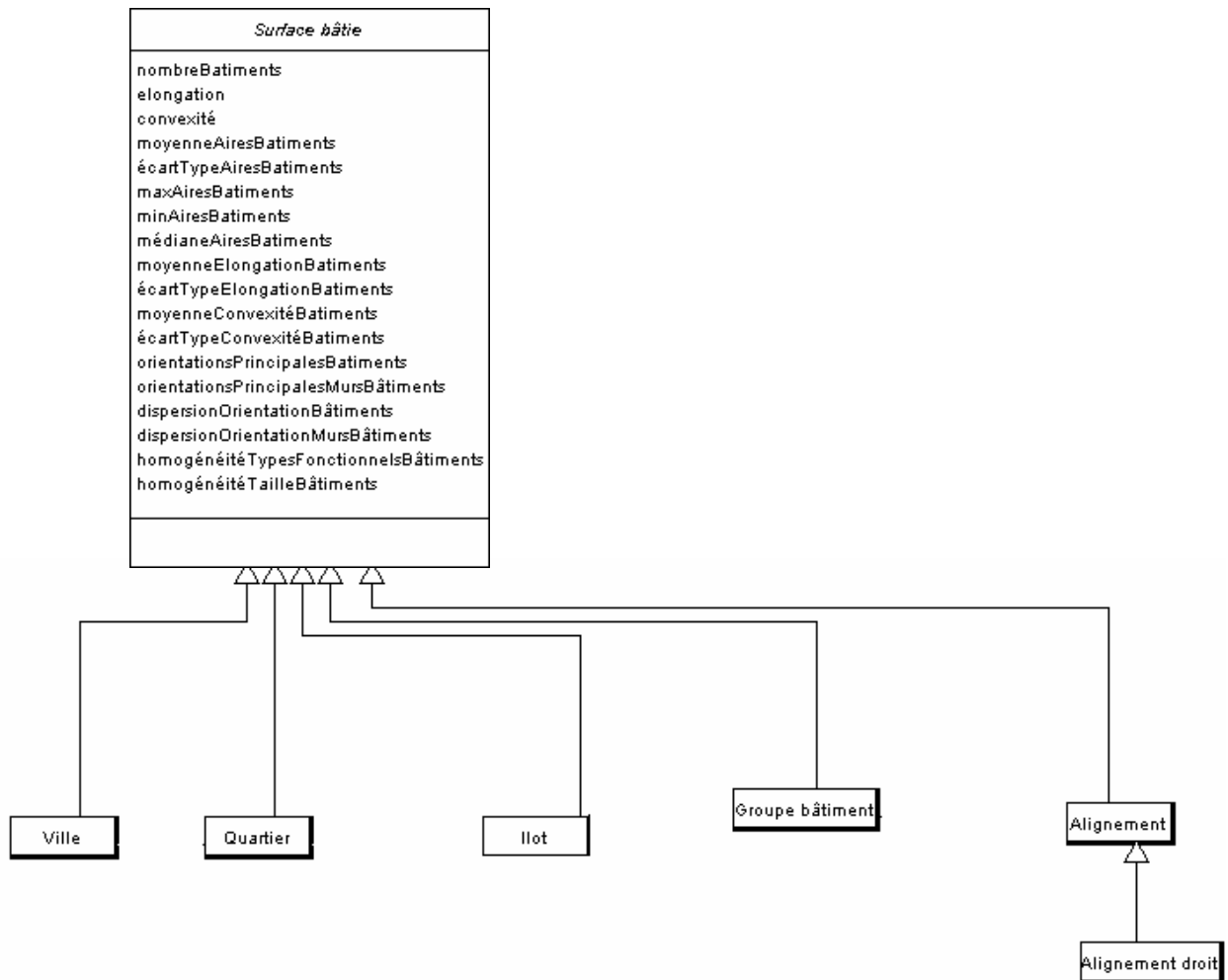


Figure 4. La classe *Surface bâtie*

La classe *Surface bâtie* est une classe abstraite, dont héritent directement 5 classes concrètes (*Ville*, *Quartier*, *Ilot*, *Groupe bâtiment* et *Alignement*), et indirectement une sixième (*Alignement droit*).

#### 1.5.1 Attributs de la classe Surface bâtie

<b>nombreBâtiments :</b>	Nombre de bâtiments dans la <i>Surface bâtie</i> . Attention : si c'est un îlot, les bâtiments contenus dans un trou de l'îlot ne sont pas comptabilisés (ils ne sont pas inclus dans l'îlot)
--------------------------	---



	au sens mathématique du terme). Cf. 1.8, et attribut <i>nombreBâtisTrousCompris</i> de la classe <i>Ilot</i> .
<b>Elongation :</b>	Elongation de la surface bâtie, calculée d'après son contour extérieur de la même manière que l' <i>élongation</i> d'un bâtiment.
<b>Convexité :</b>	Convexité de la surface bâtie, calculée de la même manière que la <i>convexité</i> d'un bâtiment.
<b>moyenneAiresBâtiments :</b>	Moyenne arithmétique des aires des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> .
<b>écartTypeAiresBâtiments :</b>	Ecart type des aires des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> . Permet de se faire une idée de la régularité en taille des bâtiments de la <i>Surface bâtie</i> . (cf. attribut <i>homogénéitéTailleBâtiments</i> ).
<b>maxAiresBâtiments :</b>	Maximum des aires des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> .
<b>minAiresBâtiments :</b>	Minimum arithmétique des aires des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> .
<b>médianeAiresBâtiments :</b>	Médiane arithmétique des aires des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> .
<b>moyenneElongationsBâtiments :</b>	Moyenne arithmétique des élongations des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> .
<b>écartTypeElongationsBâtiments :</b>	Ecart type des élongations des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> .
<b>moyenneConvexitéBâtiments :</b>	Moyenne arithmétique des convexités des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> .
<b>écartTypeConvexitéBâtiments :</b>	Ecart type des convexités des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> . Associée à l'écart type sur les élongations, permet de se faire une idée de la régularité de forme des bâtiments inclus dans la <i>Surface bâtie</i> .
<b>orientationsPrincipalesBâtiments :</b>	Liste d'une ou plusieurs orientations générales les plus fréquentes pour les bâtiments de la <i>Surface bâtie</i> , si une ou plusieurs orientations fréquemment prises se dégagent (liste ordonnée par ordre décroissant de fréquence). Pour chaque orientation de la liste, valeur dans $[0, 180^\circ[$ valable modulo $180^\circ$ (cf. attribut <i>orientationGénérale</i> de la classe <i>Bâtiment</i> ). Cet attribut est calculé à l'aide de la méthode décrite dans la fiche n° 2, et qui est aussi utilisée pour le calcul de l'orientation des murs d'un bâtiment. Si tous les bâtiments de la <i>Surface bâtie</i> ont des orientations générales différentes, cet attribut n'a pas de sens. La mesure qui le calcule doit alors renvoyer une liste contenant une seule valeur qui conventionnellement signifie « <i>null</i> » (par exemple, -1), et l'attribut

	<p><i>dispersionOrientationMursBâtiments</i> a une valeur proche de 0.0.</p> <p><b>Fiche algorithme n°2.</b></p>
<p><b>orientationsPrincipalesMursBâtiments :</b></p>	<p>Liste d'une ou plusieurs orientations des murs les plus fréquentes pour les bâtiments de la <i>Surface bâtie</i>, si une ou plusieurs orientations fréquemment prises se dégagent (liste ordonnée par ordre décroissant de fréquence). Pour chaque orientation de la liste, valeur dans <math>[0, 90^\circ[</math> valable modulo <math>90^\circ</math> (cf. attribut <i>orientationMurs</i> de la classe <i>Bâtiment</i>). Cet attribut est calculé à l'aide de la méthode décrite dans la fiche n° 2, et qui est aussi utilisée pour le calcul de l'orientation des murs d'un bâtiment.</p> <p>Si tous les bâtiments de la <i>Surface bâtie</i> ont des orientations des murs différentes, cet attribut n'a pas de sens. La mesure qui le calcule doit alors renvoyer une liste contenant une seule valeur qui conventionnellement signifie « <i>null</i> » (par exemple, -1), et l'attribut <i>dispersionOrientationMurs Bâtiments</i> a une valeur proche de 0.0.</p> <p><b>Fiche algorithme n°2.</b></p>
<p><b>dispersionOrientationBâtiments :</b></p>	<p>Liste des coefficients de confiance associés aux valeurs de l'attribut <i>orientationsPrincipalesBâtiments</i> (correspondance terme à terme dans la liste) Valeurs dans <math>[0,1]</math>, la somme des valeurs est <math>\leq 1</math>. Interprétation :</p> <p>Si plusieurs valeurs, il est normal qu'elles soient relativement faibles.</p> <p>Si une seule valeur :</p> <p>1 <math>\Leftrightarrow</math> Tous les bâtiments de la surface bâtie ont exactement la même orientation : la seule figurant dans la liste de l'attribut <i>orientationsPrincipalesBâtiments</i>.</p> <p>0 et plus généralement <math>&lt; 0.3 \Leftrightarrow</math> Tous les bâtiments ont des orientations différentes, la notion d'orientation principale n'a pas vraiment de sens.</p> <p>Cet attribut permet de détecter les <i>Surfaces bâties</i> dont tous les bâtiments (ou presque) ont la même orientation.</p> <p><b>Fiche algorithme n°2.</b></p>
<p><b>dispersionOrientationMursBâtiments :</b></p>	<p>Même chose que précédemment, mais pour l'attribut <i>orientationMursBâtiments</i>.</p>

<b>homogénéitéTypesFonctionnelsBâtiments :</b>	<p>Détermine le type fonctionnel de la <i>Surface bâtie</i> en fonction de celui de ses bâtiments (cf. attribut <i>typeFonctionnel</i> de la classe <i>Bâtiment</i>). Si tous les bâtiments de la <i>Surface bâtie</i> sont du même type, alors la structure est dite <i>homogène</i> de ce type (e.g. <i>homogène commerciale</i>). Sinon, si la part en aire ou en nombre d'un des types est supérieure à 70%, alors la <i>Surface bâtie</i> est dite <i>quasi homogène</i> de ce type. Sinon, la <i>Surface bâtie</i> est dite <i>hétérogène</i>.</p> <p>Référence : [Boffet 2001, p. 126-127]</p>
<b>homogénéitéTailleBâtiments :</b>	<p>Interprète la distribution des <i>aires</i> des bâtiments composant la <i>Surface bâtie</i>. On définit un seuil d'aire pour discriminer les <i>petits</i> des <i>grands</i> bâtiments. Si tous les bâtiments de la <i>Surface bâtie</i> sont grands (resp. petits), la <i>Surface bâtie</i> est dite <i>homogène grand</i> (resp. <i>homogène petit</i>). Sinon, si plus de 70% du nombre des bâtiments sont grands (resp. petits), la <i>Surface bâtie</i> est dite <i>quasi homogène grand</i> (resp. <i>quasi homogène petit</i>). Sinon, elle est dite <i>mixte</i>.</p> <p>Référence : [Boffet 2001, p. 128-131]</p>

## 1.6 Détail de la classe Ville

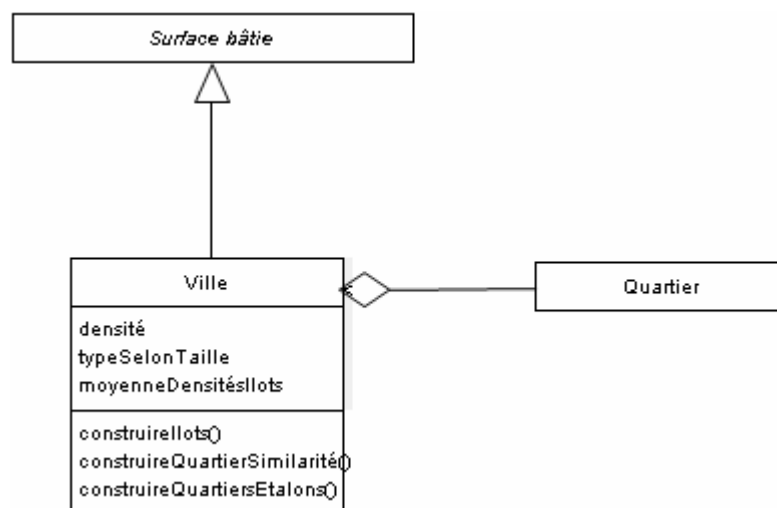


Figure 5. La classe *Ville*

### 1.6.1 Construction

Cf. méthode *construireVille* de la classe *Population de bâtiments* et **Fiche algorithme n°3**.

## 1.6.2 Attributs de la classe Ville

<p><b>densité :</b></p>	<p>Dans [Boffet 2001, p. 117], la ville est caractérisée par sa densité de bâtiments, pour « valider la valeur de l'espace dense » (la ville étant détectée comme zone dense en bâtiments). Sans précisions supplémentaires, on peut imaginer deux manières de calculer une densité de bâtiments :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– On peut diviser simplement la somme des aires des bâtiments par l'aire totale de la ville. On mesure alors la densité en bâtiments de la ville, mais sans tenir compte de la surface non constructible que constitue le réseau de rues.</li> <li>– On peut également mesurer la densité de l'espace non occupé par les réseaux (routier notamment, éventuellement aussi fluvial). Il faut alors retirer de la surface de la ville, la surface occupée par le réseau routier, la surface d'une route étant calculée comme sa longueur multipliée par la valeur de son attribut « largeur ».</li> </ul> <p>Le choix de la méthode dépend de l'usage, en particulier pour la comparaison de la densité d'un îlot avec celle de la ville (cf. sur la classe <i>Ilot</i> les attributs <i>densité</i> hérité de la classe <i>Surface batie</i>, et <i>densitéRelativeVille</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Par ailleurs, on peut aussi envisager de mesurer la part d'espace construit au sein de la ville, en sommant les aires des bâtiments et des routes, et en divisant le tout par la surface de la ville.</li> </ul>
<p><b>typeSelonTaille :</b></p>	<p>Qualifie la ville en fonction de sa surface S. Valeurs possibles :</p> <p><i>Grande ville</i> <math>\Leftrightarrow S &gt; 1000</math> ha  <i>Ville moyenne</i> <math>\Leftrightarrow 100 \text{ ha} &lt; S &lt; 1000</math> ha  <i>Bourg</i> (= petite ville) <math>\Leftrightarrow 50 \text{ ha} &lt; S &lt; 100</math> ha  <i>Hameau</i> (=village) <math>\Leftrightarrow S &lt; 50</math> ha</p> <p>Notons que pour les villes dont le <i>typeSelonTaille</i> est <i>Bourg</i>, [Boffet 2001, p117] préconise de ne pas chercher à identifier les <i>Quartiers</i>, qui « ne sont pas adaptés à ce type d'entité urbaine ». De même pour celles dont le <i>typeSelonTaille</i> est <i>Hameau</i>, aucune structure (<i>Surface bâtie</i>) interne n'a vraiment de sens, car « l'organisation spatiale majeure de cette unité repose sur les bâtiments ».</p> <p>Référence : [Boffet 2001, p. 117]</p>
<p><b>moyenneDensitéÎlots :</b></p>	<p>Moyenne arithmétique des densités des îlots</p>

	composant la <i>Ville</i> .
--	-----------------------------

### 1.6.3 Méthodes de la classe Ville

<b>construireÎlots :</b>	<p>Construit les îlots à l'intérieur de la ville, en partitionnant la ville par les tronçons de route. Remarque : on peut aussi partitionner par davantage de réseaux que seulement le réseau routier : réseau hydrographique notamment.</p>
<b>construireQuartiersSimilarité :</b>	<p>Construit les quartiers de la ville par agrégation d'îlots connexes similaires. La similarité concerne trois critères, correspondant aux attributs suivant des îlots : <i>homogénéitéTypesFonctionnelsBâtiments</i> et <i>homogénéitéTailleBâtiments</i> (hérités de la classe <i>SurfaceBâtie</i>), et <i>densitéRelativeVille</i>. Les îlots vides ou qui ne s'agrègent à aucun voisin sont agrégés en fin de traitement, selon des règles spécifique.</p> <p>Référence : [Boffet 2001, p.157-159]</p>
<b>construireQuartiersÉtalons :</b>	<p>Construit les quartiers de la ville par agrégation des îlots avec des îlots dits « étalons ». Les étalons sont une partie des îlots, ayant certaines valeurs spécifiques pour l'attribut <i>homogénéitéTailleBâtiments</i>. Les îlots étalons connexes sont regroupés en noyaux. Les noyaux sont enrichis de proche en proche par agrégation successive d'îlots qui leur sont connexes et proches pour les valeurs d'attributs</p> <p><i>homogénéitéTypesFonctionnelsBâtiments</i> et <i>homogénéitéTailleBâtiments</i> (hérités de la classe <i>SurfaceBâtie</i>), et <i>densitéRelativeVille</i>.</p> <p>Cette méthode est dérivée de la méthode des nuées dynamiques.</p> <p>Par rapport à la méthode <i>construireQuartiersSimilarité</i>, cette méthode à pour effet de « maximiser les différences entre classes, tout en minimisant les différences intra-classe » [Boffet 2001].</p> <p>Référence : [Boffet 2001, p.160-166]</p>

## 1.7 Détail de la classe Quartier

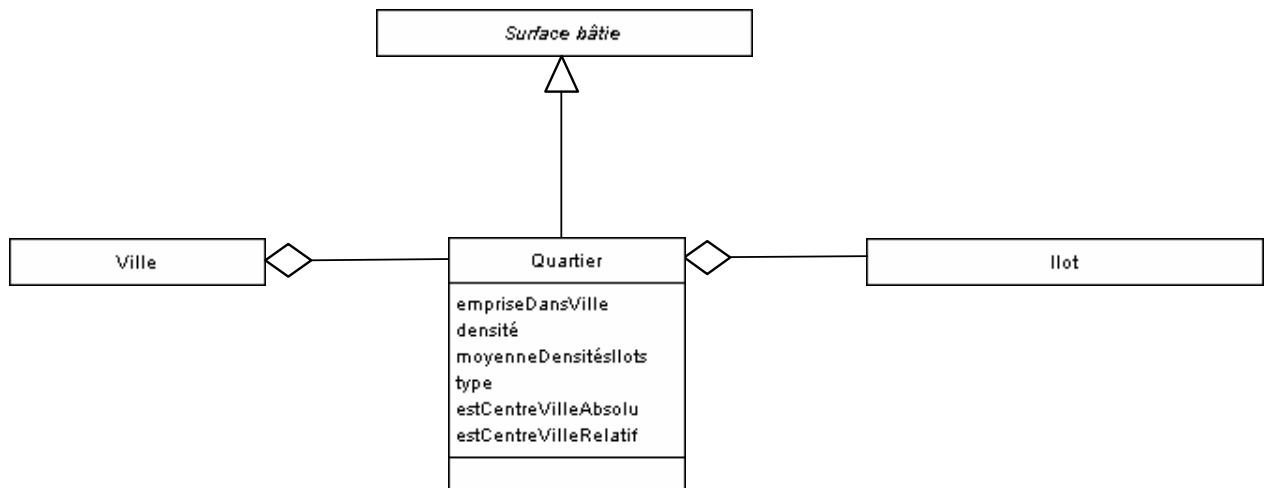


Figure 6. La classe *Quartier*

### 1.7.1 Construction

Construction : par une des méthodes *construireQuartiersEtalons* ou *construireQuartiersSimilarité* définie sur la classe Ville.

### 1.7.2 Attributs de la classe Quartier

<b>empriseDansVille :</b>	Rapport entre l'aire du quartier et l'aire de la ville à laquelle il appartient.
<b>moyenneDensitésIlots :</b>	Moyenne des densités des îlots composant le quartier.
<b>Type :</b>	Type selon la taille des bâtiments contenus dans le quartier. Il s'agit d'une interprétation de la valeur de l'attribut <i>homogénéitéTailleBâtiments</i> hérité de la classe <i>Surface bâtie</i> : homogène grand => grands ensembles, homogène petit => pavillonnaire, hétérogène => mixte. Référence : [Boffet 2001, p.167]
<b>estCentreVilleAbsolu :</b>	Vaut <i>vrai</i> pour le quartier le plus dense de la ville, <i>faux</i> pour les autres (un seul centre-ville absolu). Référence : [Boffet 2001, p.168]
<b>estCentreVilleRelatif :</b>	Vaut <i>vrai</i> pour les quartiers dont la densité est supérieure à la moyenne des densités des quartiers sur la ville plus un écart-type, <i>faux</i> pour les autres (plusieurs centres-ville relatifs possibles). Référence : [Boffet 2001, p.168]

### 1.7.3 Méthodes de la classe Quartier

Pas de méthode

## 1.8 Détail de la classe Ilot

*Situation dans le schéma général*

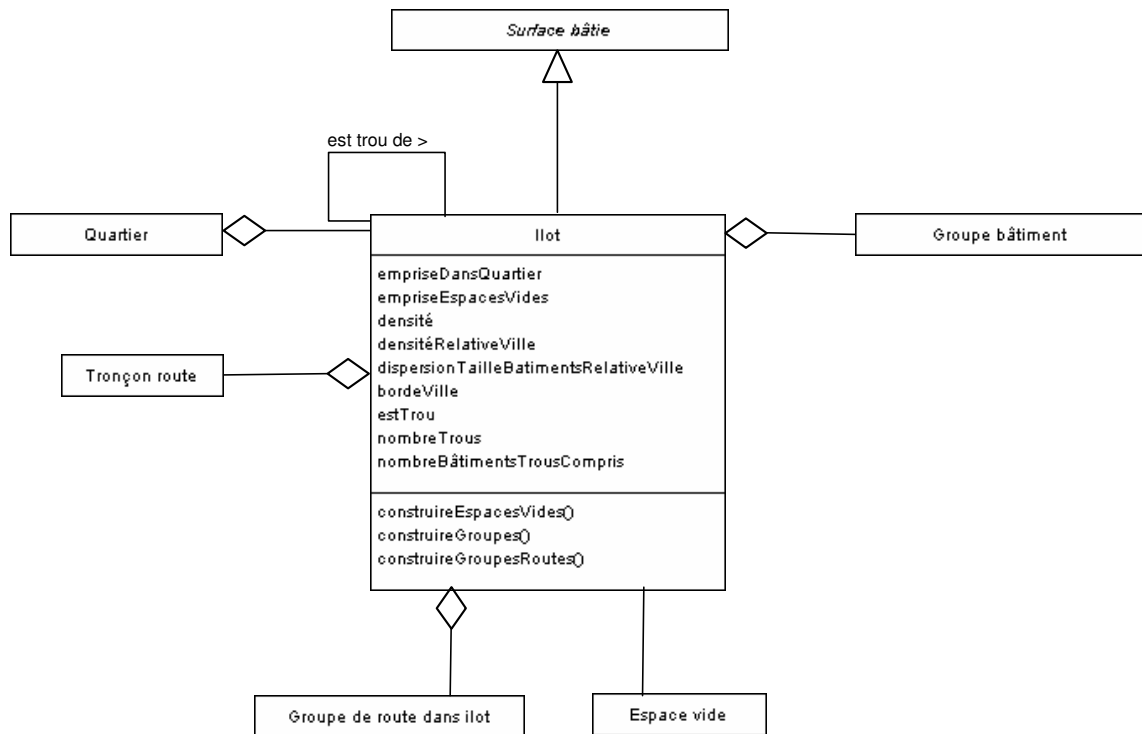


Figure 7. La classe *Ilot*

### *Ilots et impasse*

L'un des enrichissements souhaités pour l'analyse de la ville est la détection des impasses et des groupes d'impasses connexes du réseau routier. Au sens de la théorie des graphes, une impasse est un arc dont l'une des extrémités n'est connectée à aucun arc. Les impasses d'un îlot sont donc les tronçons routier dont l'une des extrémité n'est connectée à aucun tronçon (Figure 8a, tronçons bleu clair). Les tronçons qui y mènent sont des isthmes (Figure 8a, tronçons magenta). Toutefois, pour l'analyse de la ville, nous nous intéressons aux impasses et groupes d'impasses au sens commun du terme : un groupe d'impasse est donc un ensemble connexe de tronçons routiers tel que, pour en « ressortir » et revenir au bord d'un îlot, on doit obligatoirement repasser par l'endroit où on y est entré (l'endroit où est habituellement placé un panneau routier « impasse »). Nous distinguons donc deux types d'impasses. Les impasses « vraies » sont les tronçons dont une extrémité n'est connectée à aucun autre tronçon. Nous étiquetons donc comme impasses, (1) les tronçons dont une extrémité n'est connectée à aucun autre tronçon, mais aussi (2) les tronçons dont une extrémité n'est connectée qu'à des impasses (Figure 8b, tronçons bleu clair). Les impasses au sens de la théorie des graphes sont marquées en plus, par un attribut distinct.

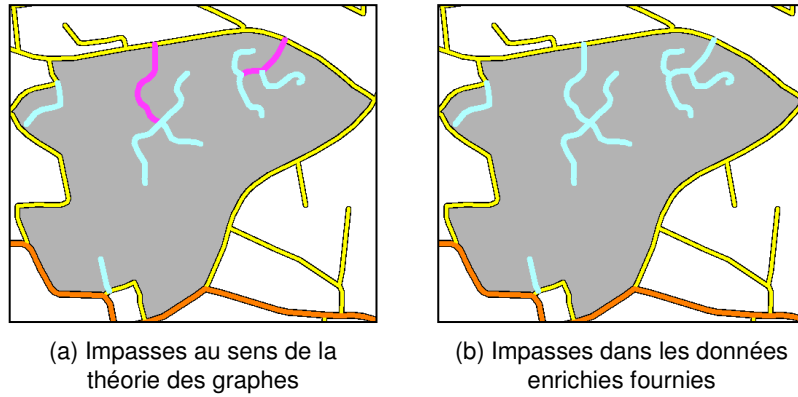


Figure 8. Impasses et groupes d'impasses

### Ilots « à trous »

Les îlots routiers correspondent aux faces topologiques calculées à partir des objets des classes de tronçons routiers (autoroutes, nationales, départementales, autres routes, chemins). Il peut arriver qu'un îlot soit troué, s'il contient un cycle de routes connexes auquel on n'accède que par un tronçon (Figure 9c, îlot vert). Dans ce cas, chaque trou de l'îlot peut contenir un îlot (Figure 9d haut, îlot bleu) ou plusieurs îlots (Figure 9 bas, îlots bleus). Ces îlots inclus dans un trou d'un autre îlot sont appelés « îlots trous ».

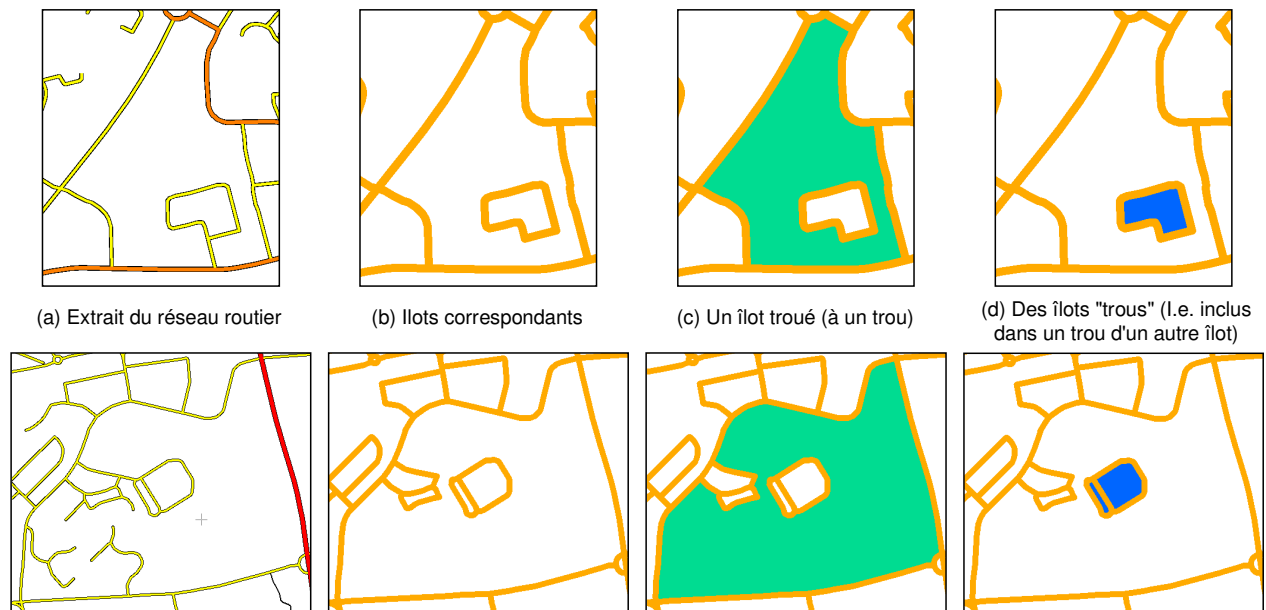


Figure 9. Ilots « à trous »

### Ilots « à trous » et bâtiments

Lorsqu'un bâtiment est situé dans un trou d'un îlot, il n'est pas inclus dans cet îlot (Figure 10c, les bâtiments en bleu sont inclus dans l'îlot bleu, pas dans l'îlot vert). Toutefois, pour l'analyse de la ville, des bâtiments situés dans un trou d'un îlot correspondent souvent à une partie d'un groupe de bâtiments, qu'on a envie de considérer comme appartenant globalement à l'îlot, desservi par une route circulaire (par exemple un lotissement ou, dans le cas de la Figure 10, une zone industrielle). Il a donc été décidé qu'en plus du lien d'inclusion entre bâtiments et îlot, serait calculé un autre lien, dit « d'inclusion au sens large » : est inclus au sens large dans un îlot tout bâtiment qui est inclus dans son contour extérieur (i.e. inclus dans l'îlot ou inclus dans un de ses trous). Ainsi, Figure 10c, les bâtiments en bleu sont inclus dans l'îlot bleu, mais inclus au sens large dans l'îlot vert.



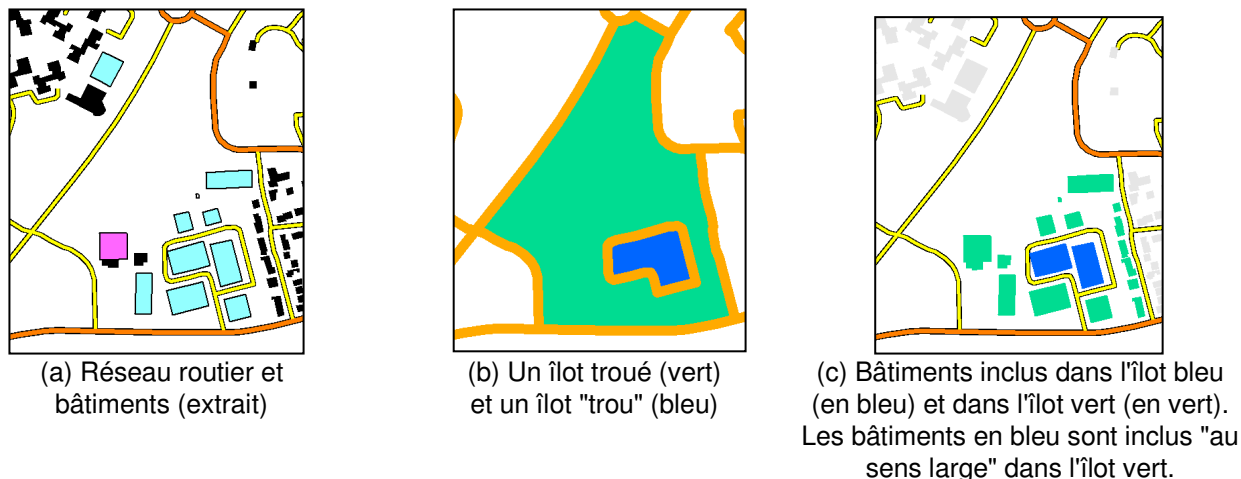


Figure 10. Bâtiments inclus dans un îlot et bâtiments inclus « au sens large » dans un îlot

### Ilots « à trous », impasses et groupes d'impasses

Les tronçons routiers qui délimitent un trou d'un îlot (Figure 11c, bleu) ne sont pas des impasses au sens de la théorie des graphes. Les tronçons qui sont à l'intérieur d'un trou d'un îlot (Figure 11c, rose) n'appartiennent pas à cet îlot, ils ne devraient donc en théorie pas faire partie d'un groupe d'impasses de cet îlot, qu'ils soient ou non des impasses au sens de la théorie des graphes. Toutefois, pour les mêmes raisons que ci-dessus, pour l'analyse de la ville ces tronçons sont considérés comme des impasses et comme faisant partie d'un groupe d'impasse de l'îlot : les tronçons bleus et roses de la Figure 11c font partie du même groupe d'un groupe d'impasses de l'îlot vert (Figure 11d).

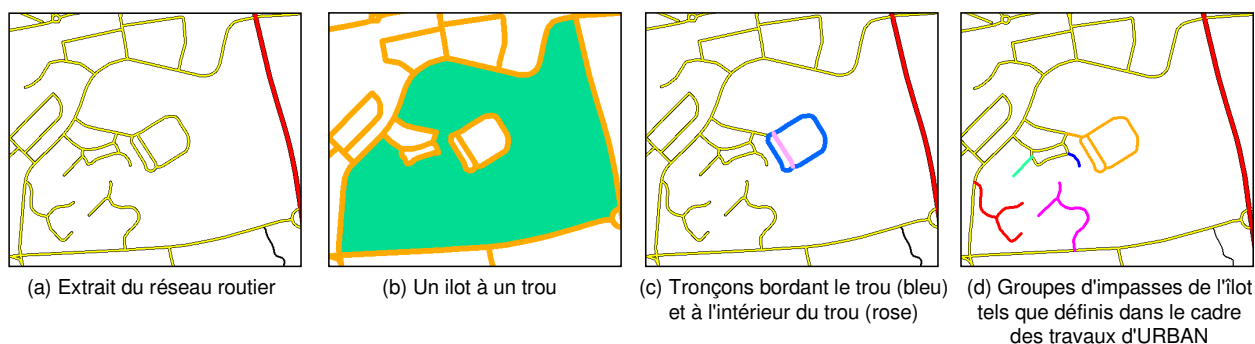


Figure 11. Tronçons bordant les trous et à l'intérieur des trous d'un îlot

Par souci de cohérence, on n'autorise un tronçon du réseau routier à faire partie que d'un seul groupe d'impasses. Par conséquent, un îlot « trou » ne contient jamais de groupe d'impasses.

#### 1.8.1 Construction des ilots

Construction : par la méthode *construireIlots* définie sur la classe *Ville*.

#### 1.8.2 Attributs de la classe Ilot

<b>empriseDansQuartier :</b>	Rapport entre l'aire de l'îlot et l'aire du quartier auquel il appartient.
<b>empriseEspacesVides :</b>	Rapport entre la somme des aires des espaces vides contenus dans l'îlot et l'aire de l'îlot.
<b>Densité :</b>	Rapport entre la somme des aires des bâtiments inclus dans l'îlot et l'aire de l'îlot. On peut déduire de l'aire de l'îlot l'emprise

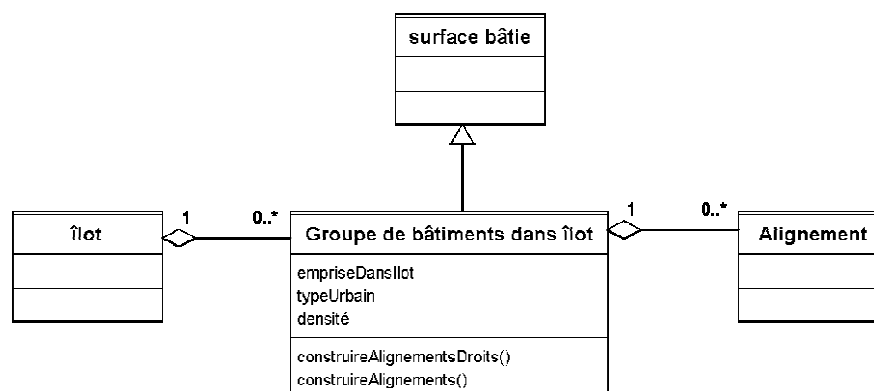
	des routes qui le bordent (et des impasses qu'il contient), selon l'usage qu'on veut en faire.
<b>densitéRelativeVille :</b>	Qualifie la <i>densité</i> de l'îlot en la comparant à celle de la ville à laquelle il appartient. Valeurs possibles : <i>dense</i> $\Leftrightarrow$ la <i>densité</i> de l'îlot est supérieure à celle de la <i>Ville</i> à laquelle il appartient <i>dispersé</i> $\Leftrightarrow$ la <i>densité</i> de l'îlot est inférieure à celle de la <i>Ville</i> à laquelle il appartient Attention à ce que le calcul de la densité de l'îlot et de la ville traitent l'emprise des routes de la même manière, pour que ces densités soient comparables. Référence : [Boffet 2001, p.132]
<b>dispersionTailleBatimentsRelativeVille :</b>	Qualifie la dispersion des tailles des bâtiments de l'îlot en la comparant à celle de la ville à laquelle il appartient (comparaison des écarts-types). Valeurs possibles : <i>étendue</i> $\Leftrightarrow$ l'écart-type des tailles des bâtiments de l'îlot est supérieur à celui de la ville <i>concentrée</i> $\Leftrightarrow$ l'écart-type des tailles des bâtiments de l'îlot est inférieur à celui de la ville Référence : [Boffet 2001, p.129-131]
<b>bordeVille :</b>	Vaut <i>vrai</i> pour les îlots adjacents à la frontière de la ville, <i>faux</i> pour les autres (intérieurs).
<b>estTrou :</b>	<i>Vrai</i> $\Leftrightarrow$ l'îlot appartient à un trou d'un autre îlot (cf. Figure 9, Figure 10 et Figure 11 ci-dessus).
<b>nombreTrous :</b>	Nombre de trous dans l'îlot (cf. Figure 9 ci-dessus).
<b>nombreBâtimentsTrousCompris :</b>	Nombre de bâtiments inclus dans l'îlot, ou dans un trou de l'îlot (cf. Figure 10 ci-dessus).

### 1.8.3 Méthodes de la classe Ilot

<b>construireEspacesVides :</b>	Construit les espaces vides contenus dans l'îlot. Cela se fait en 5 étapes : (1) buffer intérieur sur le contour de l'îlot, pour ne pas détecter comme espace vide l'espace situé entre le bord de l'îlot et la première rangée de bâtiments (distance conseillée : 20 m) – dans l'implémentation COGIT, filtre de Douglas-Peucker sur ce buffer intérieur (2) buffer de 20m autour des bâtiments– dans l'implémentation COGIT, filtre de Douglas-Peucker sur ce buffer intérieur
---------------------------------	---

	<p>(3) on soustrait la zone (2) à la zone (1), on obtient ainsi plusieurs espaces vides</p> <p>(4) on supprime les plus petits ? (seuil de taille ?) – ceci n'a pas été implémenté dans la version COGIT. Ce n'est pas mentionné non plus dans le texte de [Boffet 2001], mais les figures semblent le montrer. C'est sûrement une bonne idée.</p> <p>(5) buffer de 20m autour des espaces vides conservés (pour les faire aller jusqu'aux bâtiments), et filtrage par Douglas-Peucker</p> <p>Référence : [Boffet 2001, p. 142-144]</p>
<b>construireGroupes :</b>	Construit les groupes de bâtiments de l'îlot. Cf. <b>Fiche algorithme n°4.</b>
<b>construireGroupesRoutes :</b>	Construit les groupes de routes appartenant à l'îlot, en groupant les tronçons étiquetés « impasses » sur critère de connexité.

## 1.9 Détail de la classe Groupe de bâtiments



**Figure 12. La classe *Groupe bâtiments***

Un groupe de bâtiments dans un îlot désigne un ensemble de bâtiments appartenant au même îlot et proches les uns des autres. La plupart des îlots sont suffisamment petits et denses en bâtiments pour n'être composés que d'un unique groupe de bâtiments. Pour certains îlots de taille plus grande et de densité plus faible, différents groupes de bâtiments proches de cet îlot peuvent être présents. Il est intéressant dans certains cas, comme par exemple pour la détection des alignements, de manipuler ces groupes de bâtiments séparément plutôt que l'ensemble des bâtiments de l'îlot.



Figure 13: groupes de bâtiment dans îlots

### 1.9.1 Construction

Construction : par la méthode *construireGroupesBâtiments* définie sur la classe *Ilot*. Cf. **Fiche algorithme n°4**.

### 1.9.2 Attributs de la classe Groupe de bâtiments

<b>empriseDansIlot :</b>	Quotient de la surface du groupe et de celle de son îlot.
<b>typeUrbain :</b>	Type de groupe. Cet attribut permet une classification des groupes de bâtiments d'un îlot suivant les types suivants : - centre ville, - urbain, - banlieue, - lotissement, - zone activité - unitaire La valeur de cet attribut est calculée en fonction de la densité de l'îlot du groupe, et des types de bâtiments appartenant au groupe. Ce type a été mis au point pour les traitements de généralisation du bâti au 1 :50000. Référence : [Gaffuri et Trevisan 2004]

### 1.9.3 Méthodes de la classe Groupe de bâtiments

<b>construireAlignementsDroits :</b>	Méthode permettant de détecter les alignements droits de bâtiments du groupe. Cf. <b>Fiche algorithme n°6</b> .
<b>construireAlignements :</b>	Méthode permettant de détecter les alignements droits de bâtiments du groupe. Cf.

### 1.10 Détail de la classe Groupe de routes dans îlot

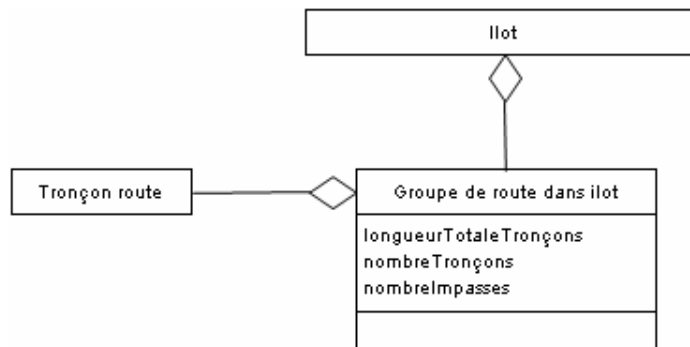


Figure 14. La classe *Groupe de routes dans îlot*

#### 1.10.1 Construction

Construction : par la méthode *construireGroupesRoutes* définie sur la classe *Ilot*.

#### 1.10.2 Attributs de la classe Groupe de routes dans îlot

<b>longueurTotaleTronçons :</b>	Longueur cumulée des tronçons routiers qui constituent le groupe de routes.
<b>nombreTronçons :</b>	Nombre de tronçons routiers dans le groupe de routes.
<b>nombreImpasses :</b>	Nombre de tronçons dans le groupe de routes, qui sont des impasses au sens de la théorie des graphes (i.e. leur attribut <i>estImpasseGraphe</i> vaut <i>vrai</i> ). Cf. Figure 8.

Suggestion : on peut imaginer de caractériser également un groupe de routes par son nombre de carrefours (i.e. le nombre de nœuds du graphe sous-jacent de valence  $\geq 3$ ), et si c'est un arbre, de sa profondeur, pour donner une idée de sa complexité en termes de ramifications.

#### 1.10.3 Méthodes de la classe Groupe de routes dans îlot

Pas de méthodes.

## 1.11 Détail de la classe Espace vide

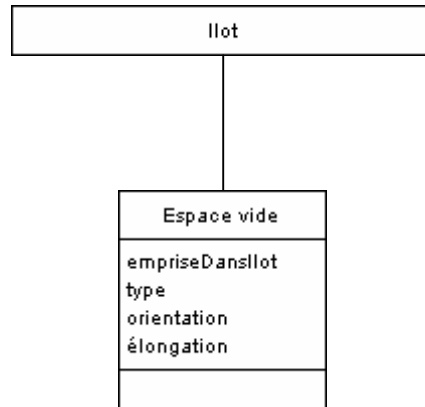


Figure 15. La classe *Espace vide*

### 1.11.1 Construction

Construction : par la méthode *construireEspacesVides* définie sur la classe *Ilot*.

### 1.11.2 Attributs de la classe Espace vide

<b>empriseDansIlot :</b>	Rapport entre l'aire de l'espace vide et l'aire de l'îlot qui le contient.
<b>type :</b>	<i>ouvert</i> : l'espace vide est en partie bordé par le bord de l'îlot <i>fermé</i> : l'espace est n'entouré que de bâtiments (dans toutes les directions) Si l'îlot est de type <i>hétérogène</i> (attributs <i>homogénéitéTypesFonctionnelsBâtiments</i> et <i>homogénéitéTailleBâtiments</i> hérités de la classe <i>Surface bâtie</i> ), un espace vide ouvert peut servir de base au redécoupage de l'îlot en sous-groupes plus homogènes. Référence : [Boffet 2001, p.144]
<b>orientation :</b>	Orientation principale de l'espace vide. Peut être calculée de la même manière que l'attribut <i>orientationGénérale</i> d'un bâtiment.
<b>élongation :</b>	Cf. attribut <i>élongation</i> de la classe <i>Bâtiment</i> . Plus un espace vide est allongé, plus son orientation a un sens.

### 1.11.3 Méthodes de la classe Espace vide

Pas de méthodes.

## 1.12 Détails des classes Alignement et Alignement droit

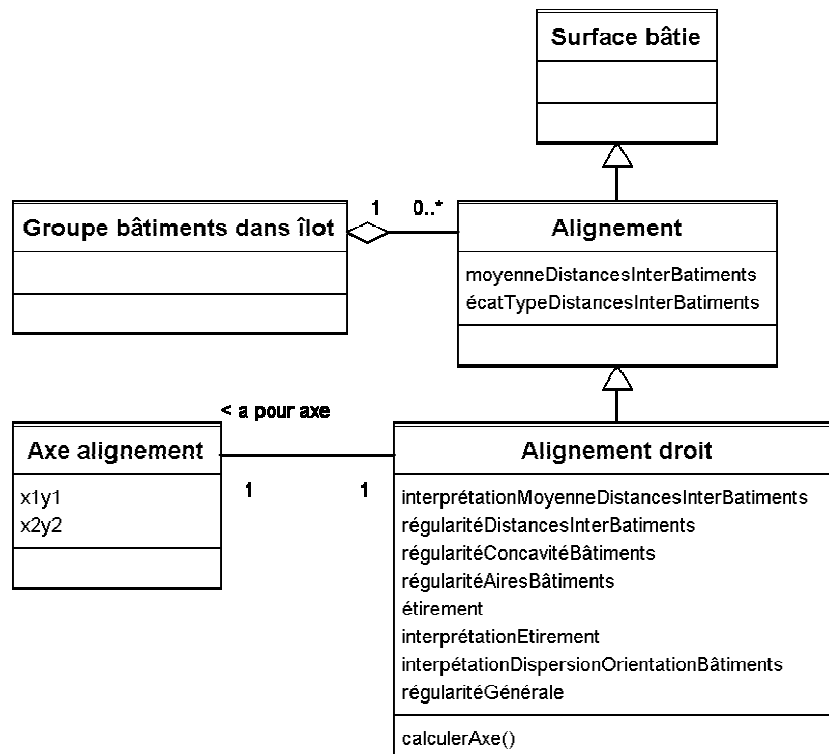
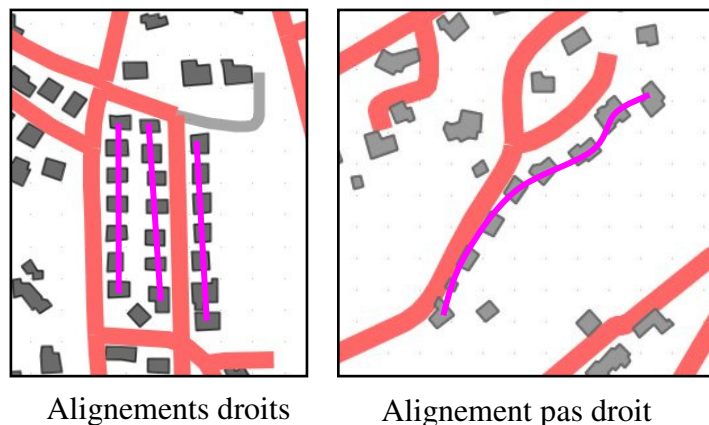


Figure 16: Les classes alignement et alignement droit

Les alignements de bâtiment sont des surfaces bâties composées de bâtiments alignés. Les alignements sont construits dans des groupes de bâtiments dans îlot. Les alignements droits sont des alignements particuliers : ils sont composés de bâtiments alignés sur une droite (voir figure ci-dessous). Ces alignements sont caractérisés par un axe, représenté sous la forme de deux couples de coordonnées de points.



Un alignement est, comme tout objet de la classe *surface bâtie*, composé de bâtiments. Cette liste de bâtiments a la particularité d'être ordonnée.

### 1.12.1 Construction

Construction : par les méthodes *construireAlignements* et *construireAlignementsDroits* définies sur la classe *Groupe de bâtiments*. Cf. **fiches algorithmes 5 et 6**. Ces méthodes de construction supposent qu'un bâtiment n'appartient qu'à un unique alignement.

### 1.12.2 Attributs de la classe Alignement

<b>moyenneDistancesInterBatiments :</b>	Valeur moyenne des distances entre bâtiments consécutifs de l'alignement. La distance entre deux bâtiment est la distance minimale entre leurs géométries (et non la distance entre leurs centres).
<b>écartTypeDistancesInterBatiments</b>	Écart type des distances entre bâtiments consécutifs.

### 1.12.3 Méthodes de la classe Alignement

Pas de méthode.

### 1.12.4 Attributs de la classe Alignement droit

La plupart des attributs de la classe alignement droit sont des note de qualité de l'alignement. Cette méthode de notation est issue de [Ruas & Holzapfel 2003].

<b>interprétationMoyenneDistancesInterBatiments:</b>	Note concernant la valeur de distance entre bâtiments consécutifs. Elle dépend de la valeur moyenne des distances intra bâtiment. Cette note vaut : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.5 si la moyenne est inférieure à 2.0,</li> <li>- 3.0 si la moyenne est comprise entre 2.0 et 7.0,</li> <li>- et 5.0 si la moyenne est supérieure à 7.0.</li> </ul> Cf. [Ruas & Holzapfel 2003].
<b>régularitéDistancesInterBatiments :</b>	Note concernant la régularité de distance entre bâtiments consécutifs. Elle dépend de l'écart type des distances intra bâtiment. Cette note vaut : $(2.9 + \text{ecart\_type\_dist})/3.6$ Cf. [Ruas & Holzapfel 2003].
<b>régularitéConcavitéBâtiments :</b>	Note concernant la régularité de concavité des bâtiments de l'alignement. Elle dépend de la valeur de l'écart type des concavités des bâtiments de l'alignement. Cette note vaut : $(2+100*\text{ecart\_type\_concavité})/3.0$ Cf. [Ruas & Holzapfel 2003].
<b>régularitéAiresBâtiments :</b>	Note concernant la régularité des aires des bâtiments de l'alignement. Elle dépend uniquement de l'écart type des aires des bâtiments. Cette note vaut : $(65.0+\text{ecart\_type\_aires}) / 64.0$ Cf. [Ruas & Holzapfel 2003].
<b>Étirement :</b>	Mesure d'étirement d'alignement. Cette mesure traduit si les bâtiments composant l'alignement sont éparpillés ou non. L'étirement est le quotient de la moyenne des distances entre bâtiment et de la racine carrée



	de la moyenne des aires des bâtiments. Cf. [Ruas & Holzapfel 2003].
<b>interprétationÉtirement :</b>	Note concernant l'étirement de l'alignement (cf. ci-dessus). Moins l'alignement est étiré, meilleure est cette note. Cette note dépend de la valeur de l'étirement, de la moyenne des aires des bâtiments, et de la moyenne des distances entre bâtiments. Elle vaut : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5.0 si l'étirement est supérieur à 2.6, ou bien si la moyenne des distances entre bâtiments est supérieure au double de la moyenne des aires,</li> </ul> et $(\text{etirement}+0.1)/0.4237$ sinon. Cf. [Ruas & Holzapfel 2003].
<b>interpétationDispersionOrientationBâtiments :</b>	Note concernant la régularité de l'orientation des bâtiments de l'alignement. Cette note dépend de l'écart type des orientations des bâtiments. Elle vaut : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5.0 si l'écart type est supérieur à 0.35,</li> <li>- et <math>1.0+10.0*\text{ecart\_orientation}</math> sinon.</li> </ul> Cf. [Ruas & Holzapfel 2003].
<b>régularitéGénérale :</b>	Note générale de qualité de l'alignement. Cette note est le résultat de l'agrégation des autres notes de l'alignement. 4 méthodes d'agrégation sont proposées dans [Ruas & Holzapfel 2003].

#### 1.12.5 Méthodes de la classe Alignement droit

<b>calculerAxe :</b>	Calcule l'axe de l'alignement. L'axe est modélisé par 2 points. Cet axe est celui pour lequel la somme des distances des centres des bâtiments à l'axe est minimale (droite ACP sur les coordonnées des centres).
----------------------	---

## **2. Fiches descriptives des algorithmes complexes**

Fiches :

- 1 – Elongation et orientation générale d'un bâtiment
- 2- Détecter orientation principales et dispersion d'un groupe d'objets orientés.  
et Orientation des murs.
- 3- Construction des villes.
- 4- Groupe de bâtiment dans îlot
- 5- Alignement
- 6-Alignement droit

# Fiche n°1 - Calcul de l'élongation et de l'orientation générale d'un bâtiment

**Référence :** [AGENT 1999, p.5, n°1] Auteur de l'algorithme : Mats Bader.

**Principe :** Pour calculer l'élongation et l'orientation générale d'un bâtiment, on calcule le rectangle englobant du bâtiment, de surface minimale. Il s'agit du plus petit rectangle contenant tous les points du contour du bâtiment. Et on considère l'élongation de ce rectangle.

**Comment ça marche :** l'algorithme est basé sur le fait que le rectangle englobant de surface minimale a nécessairement un de ses côtés qui coïncide avec un côté de l'enveloppe convexe du bâtiment (c'est prouvable).

1. On calcule l'enveloppe convexe du bâtiment

2. Pour chaque côté  $i$  de l'enveloppe convexe (« côté courant ») :

2.1. On calcule son orientation à  $180^\circ$  près par rapport à l'axe des  $x$  : angle  $\alpha$ .

2.2. On copie l'enveloppe convexe et on fait subir à cette copie une rotation de  $-\alpha$ , pour que le côté  $i$  de l'enveloppe convexe se retrouve parallèle à l'axe des  $x$ .

2.3. On calcule le rectangle englobant, parallèle aux axes, de l'enveloppe convexe ainsi tournée (ce que les SIG appellent classiquement « le MBR ») :  $x_{min}$ ,  $y_{min}$ ,  $x_{max}$ ,  $y_{max}$ .

2.4. On calcule l'aire de ce rectangle englobant :  $A$ .

2.4. Si  $A$  est inférieure à la plus petite valeur de  $A$  trouvée pour les autres côtés  $i$  de l'enveloppe convexe, on conserve les valeurs de  $\alpha$  et de  $x_{min}$ ,  $y_{min}$ ,  $x_{max}$ ,  $y_{max}$ .

3. Une fois qu'on a identifié les valeurs de  $\alpha$  et  $x_{min}$ ,  $y_{min}$ ,  $x_{max}$ ,  $y_{max}$  correspondant à la plus petite valeur de  $A$  pour tous les côtés de l'enveloppe convexe :

si  $(y_{max} - y_{min}) / (x_{max} - x_{min}) \geq 1$  :

- l'élongation du bâtiment vaut  $(y_{max} - y_{min}) / (x_{max} - x_{min})$
- l'orientation générale du bâtiment vaut  $\alpha$

si  $(y_{max} - y_{min}) / (x_{max} - x_{min}) < 1$  :

- l'élongation du bâtiment vaut  $(x_{max} - x_{min}) / (y_{max} - y_{min})$
- l'orientation générale du bâtiment vaut  $\alpha + 90^\circ$  ou  $\alpha - 90^\circ$  (celui des deux qui est dans l'intervalle  $[0, 180^\circ]$ )

## Fiche n°2 – Orientations principales et dispersion d'un groupe d'objets orientés. Application à l'orientation des murs d'un bâtiment.

**Référence :** [Duchêne et al. 2003]. Auteurs de l'algorithme : Mats Bader pour la partie détection de l'orientation principale, Cécile Duchêne pour la partie coefficient de confiance.

**But :** Il s'agit de mesurer, pour un ensemble d'objets orientés (modulo  $\theta$ ) :

- s'il se dégage une (ou plusieurs) orientations principales, en terme de fréquence d'occurrence dans le groupe
- associé à cela, quelle est la dispersion des orientations des objets du groupe autour de ces orientations principales. Ceci, pour avoir une idée de la pertinence/fiabilité des orientations principales mesurées. Si tous les objets du groupe ont exactement la même orientation, il y a une seule orientation principale et la dispersion est très faible – ou la pertinence de cette orientation est très forte. Si, au contraire, les orientations des objets du groupe sont équiréparties dans  $[0, \theta]$ , la pertinence de la notion d'orientation principale pour le groupe est nulle.

Dans [Duchêne et al. 2003], l'algorithme est décrit pour le cas particulier de l'orientation des murs d'un bâtiment : les objets orientés considérés sont les côtés constituant le contour extérieur du bâtiment, et l'angle  $\theta$  vaut  $90^\circ$ .

### En entrée :

- $(O_i)$  : une liste d'objets orientés,
- $(P_i)$  : une liste des poids à associer à chacun des objets. Plus le poids d'un objet est élevé, plus son orientation et les orientations proches seront privilégiées pour être des orientations principales du groupe. Dans le cas de l'orientation des murs d'un bâtiment, chaque mur a pour poids sa longueur (rapportée à la somme des longueurs des murs soit au périmètre du bâtiment, de façon à ce que le total des poids vaille 1). Pour les autres applications, une option probablement valable dans la majorité des cas est de pondérer à égalité tous les objets.
- $\theta$  : l'angle modulo lequel sont définies les orientations des objets  $O_i$
- *pas* : un pas angulaire de recherche pour les orientations principales : les orientations principales détectées en seront un multiple.
- $\delta$  : un objet  $O_i$  ayant une orientation  $\alpha_i$  incitera à l'identification d'une orientation principale dans l'intervalle  $[\alpha_i - \delta, \alpha_i + \delta]$ . Plus  $\delta$  est petit, plus on discrimine les orientations principales, mais plus on les détecte nombreuses.

### En sortie :

- $(\alpha_i)$  : une liste d'orientations principales du groupe d'objets orientés
- $(IC_i)$  : une liste des indicateurs de confiance associés à chaque orientation principale, chaque coefficient valant entre 0 et 1, et la somme étant inférieure ou égale à 1.

**Principe :** On teste systématiquement des orientations candidates, entre 0 et  $\theta$ , multiples de *pas*. A chacune, on affecte un poids, calculé comme une somme des contributions des objets  $O_i$  à cette orientation candidate (plus l'orientation d'un objet  $O_i$  est proche de l'orientation candidate, et plus son propre poids  $P_i$  est grand, plus sa contribution est grande, autrement dit plus l'objet « vote » pour cette orientation candidate). L'orientation candidate qui a obtenu le poids maximum est l'orientation principale. Une analyse plus poussée des poids obtenus par les orientations candidates permet de traiter les cas où il y a plusieurs orientations principales, et de leur affecter des coefficients de confiance reflétant la dispersion des orientations autour de ces orientations principales.

**Comment ça marche :**

Pour l'instant, voir l'article [Duchêne et al. 2003]. Description plus détaillée à venir.

## Fiche n°3 – Construction des villes

**Référence :** [Boffet 2001, p.101-116]

**Principe :** Construire les villes, c'est repérer les endroits où la densité en bâtiments est forte, c'est-à-dire où les distances inter-bâtiments sont faibles. Le seuil à partir duquel on peut considérer que les distances inter-bâtiments sont faibles dépend du mode d'urbanisation. Par exemple, en France, les bâtiments en ville sont plus proches les uns des autres qu'en Angleterre.

### Comment ça marche :

1. Chaque bâtiment est dilaté (application d'un « buffer »). Distance conseillée d'après tests sur des villes de la zone d'Aix-en-Provence : 25m.
2. On agrège les buffers connexes ou superposés pour obtenir des *enveloppes*. Chaque enveloppe correspond à une « zone urbaine ». Cela permet une bonne discrimination des zones urbaines de petite taille. Par contre, pour les zones urbaines de taille plus grande, à ce stade on a facilement un sur-découpage (certaines entités périphériques, ou « excroissances » de la zone urbaine, ont été identifiées comme des zones urbaines à part).
3. On classe les *enveloppes* en fonction de leur surface  $S$  :  
*Grande ville*  $\Leftrightarrow S > 1000$  ha  
*Ville moyenne*  $\Leftrightarrow 100 \text{ ha} < S < 1000$  ha  
*Bourg* (= petite ville)  $\Leftrightarrow 50 \text{ ha} < S < 100$  ha  
*Hameau* (=village)  $\Leftrightarrow S < 50$  ha
4. On dilate les enveloppes les plus grandes (moyennes et grandes villes), c'est-à-dire qu'on leur applique à nouveau un buffer (distance non précisée, mais d'après les captures d'écran sur la zone d'Aix-en-Provence il semble que ce soit la même que celle utilisée en 1. pour les bâtiments).
5. On agrège les enveloppes connexes ou superposées aux enveloppes de grande taille dilatées.
6. On simplifie le tracé des formes obtenues, par une fermeture (dilatation puis érosion) qui permet de lisser les « rentrants », puis un filtrage par Douglas-Peucker.

## Fiche n°4 – Construction des groupes de bâtiments dans îlot

**Référence :** code lull du module URBA sur Lamps2.

**Principe :** Les groupes de bâtiments d'un îlot sont des groupes de bâtiments proches les uns des autres. La méthode de construction des groupes de bâtiments d'un îlot est proche de celle de construction des villes.

### Comment ça marche :

La méthode de construction est analogue à celle des villes ; elle concerne les bâtiments d'un îlot.

1. Chaque bâtiment de l'îlot est dilaté. Une distance de dilatation inférieure à celle utilisée pour la création des villes est conseillée (valeur testée : 15m).
2. Les buffers s'intersectant sont fusionnés pour obtenir des *enveloppes*.
3. Chacune des enveloppes est découpée par les routes de l'îlot de façon à être entièrement incluse dans l'îlot considéré.

## Fiche n°5 – Construction des alignements

**Référence :** code lull du module URBA sur Lamps2.

**Principe :** Les alignements de bâtiments sont construits par agrégations successives de petits groupes de bâtiments alignés. L'agrégation est effectuée si les deux groupes de bâtiments sont approximativement dans le prolongement l'un de l'autre.

### Comment ça marche :

La méthode de construction s'appuie sur l'utilisation de liens entre bâtiments qui sont construits lors d'une première étape. Ces liens sont construits entre les paires de bâtiments suffisamment proches les uns des autres pour pouvoir appartenir à un même alignement. Les alignements sont construits en fonction des orientations relatives de ces liens : si deux liens ont un bâtiment en commun et une orientation proche (le seuil de 15° a été testé), les trois bâtiments concernés par ces deux liens sont considérés comme alignés. Les alignements sont successivement construits en agréant des alignements déjà existant avec des liens dont l'orientation est telle qu'ils prolongent ces alignements. Ainsi, une rotation faible est autorisée le long de l'alignement ce qui permet en particulier la détection d'alignements non droits.

Les étapes de cette méthode de construction sont les suivantes :

- 1- La liste des bâtiments du groupe est récupérée.
- 2- Les bâtiments de très grande taille sont supprimés de cette liste (on ne détecte que les alignements concernant les bâtiments pas trop grands). L'aire seuil testée est de 500m<sup>2</sup>.
- 3- Les liens entre bâtiments sont créés : pour tout couple de bâtiments distants de moins d'un certains seuil (valeur testée : 13m), un lien entre ces deux bâtiments est construit. L'orientation de chaque lien est calculée : cette orientation est celle du segment reliant les centres des deux bâtiments.
- 4- L'ensemble des liens est filtré : on supprime certains liens entre bâtiments qui ne seront pas utilisés pour la détection des alignements. On supprime par exemple les liens qui coupent des routes. Dans le cas où deux liens se coupent, le plus long est supprimé.
- 5- Les bâtiments sont regroupés en alignements en fonction de l'orientation relative de leurs liens. Tous les liens sont successivement traités et utilisés pour construire les alignements de la façon suivante :
  - a. Si le lien est dans le prolongement d'un autre lien (c'est-à-dire si leur écart d'orientation est inférieur à 15°), un alignement entre les 3 bâtiments est construit et les 2 liens sont supprimés.
  - b. Si le lien prolonge un alignement déjà existant, le bâtiment du lien n'appartenant pas encore à l'alignement y est ajouté et le lien est supprimé.
  - c. Si le lien relie deux alignements, les deux alignements sont agrégés et le lien est supprimé.
  - d. Sinon, le lien ne concerne aucun alignement et est supprimé.

Les étapes précédentes sont répétées jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun lien à traiter.



## Fiche n°6 – Construction des alignements droits

**Références :** [Christophe 2001] et [Christophe & Ruas 2002]. Code lull du module URBA sur Lamps2.

**Principe :** Les alignements droits sont construits dans chacun des groupes de bâtiments d'un îlot. La méthode de détection des alignements consiste à tester un ensemble de directions candidates d'alignement. Chacune de ces directions est testée.

### Comment ça marche :

- 1- La première étape consiste à construire des alignements primitifs. Ces alignements vont ensuite être traités pour être améliorés. Les étapes de la construction de ces alignements primitifs sont les suivantes :
  - a. La liste des bâtiments du groupe est récupérée.
  - b. Les bâtiments de très grande taille sont supprimés de cette liste (on ne détecte que les alignements concernant les bâtiments pas trop grands). L'aire seuil testée est de 500m<sup>2</sup>.
  - c. Les centres des bâtiments de la liste, ainsi que celui du groupe sont calculés.
  - d. Différentes directions d'alignement sont testées. Ces directions varient entre 0 et 180°. Pour les tests effectués, 100 directions ont été testées. Pour chaque orientation candidate, la droite passant par le centre du groupe et ayant la direction candidate est considérée. Les opérations suivantes sont effectuées pour chacune des droites :
    - la coordonnée du projeté sur la droite du centre de chacun des bâtiments de la liste est calculée ; l'origine de la droite est le point centre du groupe.
    - tous les groupes possibles de bâtiments sont créés et testés comme alignement primitif candidat.
    - Pour chaque groupe, l'écart entre les coordonnées des centres des bâtiments sur la droite est calculé. S'il est suffisamment petit (valeur seuil retenue : 3m), ce groupe est candidat à être un alignement : un alignement primitif composé de ces bâtiments est créé.
- 2- A l'issue de l'étape précédente, de nombreux alignements primitifs ont été créés. Cet ensemble d'alignements est traité de façon à éliminer les alignements en double et fusionner les alignements ayant beaucoup de bâtiments en commun
- 3- Parmi les alignements restant, une étape de récupération de bâtiments est effectuée. Cette étape consiste à :
  - a. Inclure dans un alignement les bâtiments situés entre deux bâtiments consécutifs de l'alignement, mais dont le centre de gravité est suffisamment proche de l'axe de l'alignement (distance seuil retenue : 3m).
  - b. Inclure dans un alignement les bâtiments situés aux extrémités des alignements et pouvant éventuellement y être ajoutés.
- 4- Les alignements contenant des bâtiments consécutifs trop éloignés les uns des autres sont découpés (distance seuil retenue : 15m).
- 5- Chacun des alignements est évalué par son attribut *noteRegularite*. Les alignements jugés trop mauvais sont éliminés.

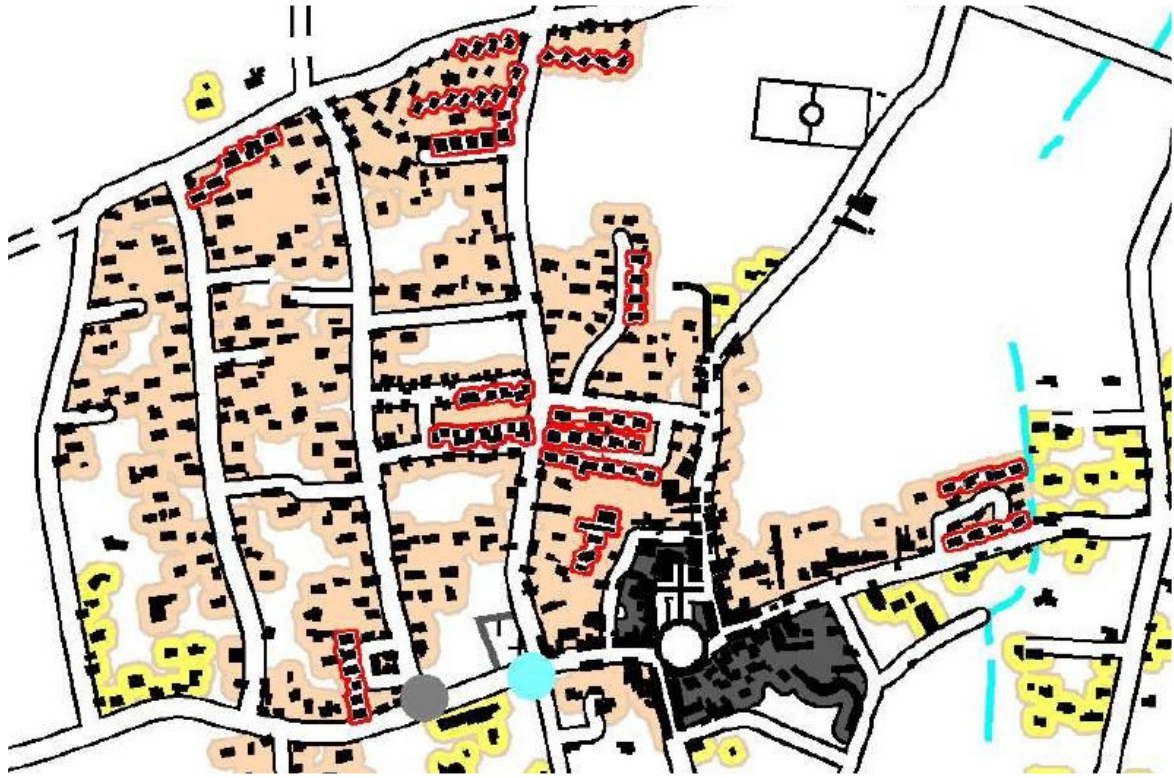


Figure 17: résultat de détection d'alignements droits

### 3. Références

- AGENT 1999.** *Specifications of Internal Measures.* Rapport DC2 du projet européen AGENT (projet ESPRIT/LTR/24939).
- Bard S. 2004.** *Méthode d'évaluation de la qualité de données géographiques généralisées. Application aux données urbaines.* Thèse de doctorat, Université Paris VI, France, 2004.
- Boffet A. 2001.** *Méthode de création d'informations multi-niveaux pour la généralisation de l'urbain.* Thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée, 2001.
- Christophe S. 2001.** *Analyse des structures urbaines: implémentation d'un outil de détection et de caractérisation des alignements sous le SIG Lamps2.* rapport de DEA traitement de l'information spatiale, laboratoire COGIT, Institut Géographique National, 2001.
- Christophe S., Ruas A. 2002.** *Detecting building alignments for generalisation purposes.* 10th international symposium on spatial data handling, sous la direction de Richardson, D. & van Oosterom, P., Springer, Heidelberg, pages 121-136.
- Duchene C. 2004.** *Généralisation Cartographique par Agents Communicants: le modèle CartACom.* Thèse de doctorat, Université Paris 6, France.
- Duchêne C., Bard S., Barillot X., Ruas A., Trévisan J., Holzappel F. 2003.** Quantitative and qualitative description of building orientation. *5<sup>th</sup> ICA Workshop on progress in automated map generalisation*, Paris, 2003, disponible sur le site web de la commission en généralisation de l'ACI : <http://www.geo.unizh.ch/ICA/docs/paris2003/papers03.html>
- Gaffuri J., Trevisan J. 2004.** *Role of urban patterns for building generalisation: an application of.* ICA workshop on generalisation and multiple representation, Leicester, 2004, disponible sur le site web de la commission en généralisation de l'ACI : <http://aci.ign.fr/Leicester/paper/Gaffuri-v2-ICAWorkshop.pdf>
- McMaster R. 1983.** *Mathematical measures for the evaluation of simplified lines on maps.* Ph.D thesis, université du Kansas, Etats-Unis.
- Mustière S. 2001.** *Apprentissage supervisé pour la généralisation cartographique.* Thèse de doctorat, Université Paris VI, France, 2001.
- Plazanet C. 1996.** *Enrichissement des bases de données géographiques : Analyse de la Géométrie des objets linéaires pour la généralisation cartographique. Application aux routes.* Thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée, France, 1996.
- Regnauld N. 1998.** *Généralisation du bâti: Structure spatiale de type graphe et représentation cartographique.* Thèse de doctorat, Laboratoire d'Informatique de Marseille.
- Ruas A. 1999.** *Modèle de généralisation de données géographiques à base de contraintes et d'autonomie.* Thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée, France, 1999.
- Ruas A., Holzappel F. 2003.** *Automatic characterisation of building alignments by means of expert knowledge.* International Cartographic Conference, pages 1604-1615, 2003.