

COLLOQUE NATIONAL SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 16 au 21 JUIN 75



SYSTEMES RADAR ET OPTRONIQUE. ANALYSE DES CONTRAINTES IMPOSEES PAR LE
MICRORELIEF

Maurice BRESSON

Société d'Etudes et Conseils A E R O - 3 avenue de l'Opéra - 75001 PARIS

RESUME

Définition préliminaire : on entend par micro-relief l'ensemble des obstacles naturels ou artificiels répartis sur le sol, ayant au moins de 1 à 2 m de haut et difficilement pénétrables au rayonnement électromagnétique au sens large (rayonnement visible, infrarouge, radar de courte longueur d'onde). Les performances des systèmes de détection et d'acquisition aéroterrestres sont limitées par l'action du relief et du microrelief telle que nous l'avons définie. On a montré que la portée pratique maximale de beaucoup de systèmes d'armes est largement conditionnée par la limite imposée par ce microrelief. On a donc été amené à étudier la distribution au sens probabiliste des portées maximales des différents systèmes en fonction du microrelief sachant que l'observateur s'est placé dans un endroit favorable. Pour l'analyse, le microrelief est défini comme une répartition aléatoire d'obstacles dont les principaux paramètres sont :

- . densité des obstacles (nombre moyen d'obstacles par unité de surface),
- . dimensions des obstacles (largeur, hauteur),
- . forme des obstacles,
- . orientation des obstacles.

La méthode d'investigation est surtout une méthode de simulation. L'analyse exhaustive de ce problème n'en est encore qu'à ses débuts. L'effort de recherche projeté est à la fois théorique (analyse probabiliste) et pratique (analyse expérimentale du microrelief pour différents environnements caractéristiques). On se propose de donner les premiers résultats obtenus à partir d'hypothèses simples sur les paramètres associés au microrelief. Ces premiers résultats mettent en évidence l'importance pratique considérable du phénomène microrelief pour le choix des performances de beaucoup de systèmes d'armes importants.

SUMMARY

Preliminary definition. By microrelief we mean the set of natural or man made obstacles on the ground, whose height is at least 1 to 2 m and which are impenetrable by electromagnetic radiations in a general sense (visible and infrared radiations, short wavelength radars). The efficiency of air detection and homing systems is limited by the action of relief and microrelief as we have defined it. We have shown that the practical maximal range of many weapon systems is much restrained by the limit imposed by this microrelief. Thus we have been brought to study the distribution in a probabilistic sense of the maximal ranges of these different systems, taking care of the microrelief, the observer being situated at a favorable location. For this analysis, the microrelief is defined as a set of randomly distributed obstacles whose main parameters are :

- . the density of obstacles (mean number of obstacles by surface unit),
- . the dimensions of the obstacles (width, height),
- . the shape of the obstacles,
- . the orientation of the obstacles.

The investigation method is mainly a simulation method. The exhaustive analysis of this problem is only at its very beginning. We plan to concentrate our efforts on both theoretical probabilistic analysis and practical aspects (experimental analysis of microrelief for different typical environments). We shall give the first results we have obtained using simple hypothesis on the parameters associated with microrelief. These first results show clearly that microrelief must not be neglected when choosing the performances of many important weapon systems.



1.- RELIEF ET MICRORELIEF. DEFINITION DU MICRORELIEF

On entend par microrelief tous les obstacles naturels ou construits par l'homme, difficilement pénétrables au rayonnement électromagnétique au sens large (visible, infrarouge, radar de courte longueur d'onde) et ayant une hauteur au-dessus du sol au moins égale à 1 m ou 2 avec des dimensions latérales suffisantes pour dissimuler au moins un véhicule.

A titre d'exemple, les maisons, les hangars, les boqueteaux, les haies, les petits mouvements du terrain, les déblais et les remblais, certaines cultures régulières, les meules de foin ou les meules de paille, les vergers, les potagers, peuvent faire partie du microrelief, du moins pour un type de rayonnement défini pour lequel un obstacle peut être considéré comme opaque.

2.- IMPORTANCE DU MICRORELIEF

Depuis environ 20 ans les "concepteurs" de systèmes d'armes terrestres et aéroterrestres accordent une grande importance aux problèmes d'environnement et de terrain. Tant en France qu'à l'étranger, de nombreuses études ont été faites pour évaluer l'influence du terrain en tant que nivellement (relief) sur la limitation des performances des systèmes d'armes. D'un point de vue qualitatif il est clair pour tous les opérationnels que le relief joue un rôle capital pour la conception et l'emploi des systèmes d'armes. Ils reconnaissent également que le microrelief peut jouer un rôle important. En fait, ce n'est qu'à une date récente et notamment en recourant à des simulations très fines que l'on s'est aperçu que le microrelief joue un rôle aussi décisif que le relief lui-même est dans beaucoup de cas prédominant. L'incorporation de ce microrelief s'impose donc en vue de déterminer de façon quantifiée précise les performances des systèmes d'armes et notamment les systèmes d'acquisition des objectifs et de guidage en supposant que les obstacles du microrelief soient pratiquement imperméables aux radiations utilisées.

On a montré au cours d'une série d'études récentes que la portée pratique maximale de beaucoup de systèmes d'armes est largement conditionnée par le microrelief. Il s'ensuit que dès la conception de ces systèmes, l'analyse quantifiée de la distribution de portée s'impose puisqu'elle conditionne les coûts, sans parler des poids et des volumes des appareils à mettre en oeuvre.

3.- DIFFICULTE DE TRAITER LE MICRORELIEF COMME UNE SURFACE

Les essais qui ont été faits pour traiter quantitativement le microrelief se sont révélés extrêmement difficile. En effet, le traitement du relief a consisté à prélever sur la carte du terrain un échantillonnage des coordonnées X, Y, Z d'un certain nombre de points de façon à pouvoir restituer numériquement les coordonnées X, Y, Z d'un point quelconque du terrain. Compte tenu de la nature du microrelief (diversité des positions, des formes, des dimensions, etc.), cette même restitution de la forme exacte (fonction de X, Y, Z) présente des difficultés quasi inextricables, notamment en volume de données à introduire en mémoire si l'on veut numériser et utiliser des portions de terrain importantes.

4.- ASPECT STATISTIQUE DU MICRORELIEF

Il convient donc de rechercher d'autres solutions plus élégantes. L'une d'entre elles consiste à traiter le microrelief non pas comme une surface déterministe plaquée sur la surface du relief mais comme un ensemble doté de propriétés statistiques en se proposant d'évaluer de façon quantifiée les contraintes et les limitations que ce microrelief, défini statistiquement, impose aux performances d'intervisibilité.

5.- MODELES THEORIQUES

A cet effet on doit donc chercher à dégrossir le problème, en élaborant des modèles théoriques de microrelief définis par leurs propriétés statistiques en commençant par des modèles très simples et en se proposant, au vu des résultats obtenus par les modèles les plus simples, d'élaborer des modèles de plus en plus complexes, de façon à obtenir en fin de compte, au moins au sens statistique, une représentation adéquate des propriétés d'intervisibilité comparables à celles d'un ensemble relief-microrelief réel.

La méthode d'investigation initiale est surtout une méthode de simulation. L'analyse exhaustive de ce problème n'en est encore qu'à ses débuts. L'effort de recherche projeté est à la fois théorique (analyse probabiliste) et pratique (analyse expérimentale du microrelief pour différents environnements caractéristiques). On se propose de donner quelques-uns des premiers résultats obtenus à partir d'hypothèses simples sur les paramètres associés au microrelief. Ces premiers résultats mettent en évidence l'importance pratique considérable du phénomène microrelief pour le choix des performances de beaucoup de système d'armes.



6.- MODELE ELEMENTAIRE INITIAL

Le programme microrelief que nous présentons succinctement est destiné à déterminer la répartition de la distance de visibilité à partir d'un point d'observation dans un environnement variable dont les paramètres ; nombre d'obstacles, taille, etc., seront ajustés en fonction des caractéristiques des zones à étudier : par exemple, peu d'obstacles en zone rurale de grande culture, nombre d'obstacles beaucoup plus important en zone urbaine.

Dans l'exemple présenté on s'est placé dans l'hypothèse d'un relief de plaine (cas limite du plan).

Chaque obstacle est représenté par une ellipse supposée non transparente. Cette ellipse est déterminée par la position de son centre (2 variables), par l'orientation de son grand axe, la longueur du grand et du petit axe.

6.1 Principaux paramètres d'entrée

Les principaux paramètres d'entrée du programme sont les suivants :

- D : densité moyenne des obstacles sur le terrain étudié.
- S : surface couverte par l'ensemble de ces obstacles en pourcentage.
- θ et ψ : il peut exister une direction privilégiée du grand axe avec des ellipses faisant un angle θ avec l'axe OX de référence et telle que les grands axes des ellipses soient distribués aléatoirement, suivant une loi définie entre deux valeurs extrêmes ψ_0 et ψ_1 .
- E : l'ellipticité E des obstacles (rapport de la longueur du petit axe au grand axe) suit une loi de probabilité définie entre 0 et 1).

6.2 Répartition des obstacles (cas élémentaire initial présenté)

6.2.1

Un générateur de nombres aléatoires suivant une règle de POISSON de moyenne D permet de déterminer le nombre d'obstacles dans chaque carré de base du terrain (1 km² par exemple).

6.2.2

Un second générateur de nombres aléatoires répartis uniformément entre 0 et 1 permet de placer le centre des ellipses dans les carrés de base précédemment déterminés.

6.2.3

L'utilisateur du programme a le choix entre deux options quant à l'orientation du grand axe des ellipses :

. La première permet d'obtenir une orientation répartie uniformément entre $-\pi/2$ et $+\pi/2$.

. La seconde option est utilisée dans le cas d'une région dans laquelle on observe des obstacles ayant une orientation privilégiée, par exemple des accidents du terrain, si l'on considère des obstacles de grandes dimensions, des haies, des rangées d'arbres, de vignes pour des obstacles plus réduits. Elle permet de définir cette orientation θ ainsi qu'une variation $\pm \psi_0$ qu'il est possible d'observer de part et d'autre de cette moyenne.

6.2.4

Pour calculer les valeurs des demi-axes A et B des ellipses, on se sert de deux relations :

. la première exprime la surface moyenne couverte par les ellipses dans les carrés de base :

$$S = \frac{100 \pi A B D}{\text{surface du carré de base}}$$

. la seconde est la valeur de l'ellipticité de l'obstacle considéré :

$$E = B/A$$

La première de ces valeurs est un paramètre fixé pour l'échantillon considéré. La seconde est tirée aléatoirement pour chaque ellipse comme il a été précisé précédemment. Ces deux relations conduisent à des valeurs uniques des longueurs des axes A et B.

6.3 Histogramme des distances de visibilité

Le terrain plan étant ainsi créé avec son microrelief, nous allons, à partir d'un point d'observation d'altitude négligeable, balayer le quadrant et noter à chaque pas la distance de visibilité. Le pas d'échantillonnage dépendra de la finesse des résultats que l'on désirera obtenir. Il est de ce fait laissé en paramètre. Dans chaque cas de figure il sera donc possible d'étudier la visibilité dans N directions.

De même que le nombre de directions étudiées, il est possible de définir la valeur du pas des distances de visibilité.

Des applications du modèle ont été faites avec les paramètres suivants :



Densité des obstacles (Nombre moyen d'obstacles par km ²)	Surface totale couverte par les obstacles
2 obs/km ²	10 %
10 "	10 %
10 "	5 %
100 "	10 %
100 "	5 %
1000 "	5 %

vérifier que les données expérimentales recueillies dans des conditions forcément complexes sont explicables à l'aide des modèles.

Dans tous ces cas nous sommes placés dans un terrain carré de 10 km de côté divisé en carrés de base de 1 km². Les obstacles avaient des directions aléatoires uniformément réparties entre $-\pi/2$ et $+\pi/2$ et l'ellipticité était tirée uniformément entre 0 et 1. L'analyse des distances a été faite dans 90 directions (une par degré d'angle) et elles ont été regroupées par classes de 100 m.

Quelques exemples des distributions obtenues sont donnés dans les trois figures en annexes. Suivant les cas, le nombre d'échantillons tirés pour un même ensemble de paramètres associé à un terrain était compris entre 25 et 100.

Les résultats obtenus avec le modèle sont en première analyse en bon accord avec des résultats d'enquêtes effectuées par diverses nations sur les conditions d'intervisibilité.

7.- CONCLUSIONS

7.1

L'analyse des résultats obtenus confirme combien les limitations imposées par le microrelief sont capitales. En effet, même dans un terrain plat et dans des conditions de visibilité parfaite, la proportion de distance extrême d'intervisibilité apparaît comme très sévèrement limitée par le microrelief (les pourcentages d'obstacles retenus pour les exemples numériques sont réalistes en ce sens qu'ils ont été choisis après diverses analyses du terrain sur la carte ainsi qu'en accord avec l'analyse de certains cas historiques).

7.2

Il est possible d'approcher le phénomène du microrelief, du moins dans ses grandes lignes, au moyen de modèles statistiques relativement simples dont les répercussions sont en accord avec les résultats expérimentaux disponibles.

7.3

Beaucoup de travail reste à faire, à la fois sous l'angle théorique si l'on veut aboutir à des modèles complets, et sous l'angle expérimental si l'on veut





