



BIARRITZ - Mai 1984 -

LA CREATION D'UNE BASE DE DONNEES POUR UNE MACHINE DE GENERATION
SYNTHETIQUE D'IMAGES 10 000 FACETTES

A DATA-BASE FOR A 10000-FACET IMAGE GENERATION MACHINE

M. B A R D O U X

CENTRE D'ELECTRONIQUE DE L'ARMEMENT - 35170 BRUZ

RESUME

La technique de génération d'images synthétiques a été choisie par le Centre d'Electronique de l'Armement pour la représentation de l'environnement visuel dans ses simulateurs.

La chaîne de génération synthétique d'images est alimentée par une base de données décrivant l'ensemble du paysage sous forme de polygones plans et convexes. Comme l'explique ce papier cette base de données est obtenue en plusieurs étapes : numérisation de cartes et photos aériennes, ajout de différents attributs (couleur, éclairage, texture...), ajout d'objets (maisons, arbres...).

L'ajout du rayonnement infrarouge de chacun des polygones formant la base de données permet la génération de paysages dans l'infrarouge.

La faisabilité d'une telle base de données est acquise, mais les interventions humaines étant encore importantes, les résultats d'un point de vue qualitatif sont liés à la qualité d'exécution et d'imagination des personnes effectuant ce travail.

SUMMARY

The Centre d'Electronique de l'Armement has chosen for the representation of visual environment in simulators, the CGI technique.

The input data for the CGI system are stored in a data base describing the whole scenery in convex and plane polygons form. As it's explained in this paper, this data base is obtained after several steps : the numerisation of cards and aerial photographs, the addition of different attributes (colour, lighting, texture...), the addition of objects (houses, trees...).

The addition of data base polygons infra-red radiation allows the infra-red scenarios generation.

The feasibility of such a data base is proven, but the human interventions being still important, the results (from a qualitative point of view) are bound to execution and imagination qualities of persons executing the work.



I - POURQUOI LA GENERATION SYNTHETIQUE D'IMAGES AU CELAR

Le Centre d'Electronique de l'Armement développe actuellement deux simulateurs d'étude :

- un simulateur de véhicule terrestre (char),
- un simulateur d'aéronef (hélicoptère).

Ces deux simulateurs sont destinés à servir d'outil d'aide à la conception pour les systèmes d'armes futurs qui équiperont ces deux types de vecteurs.

Pour mener à bien ces études, les servants doivent être placés dans les conditions les plus réalistes possibles, et en particulier pour tout ce qui concerne la représentation de leur environnement visuel.

Le CELAR a choisi d'utiliser la technique de la génération synthétique d'images pour restituer au mieux le paysage et les cibles présentés aux servants dans ces simulateurs.

II - LES SIMULATEURS

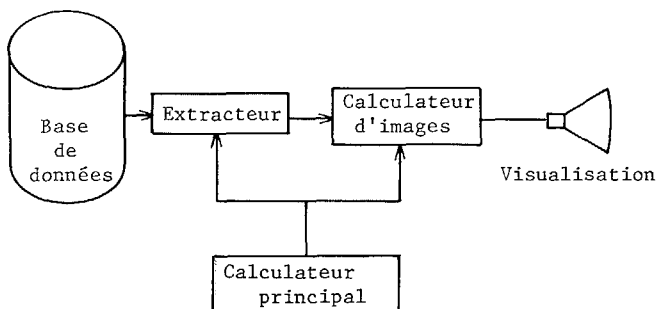
Depuis 1973, il existe au CELAR un simulateur de combat aérien. La restitution de l'environnement visuel est faite par la projection de la photo d'un terrain réel. Au départ, la cible était représentée par une image "fil de fer".

En 1976, la nécessité d'obtenir une cible plus réaliste a conduit le CELAR à étudier une machine de génération synthétique d'images de cible (≈ 500 facettes).

Celle-ci, réalisée en 1978, est depuis lors utilisée pour la représentation de la cible dans le simulateur de combat aérien.

Dans le cas des simulateurs d'hélicoptère et de char, le pilote doit pouvoir se déplacer sur le terrain, se cacher, effectuer des manoeuvres offensives ou défensives. La génération synthétique d'images permet de calculer toutes les 40 ms, en fonction de la position et de l'attitude de l'engin, une nouvelle image qui est projetée devant le pilote ou le tireur.

III - LA CHAINE DE GENERATION SYNTHETIQUE D'IMAGES



La chaîne de génération synthétique d'images se décompose en 3 parties principales :

- une base de données, stockée sur disque magnétique, qui contient la description de l'ensemble du terrain sous forme de polygones,

- un extracteur de données qui fournit la partie utile de ce terrain toutes les 40 ms,
- un calculateur d'images qui génère une image télévisive toutes les 40 ms à partir de ces données.

III.1 - Base de données

Cette base de données numériques représente un terrain réel, sous au-moins 3 niveaux de détail.

Le composant élémentaire de cette base de données est la facette : polygone convexe de 8 sommets maximum.

Les densités de facettes pour chaque niveau de détail sont de l'ordre de :

1200 facettes/km² pour le niveau de détail le plus fin

150 facettes/km² pour le niveau moyen

20 facettes/km² pour le niveau de détail faible.

Chaque facette est caractérisée par :

- sa géométrie : coordonnées x, y et z de chacun des sommets décrivant la facette,
- sa normale,
- son éclairement,
- sa couleur,
- un éclairement pour chacun de ses sommets dans le cas du lissage,
- une adresse texture pour chacun de ses sommets dans le cas de la texture.

III.2 - L'extracteur

Ce système a été réalisé par la société COPERNIQUE. L'extracteur doit fournir, toutes les 40 ms, la partie utile (fenêtre) de la base de données totale.

L'extracteur se compose d'un logiciel implanté sur un SEL 32 (SEL 32/27) et d'un DIRAM 32 (produit standard COPERNIQUE) possédant des modules de filtrage spécifiques de la fonction d'extraction.

Pour pouvoir approvisionner le générateur d'images à la cadence voulue, on utilise la mémoire cache du DIRAM 32 qui est constamment chargée avec les informations nécessaires pour calculer l'image (fenêtre), et avec un anneau de garde (fenêtre élargie) permettant d'anticiper sur les déplacements de l'observateur. Des filtres spécifiques permettent d'extraire la fenêtre de la fenêtre élargie.

III.3 - Le calculateur d'images

Deux machines spécifiques sont en cours de réalisation à la société SOGITEC pour le CELAR.

Les caractéristiques principales de ces machines sont : 10 000 facettes maximum par image en entrée du calculateur, avec 8 sommets maximum par facette. L'optique utilisée pour la projection pourra être linéaire ou non (par exemple Fisheye). Possibilité de lissage et de texture sur les facettes. Possibilité de simuler le brouillard. Algorithme anti-crénelage. L'élimination des parties cachées sera faite par la méthode du Z buffer. La résolution d'affichage sera de 1024 x 1024. La fréquence de récurrence sera de 25 Hz et le temps de réponse global pour toute la chaîne de génération synthétique d'images de 80 ms.



PROCESSUS DE CREATION DE LA BASE DE DONNEES POUR GI 10000

Ce processus peut se décomposer en quatre phases distinctes :

- la numérisation,
- le traitement séquentiel sur la base de données : habillage des facettes terrain,
- le traitement interactif,
- le contrôle et la visualisation.

I - LA NUMERISATION

La numérisation est une phase très importante. En effet, elle fixe les possibilités de la base de données qu'elle engendre du fait :

- du détail de la numérisation (densité de facettes),
- de la précision de la numérisation (ex : largeur des routes constantes, des rivières,...),
- de l'emploi des facettes, qui fait appel à l'imagination de la personne qui fait la numérisation (ne pas "gaspiller" des facettes où cela ne sert à rien).

Les documents de départ utilisés pour la numérisation sont :

- des cartes IGN au 1/10000,
- des photos aériennes IGN superposables aux cartes au 1/10000.

La numérisation des cartes est obtenue à l'aide d'une table à digitaliser et d'un logiciel d'aide à la numérisation qui permet le contrôle de convexité, contrôle de densité, contrôle sur le nombre de sommets de chaque facette .

Le résultat de la numérisation pour chaque niveau de détail est :

- un tableau de sommets contenant les coordonnées x et y uniquement de tous les sommets utilisés,
- un ensemble de facettes "terrain" avec pour caractéristiques :
 - . leur géométrie : numéros des sommets formant la facette, dans le tableau des sommets,
 - . leur type de surface, exemple : champ de blé, forêt de conifères...
 - . leur hauteur relative par rapport au sol exemple : pour une forêt de conifères : + 20 m.

Le délai moyen nécessaire pour numériser une zone de 5 x 6 km est de 1 mois.

II - LE TRAITEMENT SEQUENTIEL

Ce traitement réalisé par des logiciels FORTRAN permet "d'habiller" l'ensemble des "facettes terrain". Il ne demande pas d'opérations manuelles.

Le traitement séquentiel se décompose en plusieurs parties.

II.1 - Traitement sur les sommets

La Délégation Générale pour l'Armement possède un fichier altimétrie à un pas de 3 secondes d'arc (≈ 55 m sous notre latitude).

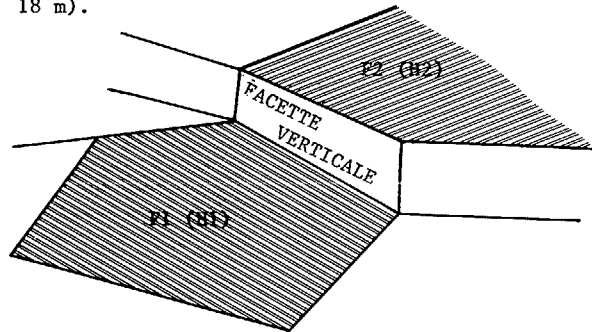
Ce premier traitement permet d'affecter une altitude à chaque sommet en fonction de ses coordonnées x, y, à l'aide du fichier altimétrie.

Ce traitement permet en outre de rechercher et de conserver pour chaque sommet, l'ensemble des facettes ayant ce sommet dans leur description. Ceci permet d'avoir une connaissance sur le voisinage des facettes.

II.2 - Création des facettes verticales

La numérisation ayant été faite dans le plan X, Y, les volumes de végétation ne sont pas encore représentés. L'information "hauteur par rapport au sol" de chaque facette va nous permettre de créer cette végétation.

En effet, ce traitement permet de créer une facette verticale à chaque fois que l'on rencontre deux facettes voisines n'ayant pas la même hauteur par rapport au sol. La facette a pour hauteur la différence des hauteurs de chaque facette voisine. Le type de surface affectée à cette nouvelle facette est fonction des types de surface des 2 facettes voisines. (Ex : entre une "facette forêt" de hauteur 20 m et une "facette champ de maïs" de hauteur 2 m, on créera une "facette lisière de forêt" de hauteur 18 m).



II.3 - Couleur et éclaircissement

Chaque facette est affectée d'un code de couleur en fonction de son type de surface.

Une normale moyenne est calculée pour chaque facette ; cette normale, plus une information de date (heure dans la journée) permet de calculer l'éclaircissement propre de chaque facette.

II.4 - Texture

La texture permet d'améliorer le "réalisme subjectif" de l'image. En effet la texture est un enrichissement de l'image, d'un point de vue esthétique bien sûr, mais aussi et surtout, d'un point de vue apport d'informations pour l'observateur (distance, altitude...).

Suivant son type de surface, une facette est texturée ou non.

Pour une facette texturée, on calcule une "adresse de texture" pour chacun de ses sommets.

On utilise des motifs de texture (forêt de conifère, prairie, lisière de forêt...) avec pour caractéristiques :

- leur définition (32 x 32 ou 64 x 64),
- leur dimension réelle au sol.

Les motifs de texture sont réalisés par l'Institut National des Sciences Appliquées de RENNES.



II.5 - Lissage

Le lissage permet la restitution des surfaces lisses en supprimant les arêtes dues à la numérisation par facettes. Une facette, selon son type de surface, sera lissée ou non.

Pour chaque sommet d'une facette lissée, on calcule un éclaircissement égal à la moyenne des éclaircissements de cette facette et des facettes voisines.

CONCLUSION SUR LE TRAITEMENT SEQUENTIEL

L'ensemble de ces traitements séquentiels est réalisé par des logiciels FORTRAN implantés sur l'UNIVAC 1100/82S de la division ESSY du CELAR.

Pour une zone de 5 x 6 km (environ 10 000 facettes terrain), le temps global nécessaire pour réaliser l'ensemble des traitements est d'une journée (temps machine + temps de préparation : chargement du fichier altimétrie correspondant, choix des surfaces à texturer...).

III - LE TRAITEMENT INTERACTIF

Pour ce traitement, la base de données est divisée en zones (1 zone \approx 5 x 6 km = 1 carte 1/10000).

Il est réalisé à l'aide de logiciels FORTRAN implantés sur l'UNIVAC 1100/82S.

Le terminal utilisé est un système de visualisation graphique interactif à balayage télévision : AYDIN 5218.

Ce traitement permet :

- la présentation graphique en couleur dans le plan (x,y) d'une zone entière,
- à partir de cette présentation globale, on peut définir une fenêtre et la recadrer sur tout l'écran,
- le remplissage de l'intérieur de chaque facette avec la couleur qui lui a été attribuée :
 - . soit toutes les facettes,
 - . soit les facettes d'un type de surface donné,
- le marquage d'une facette pour
 - . l'éliminer,
 - . changer sa couleur,
- la création de descripteurs d'objet.

Chaque descripteur d'objet contient :

- . un numéro d'objet,
- . une position x, y et z,
- . une orientation.

La coordonnée z est calculée à l'aide du fichier altimétrie en fonction des coordonnées x et y (idem que pour les sommets). Un descripteur d'objet est représenté sur l'écran par une projection dans le plan (x,y) de l'objet. Cette représentation suit l'échelle du terrain visualisé.

- la visualisation des descripteurs d'objet déjà créés.

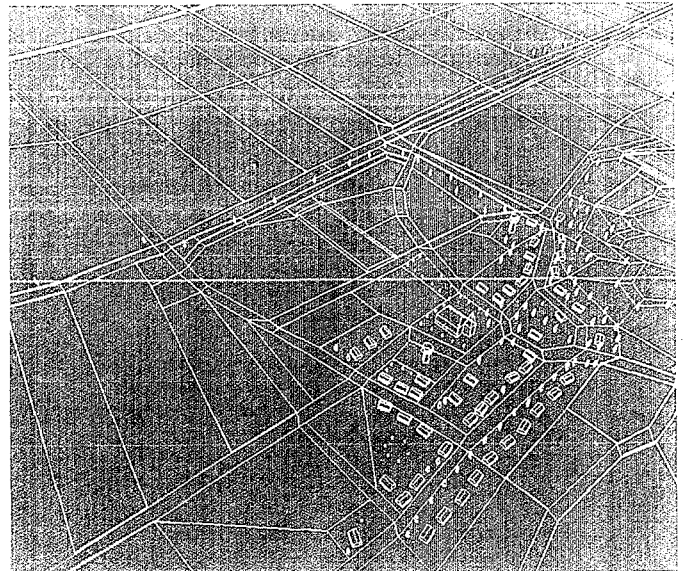
CONCLUSION SUR LE TRAITEMENT INTERACTIF

Pour traiter une zone de 5 x 6 km, le temps nécessaire est fonction de la complexité de cette zone (nombre d'objets, village...). Il peut être estimé en moyenne à 1 homme/mois.

IV - OUTILS DE CONTROLE

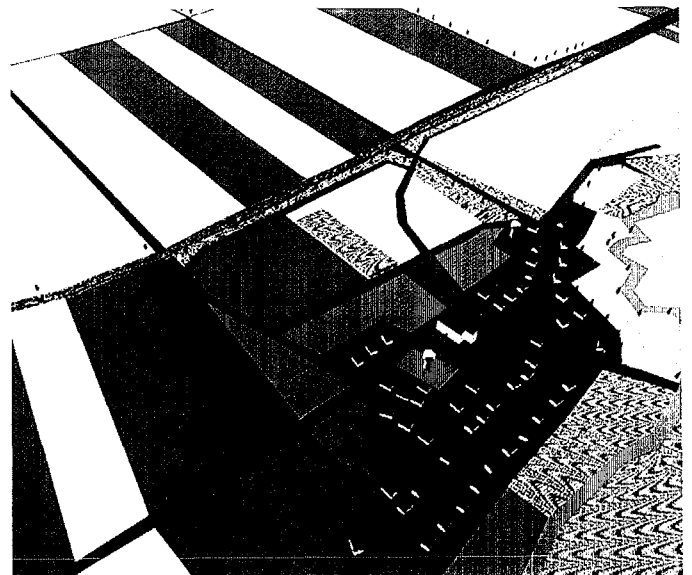
a) Images perspectives "fil de fer"

Permet un contrôle rapide de la géométrie de la base de données.



b) Images couleur

Utilisation du programme de simulation de la machine GI 10000.





BASE DE DONNEES EN INFRAROUGE

Pour permettre la simulation de missions nocturnes ou sans visibilité, pour l'hélicoptère et le char, le CELAR fait développer une base de données qui permettra la génération synthétique d'images de paysage en infrarouge dans les bandes capteur 3 - 5 μm et 8 - 12 μm . Une étude a été menée sur les différents points suivants :

- recherche bibliographique permettant d'établir un tableau de correspondance : type de surface \longleftrightarrow émissivité de ce type de surface,
- algorithme permettant de calculer le rayonnement d'une facette compte tenu de son émissivité, son orientation, de la date (heure dans la journée) et d'autres caractéristiques influentes (surface de la facette, vitesse du vent...),
- transmission atmosphérique pour le rayonnement infrarouge pour l'application GSI.

a) Calcul du rayonnement d'une facette

Deux hypothèses principales ont été faites :

- 1 - chaque élément du terrain (chaque facette) se comporte comme une source de rayonnement suivant les lois des corps noirs ou gris. (l'émissivité est constante sur l'ensemble du spectre).
- 2 - on ne tient pas compte du voisinage des facettes. (indépendance des facettes)

Relations sur les transferts de chaleur :

- échange surface-air : refroidissement par convection
- rayonnement solaire
- rayonnement du soleil
- échange avec le support : conduction.

Un bilan thermique permet de calculer la température d'équilibre de chaque facette, ainsi que sa luminance dans les bandes 3 - 5 μm et 8 - 12 μm .

Paramètres influents : - température du ciel
- vitesse du vent
- conductivité thermique du matériau
- épaisseur du matériau
- orientation de la facette
- rayonnement du ciel
- rayonnement solaire
- émissivité infrarouge du matériau
- température du support

b) Transmissions atmosphériques

Elle se caractérise par trois phénomènes :

- l'absorption
- la diffusion
- la dispersion

Seuls sont pris en compte :

- l'absorption due à la vapeur d'eau et au gaz carbonique (en effet, l'altitude de l'observateur sera toujours faible),
- la diffusion due à la pluie, à la brume et aux fumées.

Les paramètres influents retenus dans le calcul sont :

- l'altitude de l'observateur,
- la distance de visibilité,
- la distance facette - observateur,
- le taux d'hygrométrie,
- la température ambiante.

CONCLUSION

Où en est-on ?

Base de données : une base de données test de 100 km² a été réalisée par le CELAR à l'aide des outils présentés précédemment. A partir des résultats de cette base de données test, la société SOGITEC va réaliser la base de données finale (\approx 1 200 km²).

Extracteur : Un premier extracteur a déjà été réalisé, il a été livré au CELAR au début de l'année 1983.

Une étude est prévue pour la réalisation d'un extracteur avec fenêtre triangulaire (utilisation pour le simulateur de char).

Calculateur d'images : deux machines sont commandées à la société SOGITEC. La première doit être livrée au début de l'année 1985 et la seconde six mois après.

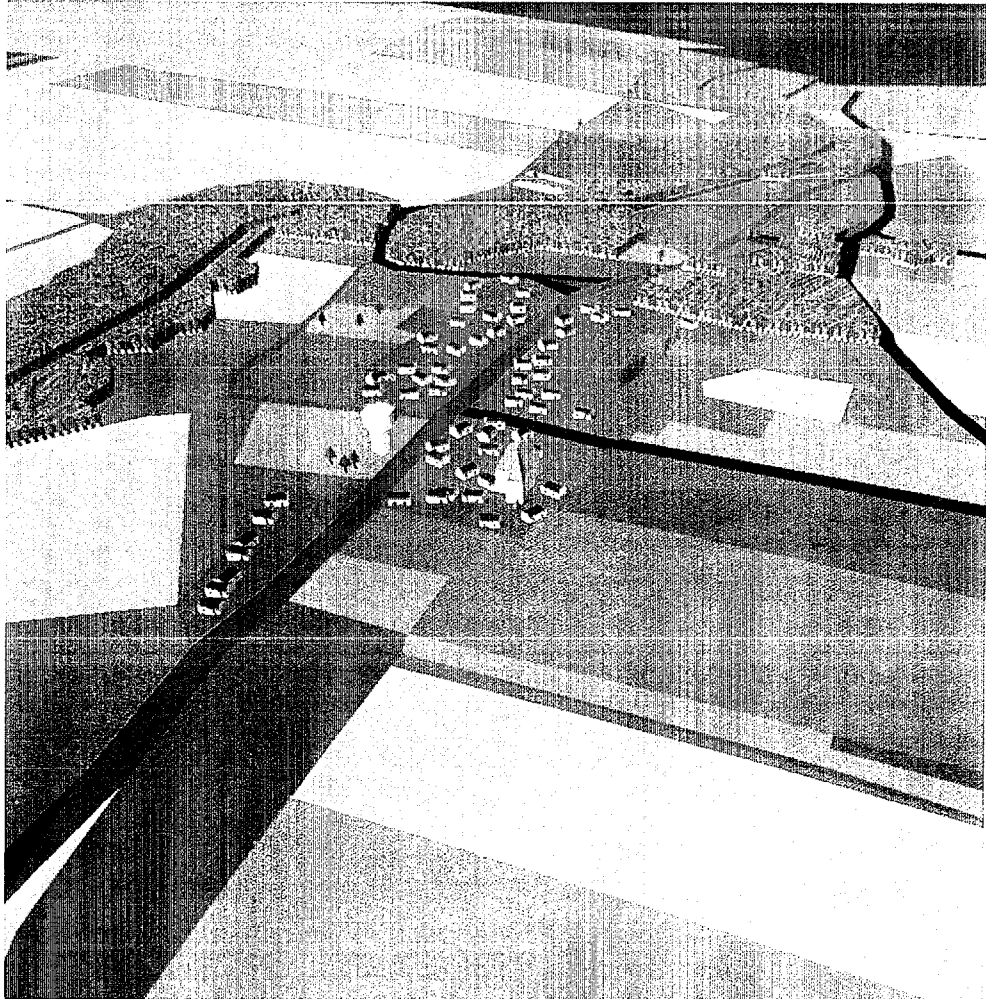


IMAGE DEFINITION 1024 X 1024