

# ATELIER DE TRAVAIL SUR LES PROGRÈS EN GÉNÉRALISATION CARTOGRAPHIQUE AUTOMATIQUE

Barcelone, 1-3 septembre 1995

---

*L'article suivant est le compte-rendu d'un atelier de travail sur les progrès en généralisation cartographique automatique, qui s'est tenu à Barcelone dans les jours précédant la 17ème CCI.*

*Pour une bonne compréhension du texte, voici le développé de certains sigles :*

*NCGIA : National Center for Geographic Information and Analysis*

*OEEPE : Office Européen d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales*

*SR/COGIT : Service de la Recherche/Conception Objet et Généralisation de l'Information Topographique*

*CCRS : Canadian Center for Remote Sensing*

*ICA : International Cartographic Association*

*ESF : European Science Foundation*

## Introduction • Présentation et ouverture par le comité d'organisation

Robert Weibel, président de l'atelier de travail, mentionne l'absence de Robert McMaster (NCGIA, Université du Minnesota) pour raison familiale. Les membres du comité présents sont, par ordre alphabétique :

- Barbara Buttenfield (NCGIA, Université de l'État de New York à Buffalo, Département de Géographie)
- Jean-Philippe Lagrange (OEEPE WG, Institut Géographique National, SR/COGIT)
- Dianne Richardson (CCRS, Centre Canadien de Télédétection)
- Robert Weibel (ICA WG, Université de Zurich)

Les supports financiers de cet atelier de travail sont : NCGIA, OEEPE, CCRS, ESF/GISDATA, ICA, organisation locale ICC.

Les trois jours de discussion organisés lors de cet atelier de travail suivent les directives décrites dans l'agenda préliminaire. Les questions mentionnées dans cet agenda en début de session ne sont que des paraphrases du thème de la journée, une réponse n'est pas attendue pour chacune d'elles (cf. *Workshop on Progress in Automated Map Generalization*, Barcelona, Sept. 1-3, 1995, bibliothèque COGIT).

Chaque journée se déroule de la façon suivante :

- Exposés brefs des points de vue de certains participants ;
- Définition de trois questions précises pour les petits groupes de discussion

de 9h à 10h30

- Petits groupes de discussion ;
- Résumés des idées développées dans chacun des groupes ;
- Synthèse de la journée.

Reste de la journée

Barbara Buttenfield évoque le dernier atelier de travail sur le sujet qui s'est tenu à Compiègne (France) en décembre 1993. Cette réunion était sponsorisée par la fondation européenne European Science Foundation (ESF) pour le programme Social Science Program et initiée par le comité d'organisation GISDATA, lequel reconnaît la généralisation d'information géographique comme l'un des problèmes majeurs encore non résolus des Systèmes d'Informa-

tion Géographique (SIG). Barbara Buttenfield estime que, depuis cette réunion, des progrès ont été visiblement faits dans ce domaine.

Un tour de table a permis à tous les participants de préciser leur position et leur attente de cet atelier.

## Jour 1. Évaluation de la qualité lors des choix de généralisation

### 1. Présentations

#### 1.1. Présentation de Robert Weibel : point de vue et solutions potentielles

##### 1. Pourquoi évaluer la qualité ?

- problèmes fondamentaux
- généralisation automatique
  - il n'y a pas de progrès possible sans des critères solides pour juger la qualité et les méthodes
  - des nouveaux types d'erreurs apparaissent après la généralisation comparativement à la généralisation manuelle
- acquisition de connaissance
  - on a besoin de méthodes pour évaluer la qualité, l'apprentissage doit se faire à partir de bonnes sources
  - connaissance explicite
  - intelligence artificielle : on a besoin de bons exemples d'apprentissage

##### 2. Comment évaluer la qualité ?

Quoi ? Quand ? Avant, pendant (conflits) et après (résultats). Comment ? Par des méthodes, des mesures et des tests quantitatifs, et par des méthodes qualitatives, mais il est important d'arriver à une intégration des aspects quantitatifs et qualitatifs.

#### 1.2. Présentation de Jan Bjarke (Université de Trondheim, Norvège) : théorie de l'information & dessin cartographique

Rappel : la communication a trois niveaux d'information, syntaxique, sémantique et pragmatique.

Théorie de l'information : différence entre les variations et les fausses interprétations  $R = H(Y) - H(X|Y)$  (entropie)

Schéma :



#### 1.3. Présentation de Barbara Buttenfield

«Generalization attaches geographical meaning to graphical values. Scale is a question of meaning, of reasoning in different contexts.» (Alberta Bianchin, ESF Workshop on Generalization, Compiègne, 1993)

#### 1.4. Présentation de Jean-Philippe Lagrange : motivations pour la recherche sur la qualité de la généralisation

Différents contextes doivent être préservés : c'est la clé pour évaluer la qualité

- évaluation des solutions développées : il faut aller plus loin que la validation visuelle
- acceptation des solutions de généralisation automatique : on a besoin d'une évaluation «objective» et plus d'homogénéité dans les résultats afin de compenser la perte par rapport à une qualité artistique des produits faits à la main
- guidage et contrôle de l'emploi des opérateurs : les outils de mesures devraient aussi servir à progresser dans ce sens (assurance qualité)

Directions de recherche appliquées :

- finaliser les résultats de recherche pour les mesures géométriques
- développer des techniques pour estimer l'homogénéité globale et l'harmonisation

Ensuite : évaluation de la qualité esthétique

### 1.5. Présentation de Corinne Plazanet : évaluation de la qualité, le cas des éléments linéaires

L'objectif prioritaire est le maintien des formes locales et globales.

Solution : tout d'abord, décrire la géométrie de la ligne

1. segmenter la ligne suivant sa géométrie
2. qualifier chaque segment
3. classifier par thème
4. chercher une opération convenable

Après, contrôler si le travail est correct.

Idée : différentes mesures selon les différents types de géométrie.

### 1.6. Présentation de Dan Lee (anciennement responsable de MGE/MG à Intergraph) : la généralisation automatique en pratique

Présentation des résultats obtenus avec le système d'Intergraph MGE Map Generalizer pour une généralisation cartographique du 1:5 000 au 1:25 000 : qualité désirée, temps gagné significatif, test sur les paramètres facilité.

Amélioration : traitement des relations complexes entre les éléments, déplacement, mesures analytiques et évaluation de la complexité des données, conformité pour la production de cartes.

Remarque : \* une évaluation des opérations précédentes devrait être faite avant de continuer car il y a un risque de répercussion des erreurs le long des opérations.

\* MGMG présente un problème de temps de calcul pour les données de grande taille.

## **2. Petits groupes de discussion**

### 2.1. Définition des questions

- Qu'est-ce que la qualité dans le processus de généralisation ? Quels critères sont-ils déjà valables ou doivent être développés ? (Æ ne pas oublier «fitness for use») Quelle est leur importance relative ?
- Quelles méthodes ou mesures sont valables pour l'évaluation de la qualité ? Ou doivent être développées ?
- Comment implémenter le processus d'évaluation de la qualité ?

### 2.2. Répartition des animateurs et des rapporteurs

	Groupe A :	Groupe B :	Groupe C :
Animateurs :	Sven Saga	Jan Bjørke	William Mackaness
Rapporteurs :	Dianne Richardson	Barbara Buttenfield	Jean-Philippe Lagrange
	Michael Leitner	Philippe Thibault	Tomasch Reichenbacher

### 2.3. Résumés

#### 2.3.1. Groupe A

Quels critères ? => est-ce que la famille des normes internationales de qualité ISO 9000 est applicable pour la généralisation ?

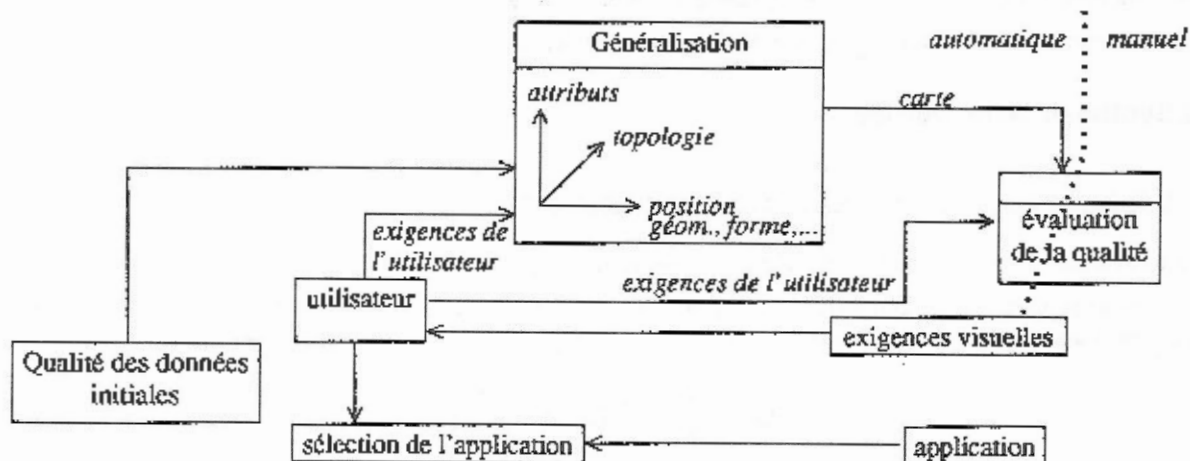
=> des mesures utilisables pour l'évaluation de la qualité ont-elles été établies pendant la période des méthodes quantitatives de généralisation (fin 70, milieu 80) ?

=> définit-on les niveaux auxquels appliquer les mesures ?

Deux grandes familles de critères ont été établies : géométrique et sémantique. Pour chacune d'elles, sont définis les critères : esthétique, géométrique, complétude, échéance, (cohérence), relations topologiques.

### 2.3.2. Groupe B

Processus global :



A un niveau statistique : syntaxique (niveau graphique, on peut définir des méthodes), sémantique, géométrique, pragmatique (études empiriques).

=> Espace des solutions : bonne/mauvaise solution, repère, exemple cartographique, adhésion.

Remarques : Quelle est la distance dans l'espace des solutions ? Comment localiser les exemples dans cet espace ? On peut, tout d'abord, définir une métrique pour la qualité (là est la difficulté) et ensuite les paramètres, etc. Quels sont alors les attributs de cet axe ?

### 2.3.3. Groupe C

Critères : clarté, esthétique, complétude (contenu en information), géométrie (métrique et topologie), variation de densité... sur les mesures au niveau «gestalt»... relatifs à l'homogénéité... clarté/séparation, précision des positions, formes intrinsèques... des critères appliqués aux niveaux local et global, sur des éléments simples et composés (sachant que c'est plus difficile pour les éléments composés).

Liste de méthodes mathématiques : OOP/prototype (classes, instances), calibrage (caractérisation de forme), triangulation de Delaunay et Voronoi, tessellation de l'espace, opération géométrique simple, analyse de cluster, comparaison, prétraitement dans l'analyse des formes (ainsi on sait ce que l'on doit préserver), conversion en mode raster pour le calcul du ratio noir/blanc. On a besoin d'une métrique...

Intégration/implémentation (mesurer et préserver) :

- certains critères sont combinés dans la nature (la notion de ville est à la fois sémantique et géométrique, des liens existent entre les deux)
- 3 options : «on-the-fly» - garantie des outils - fin
- la hiérarchie des critères change avec l'utilisation (carte touristique vs. positionnement)
- besoin d'enrichissement de la base de données, particulièrement au niveau sémantique, mais à quel niveau de détail, à quel coût ?
- topologie faible (géométrie et sémantique)
- coût informatique pour la vérification de la qualité

Conclusions :

- Faire des études empiriques en adoptant une approche de type raisonnement expérimental
- qualité relative
- tolérance pour ces critères

- la qualité n'est pas seulement graphique
- préserver le message et la signification est l'objectif ultime
- la complétude (1) est le premier critère qui saute !
- la précision des positions est le suivant !
- les aspects qualitatif et quantitatif doivent former un ensemble

=> il est difficile d'utiliser le contenu géographique comme critère

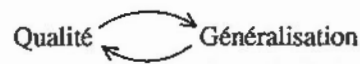
=> l'information contient des changements entre l'avant et l'après généralisation

### 3. Synthèse de la journée

#### 3.1. Qu'est-ce que la qualité dans le processus de généralisation ?

Une carte ment... de même qu'un Système d'Information Géographique...

La qualité est relative au but du produit et à la base de données source, les critères et méthodes varient avec l'échelle. Comment alors imaginer un ensemble détaillé de critères et de méthodes ?



Il faut préserver le message mais le signifiant est modifié (message = signifié transmis à l'aide du signifiant).

#### 3.2. Deux listes de critères

- Graphique (syntaxique), géométrie (syntaxique), sémantique, esthétique, pragmatique (études empiriques).
- Clarté, esthétique, complétude (en contenu d'information), géométrie (précision de la position, formes, positions relatives), topologie, variation de la densité (niveau «gestalt») relative à l'homogénéité.

Les critères peuvent être appliqués aux niveaux local/global, simple/complexe, qualitatif/quantitatif, mais ils doivent former un même ensemble. Par contre, il existe une différence entre la généralisation de données ou de modèles et la généralisation cartographique : importance relative des critères qui n'est pas la même, esthétique qui n'intervient qu'en cartographie...

#### 3.3. Importance relative des critères

La complétude est le critère le moins important, la précision sur la position vient ensuite. Et, souvent la topologie est plus importante que la plupart des autres critères. En fait, la hiérarchie des critères de qualité est dépendante de l'application.

#### 3.4. Méthodes disponibles

Une liste : un ensemble de mesures développées dans les années 70-80, cartométrie, apprentissage à partir d'exemples de la cartographie traditionnelle (Eduard Imhof,...), prototype et calibrage, approche OO, Delaunay & Voronoi, opérations cartésiennes simples, analyse de cluster, théorie de l'information, pré-processus dans l'analyse des formes (prédiction), ratio noir/blanc en mode raster (densité, esthétique).

Un besoin important : une métrique.

#### 3.5. Implémentation

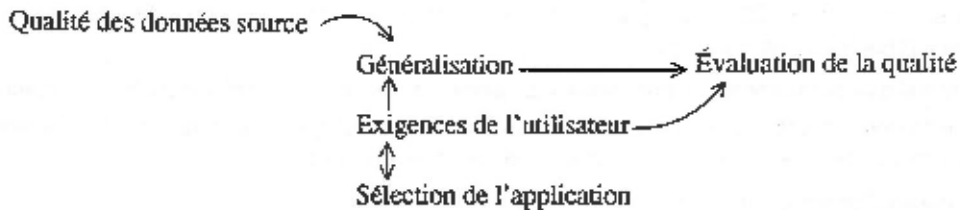
Il y a plusieurs possibilités : contrainte - contrôle pendant la transformation - vérification finale des résultats. Le choix dépend entre autres du problème du coût.

Une approche possible : recherche empirique (raisonnement expérimental).

---

(1) En généralisant, par suite de la sélection, la complétude est le premier critère relâché.

Espace des solutions :



On a besoin de définir une liste de critères et de leurs relations, commune, acceptée par tous, avant de pouvoir implémenter une procédure d'évaluation de la qualité sous une forme plus adéquate pour du «benchmark».

Les bases de données doivent être enrichies, particulièrement au niveau sémantique, mais à quel coût ?

## Jour 2. Formalisation de la connaissance pour la généralisation

### 1. Présentations

#### 1.1. Présentation de Chris Jones (Université de Glamorgan, Royaume-Uni)

- La connaissance qui doit être là

Objectifs:

- la sémantique (classification/identification)
- les types de transformations géométriques en généralisation
- les types de symbologie appropriés aux différents types d'information
- «guides» de lisibilité (largeur des symboles, séparation... en cartographie automatisée => contraintes)

- La connaissance qui n'est pas là

Procédures : comment faire pour qu'un ordinateur généralise ?

=> Algorithmes et structures de données : reconnaître les situations

transformer les représentations géométriques

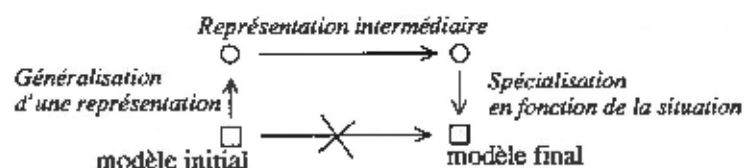
- La connaissance qui devrait être là

Stratégies / heuristiques

=> Quand réaliser les transformations géométriques ?

#### 1.2. Présentation de Stefan Keller (Université de Zurich, Suisse)

- Formaliser la connaissance procédurale
- Catégories de connaissances : explicite / implicite - tacite
- Extraire les connaissances
- Distribution des tâches / allocation
- Intelligence artificiel
- Adaptabilité à la situation
- «Horse-shoe» concept



Remarque : Stefan Keller est actuellement en thèse sous la direction de Robert Weibel et participe aux échanges franco-suisse avec le laboratoire COGIT.

### 1.3. Présentation de Monika Sester (Institut de Photogrammétrie, Université de Stuttgart, Allemagne)

- Exemple de classification avec ID3 : Le programme dérive automatiquement une fonction de classification adaptée à l'ensemble des attributs des objets à classer.
- Dérivation automatique de la description des classes (Système d'apprentissage et d'interprétation «orienté objet») Le système s'arrête avec une interprétation complète de la scène. La description de la scène peut correspondre à la description des classes d'objets et des relations.
- Résultat = modèles d'objets de la scène

### 1.4. Présentation de Pascale Monier

Présentation de ses travaux sur la modélisation du relief dans le cadre de la généralisation automatique : il s'agit d'enrichir les données initiales en apportant une connaissance structurelle supplémentaire qui permet d'extraire et de représenter les informations importantes à conserver (lignes de crêtes et de thalwegs utilisées comme contraintes pour généraliser le modèle numérique de terrain).

### 1.5. Présentation de Anne Ruas

Proposition de représentation des connaissances dans un modèle orienté objet : soit au niveau des classes (comportement générique), soit au niveau des instances (comportement spécifique). Et ce, en vue d'alléger et de simplifier la représentation des connaissances à l'aide de règles d'inférence.

### 1.6. Présentation de Nicolas Regnaud

Présentation de ses travaux sur la recherche d'information implicite dans les ensembles de bâtiments en vue de leur généralisation automatique : choix de la meilleure méthode d'agrégation en fonction de la forme des objets initiaux et des spécifications de la généralisation, et détermination des groupes de bâtiments à agréger.

### 1.7. Présentation de Corinne Plazanet

Présentation de ses travaux sur la caractérisation des objets linéaires en vue de leur généralisation automatique : proposition d'un modèle de description hiérarchique de la géométrie des lignes pour guider les choix d'opérations de généralisation et les séquences d'algorithmes associées.

### 1.8. Présentation de Tumash Reichenbacher (Institut de Cartographie, Zurich, Suisse)

Il propose un modèle d'acquisition des connaissances par «process tracing» en utilisant des méthodes d'«interactive logging» et d'apprentissage inductif. Un intérêt serait de lier la connaissance procédurale à la connaissance sémantique. Son but est de :

- Tester la faisabilité du processus par un exemple simple
- Essayer d'imiter le cartographe traditionnel
- Prendre des exemples dans l'environnement adéquat

Remarque : Tumash Reichenbacher travaille en collaboration avec Corinne Plazanet dans le cadre des échanges franco-suisses.

### 1.9. Présentation de Michael Leitner (Université de l'état de New York à Buffalo, Etats-Unis)

Acquisition de la connaissance cartographique procédurale par «reverse engineering» (à partir de cartes topographiques nationales). Définition du «reverse engineering» et de ses applications.

L'acquisition des connaissances consiste à observer les décisions prises par le cartographe en accord avec les spécifications de la carte.

La méthodologie consiste en un inventaire multi-échelle assisté par ordinateur. Les données inventoriées sont stockées dans une base de données relationnelle. Des règles prototypiques sont formulées à partir de requêtes dans la base de données.

Il s'agit d'un travail empirique portant par exemple sur l'agrégation de bâtiments.

## 2. Petits groupes de discussion

### 2.1. Définition des questions

- Quels types de connaissances (explicite, implicite) doivent-ils être acquis ?
- Quelles sont les relations entre la connaissance dite explicite et la connaissance dite implicite ?  
→ Comment dériver l'information implicite ? Quand ? Quoi ?
- Comment implémenter la connaissance dans le processus de généralisation ? Qu'est-ce qui doit être maintenu ?

### 2.2. Répartition des animateurs et des rapporteurs

	Groupe A :	Groupe B :	Groupe C :
Animateurs :	Corinne Plazanet	Stefan Keller	Dan Lee
Rapporteurs :	Jean-Philippe Lagrange	Michael Leitner	Philippe Thibault
	William Mackaness	Chris Jones	Mark Ware

### 2.3. Résumé

#### 2.3.1. Quels types de connaissance (explicite, implicite) doivent être acquis ?

Quand on parle de connaissance explicite, on distingue les standards existants, les règles existantes et les contraintes géométriques; alors que la connaissance implicite est la connaissance qui n'est pas formalisée mais qui fournit «du sens», qui est basée sur l'expérience. Elle est également au niveau des relations entre objets.

La classification des connaissances cartographiques de Armstrong comprend les connaissances géométrique, structurelle et procédurale. A partir de cette classification, on distingue, dans la connaissance procédurale, la connaissance sur les opérations de celle sur les algorithmes de généralisation. «Chapeautant» toutes ces connaissances, on doit inclure la connaissance sur l'utilisateur final (ou la connaissance de l'utilisateur lui-même).

#### 2.3.2. Quelles sont les relations entre la connaissance dite explicite et la connaissance dite implicite ?

Il manque des informations sur les voisinages et sur les formes des objets. Qu'est-ce qu'une forme et comment la représenter ?

Il manque les relations entre objets : adjacences, relations intra-inter, hiérarchie conceptuelle de formes...

Dans l'exemple de classification de modèle numérique de terrain, un des problèmes est de savoir où dessiner les frontières. On a besoin de connaissance structurelle explicite.

› Comment dériver l'information implicite ? Quand ? Quoi ?

Produits conventionnels	Utilisateur de données numériques
Knowledge engineering	Dérivation de la connaissance
Reverse engineering	Algorithmes génétiques
	Reconnaissance de formes
Machine learning	
Interactive logging	

Diverses techniques sont recensées pour l'acquisition des connaissances implicites manquantes dans les bases de données géographiques. On peut distinguer différentes approches, des plus traditionnelles (telles que par consultation de produits conventionnels) aux plus récentes (algorithmes génétiques ou machine learning pour la formalisation de règles).

### 2.3.3. Comment implémenter la connaissance dans le processus de généralisation ? Qu'est-ce qui doit être maintenu ?

La structuration orientée objet est un moyen intéressant de coder les connaissances procédurales et sémantiques, et une partie des connaissances géométriques, ainsi que les relations entre objets.

Un moyen naturel de formalisation sont les règles, surtout pour la connaissance explicite.

Il faut introduire des structures de données complémentaires.

Les normes et spécifications indiquent généralement ce qui doit être évité, mais pas comment faire pour aboutir au bon résultat.

## Jour 3. Détection et résolution de conflit

### 1. Présentations

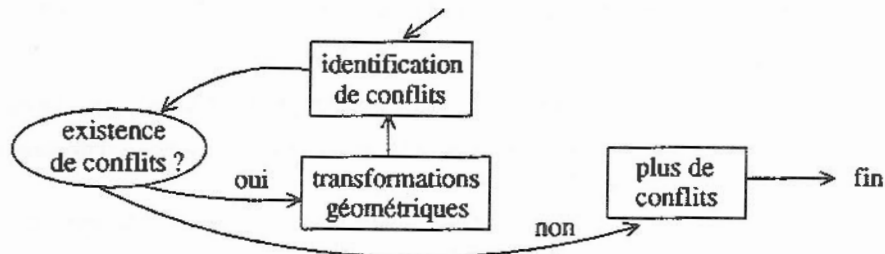
#### 1.1. Présentation de Nico Bakker (Institut topographique National, Emmen, Pays-Bas) : Production de cartes

Production de cartes à différentes échelles (10, 50, 100, 250, 500K) par généralisation successive de la carte au 10K.  
ex: Création de la BD 100K à partir de la BD 50K.

Utilisation combinée de données vecteur et maillée. Processus empirique reposant sur des techniques classiques et du travail interactif.

#### 1.2. Présentation de Lifan Fei (Institut de Cartographie, Université de Hannover, Allemagne) : identification de conflit et déplacement

Processus :



Solutions existantes de déplacement assisté par ordinateur :

Jäger, 1990 : données maillées, utilisation d'une matrice de déplacement

Powitz, 1993 : détection et analyse de conflits sur des données vecteur

Mackaness, 1994 : analyse de cluster

#### 1.3. Chris Jones : détection de conflits

- Triangulation de Delaunay contrainte : connexion des objets proches
- Calcul de relations de proximité efficace : plus proche voisin, détection de cluster...
- Détection de chevauchements dus aux transformations : arcs de la triangulation inversés

#### 1.4. Zhilin Li (Université Curtin de Technologie, Perth, Australie) : conflits spatiaux

Utilisation de techniques morpho-mathématiques

Deux opérateurs de base : dilatation et érosion

Pas de prise en compte de l'environnement !

### 1.5. William Mackaness (Université d'Edinburgh, Ecosse, Royaume-Uni) : détection et résolution de conflits

Critères pour la définition de conflits :

- niveau métrique : traditionnellement le seul utilisé
- niveaux géométriques, topologiques et sémantiques : extensions nécessaires

Contraintes à respecter :

1. les objets doivent être plus visibles après
2. les mouvements ne doivent pas engendrer de conflit
3. la répartition doit être conservée (gestalt)
4. intégrité spatiale (mouvement minimal)

Méthodes d'analyse de cluster : Diagramme de Voronoï, triangulation de Delaunay

### 1.6. Anne Ruas : principes du déplacement dans le processus de généralisation

Présentation de la «pocqqq» (pourquoi ? où ? comment ? quand ? quoi ? qui ?), c'est-à-dire tentatives pour formuler le problème en allant plus loin que le why, when, how de McMaster & Shea.

Présentation du processus global de déplacement

### 1.7. Mark Ware (Université de Glamorgan, Royaume-Uni) : amalgame d'objets, changement de représentation

Application : sur des objets naturels (îles), sur des lignes (squelettisation).

Il faut noter que cette présentation est l'occasion de rappeler que le déplacement n'est pas le seul outil possible pour la résolution de conflits.

## **2. Petits groupes de discussion**

### 2.1. Définition des questions

- Comment détecter et qualifier un conflit ?
- Quelles étapes dans le processus de généralisation pourraient elles aider le processus de résolution de conflit ?
- Comment incorporer la notion de sémantique dans la résolution de conflit ?

### 2.2. Répartition des animateurs et des rapporteurs

Groupe A :	Groupe B :	Groupe C :
Animateurs : Mark Ware	Anne Ruas	Chris Jones
Rapporteurs : Dianne Richardson	Barbara Battenfield	Michael Leitner
Philippe Thibault		William Mackaness

### 2.3. Résumé

Qu'est-ce que la détection et la résolution de conflit ?

On a un conflit lorsque des objets sont suffisamment proches pour que des fusions ou des chevauchements aient lieu entre leurs symbolisations, perturbant ainsi le message initial.

Il y a quatre étapes dans la résolution d'un conflit :



Pourquoi ce sujet est-il important ? L'objectif est de dériver des cartes à plus petites échelles à partir d'une carte détaillée. Remettre les mêmes objets dans un espace plus petit crée une compétition entre eux.

Focalisation sur trois thèmes du problème de la résolution de conflits :

### 2.3.1. Comment détecter et caractériser des conflits spatiaux ?

Critères servant à définir un conflit spatial :

- la géométrie (relations métriques et topologiques)
- la sémantique
- la méthode de présentation (représentation graphique)

Pour détecter et évaluer le succès de l'utilisation d'opérateur, on a besoin de modèles capables d'identifier les conflits, de les mesurer, les ordonner et d'évaluer la carte en fonction de ces critères.

Il faut donc identifier les structures profondes de la carte pour savoir ce qu'on veut conserver comme information. Ces structures devront être conservées lors des changements d'échelle.

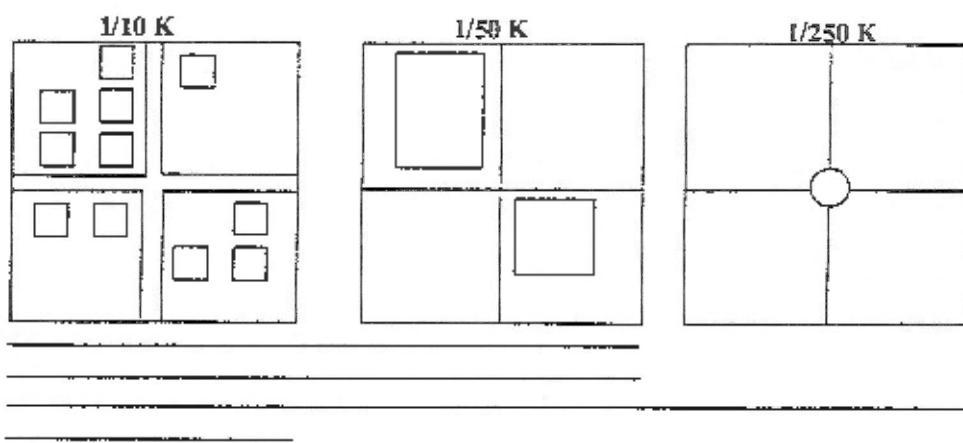
### 2.3.2. Quelle est la synergie (ou les antagonismes) entre opérateurs et quel est l'effet de leur séquençement sur le produit généralisé ?

Des algorithmes ont été identifiés pour effectuer une opération sur un type de données, mais qu'en est-il pour un ensemble d'opérations sur un groupe d'objets ? Il faut continuer l'analyse empirique des opérateurs pris individuellement aussi bien que de leurs combinaisons.

Stratégie pour la généralisation : Quelle partie de la carte et quels objets doit-on commencer par généraliser ?

Il faut trouver un compromis entre une stratégie complètement planifiée et une stratégie aveugle, non dirigée.

- dans un premier temps, essayer de réduire les possibilités de conflits
- trouver des règles pour l'enchaînement des opérateurs



L'adéquation des opérateurs et leur séquençement dépendent du changement d'échelle. Quelles sont les méthodes qui marchent le mieux sur quels combinaisons ou groupements d'objets ?

Des solutions algorithmiques existent pour certaines parties du processus de détection de conflit (principalement au niveau géométrique) :

- . Voronoï pour mesurer les conséquences des distorsions, ou pour guider le processus d'agrégation
- . Techniques géostatistiques (analyse de cluster pour identifier des conflits potentiels et l'espace libre de la carte)
- . Opérateurs morphologiques en espace maillé
- . Techniques d'analyse d'image (comme la transformation de Fourier pour identifier la structure sous-jacente)
- . Il existe aussi des algorithmes pour calculer les relations topologiques, mais pas pour représenter les relations spatiales qui constituent la structure profonde de la carte. C'est un problème géographique fondamental

Remarque : On peut raisonnablement penser que la résolution des conflits est un élément pivot dans le processus

de généralisation (du moins à certaines échelles, pour certains facteurs de réduction).

### 2.3.3. Comment utiliser la connaissance structurelle et sémantique dans le processus de généralisation ?

Comment extraire et stocker la connaissance sémantique ?

On extrait puis on stocke des informations structurelles et sémantiques pour contrôler les opérateurs de généralisation et pour évaluer le succès du traitement. L'information structurelle à représenter varie suivant les échelles.

Quelle connaissance sémantique utiliser ?

On a besoin de savoir quelle connaissance structurelle ou sémantique spécifique est pertinente pour une opération de généralisation donnée.

Modèles hybrides (bases de données hiérarchiques et non hiérarchiques) :

Les modèles fondés sur des couches multiples ont l'inconvénient de ne pas offrir de possibilités simples pour retrouver une information dispersée sur plusieurs couches. Or, en généralisation, on a besoin de plusieurs types d'information : géométrique (métrique et topologique), sémantique, structurel et topologique. On a donc besoin de bases de données hybrides pour supporter le processus d'enrichissement des données. On a besoin de modèles pour guider la généralisation structurelle. Il faut établir des règles pour qualifier la combinaison d'opérations à partir de résultats d'expérimentations.

Il faut enregistrer l'historique des objets généralisés pour pouvoir optimiser les étapes de généralisation suivantes.

## Conclusion du workshop • Que fait-on à partir de maintenant ?

### Axes de travail pour la recherche :

- Utiliser une base de données commune pour les recherches expérimentales
- Critères et mesures pour évaluer la qualité, recherches théoriques, études empiriques et intégration
- Déterminer les contraintes des algorithmes, outils et méthodes, le domaine d'application (échelle, thème...), analyser les besoins
- Synergie entre les algorithmes, séquences, combinaisons
- Enrichissement des bases de données. Quelle quantité d'information et laquelle rajouter ?
- Développement de modèles de données intégrées, intégration de la triangulation, passage maillé/vecteur...
- Analyse de cartes : «reverse engineering»
- Analyse des besoins de l'utilisateur
- Etudes empiriques pour l'acquisition de connaissances avec les techniques existantes
- Développement de méthodes pour les opérateurs de généralisation manquants
- Analyse «coût/bénéfice»

### Projets futurs :

Publications

- Rapport du workshop, publié en collaboration avec le NCGIA
- Edition d'un livre sur la généralisation (Buttenfield et McMaster)

Collaboration

- Une base de donnée carto commune pour les recherches
- Idée de proposition de subvention pour un réseau de recherche (au niveau européen, programme TMR)

Continuité

- Refaire un workshop de trois jours à l'ICC Stockholm en 1997
- plus ou moins le même format avec un accent particulier sur la présentation de résultats expérimentaux, cartes expérimentales, démos ...

\*\*\*