

ACQUISITION, GESTION ET TRAITEMENT D'IMAGES METEOSAT

FOFANA Siaka, AMAN Angora, MARCHANT Jacques

Département de Physique

Faculté des Sciences et Techniques

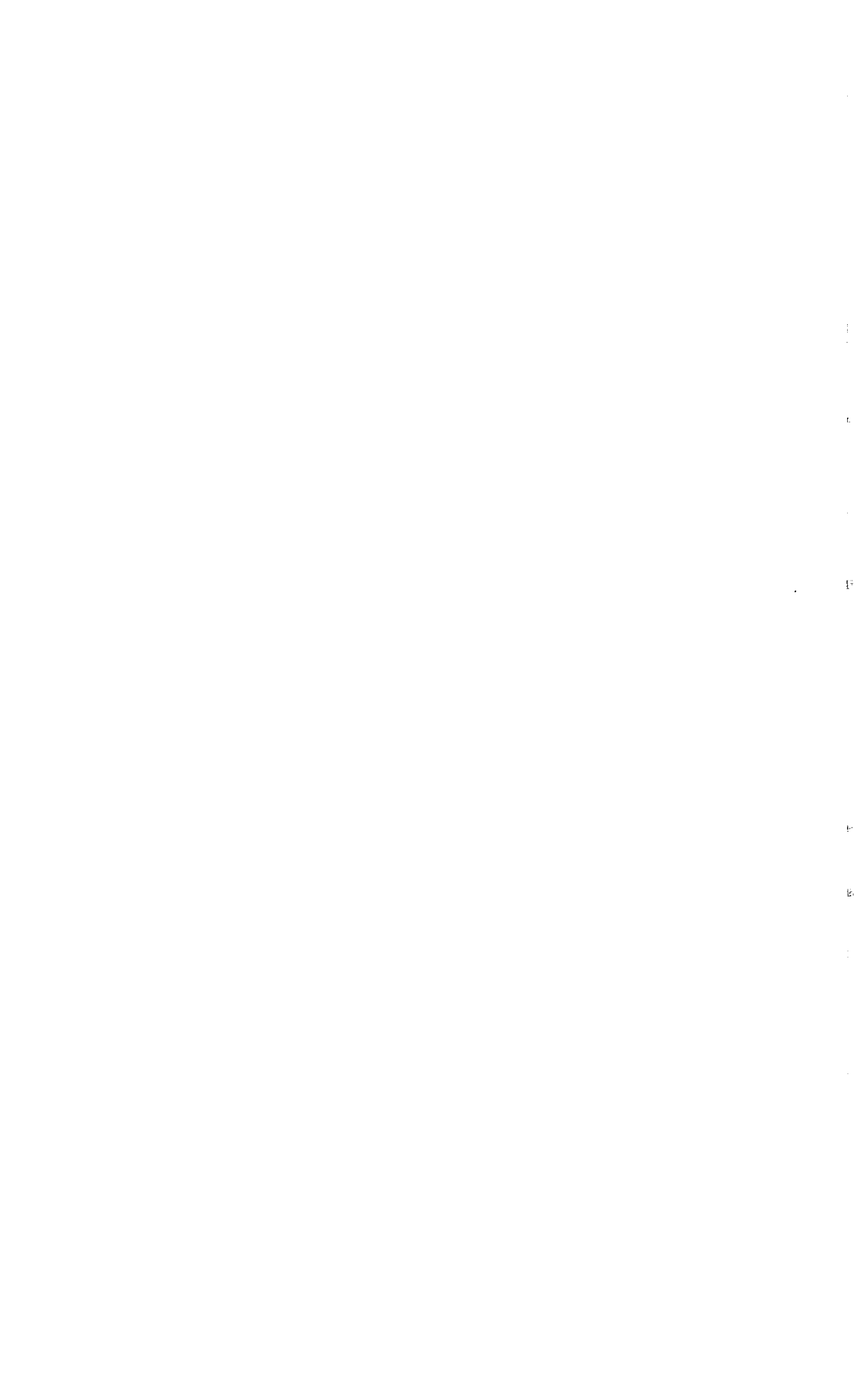
Université d'Abidjan

22 B.P. 582 Abidjan 22

Résumé

Depuis près d'une quinzaine d'années les données issues des satellites géostationnaires METEOSAT ne cessent de montrer leur intérêt dans les domaines de la météorologie et bien d'autres applications environnementales. La gestion, le traitement et l'archivage des données reçues au niveau des stations des utilisateurs ne peuvent en aucun cas se défaire de l'informatique.

Dans ce rapport nous présentons d'une part un certains nombres travaux qui nous ont permis d'optimiser l'acquisition et la gestions des données images et d'autre part quelques résultats obtenus à partir des données Infra Rouge.



ACQUISITION, GESTION ET TRAITEMENT D'IMAGES METEOSAT

FOFANA Siaka, AMAN Angora, MARCHANT Jacques
Département de Physique
Faculté des Sciences et Techniques
Université d'Abidjan
22 B.P. 582 Abidjan 22

1. Introduction

Depuis près d'une quinzaine d'années les données issues des satellites géostationnaires METEOSAT ne cessent de montrer leur intérêt dans les domaines de la météorologie et bien d'autres applications environnementales. La gestion, le traitement et l'archivage des données reçues au niveau des stations des utilisateurs ne peuvent en aucun cas se défaire de l'informatique.

En effet à partir des données satellitaires et en combinaison avec d'autres données collectées, certaines grandeurs météorologiques sont fournies par l'ESOC (European Space Operations Centre) à Darmstadt. Ces grandeurs sont: vitesse des nuages, taux de couverture de nuages, température au sommet des nuages, humidité troposphérique et autres données permettant de déterminer la hauteur des nuages.

Depuis Janvier 1991, le département de physique de l'Université d'Abidjan dispose d'une PDUS (Primary Data User's Station) pour l'acquisition des images du satellite européen METEOSAT, de trois micro ordinateurs 80386 dont l'un dédié à l'acquisition et les deux autres pour la réalisation des différents programmes de traitement. Indiquons que l'un de ces derniers PCs est équipé d'un coprocesseur mathématique 80387 DX. Nos travaux informatiques ont porté jusqu'à présent sur les prétraitements (extraction des images, le renversement et le découpage des images en zones désirées par les éventuels utilisateurs) et sur l'utilisation des données images du canal Infra Rouge thermique pour réaliser des cartes de Température de la Surface Marin (TSM); ces cartes pouvant être considérées comme outil d'aide à la pêche.

Nous présentons dans ce rapport d'une part un certains nombres de travaux qui nous ont permis d'optimiser l'acquisition et la gestion des données images et d'autre part quelques resultats obtenus à partir des données Infra Rouge.

2. Description des images METEOSAT

Les images satellitaires reçues par les stations de réception PDUS METEOSAT sous forme numérique sont transmises au rythme de 166,66 Kbits/s. Il existe trois types de formats transmis:

- le **format A** représente le disque terrestre entier vu de METEOSAT qui se trouve à 0° de longitude et 0° de latitude. Ce format comprend 5 000 lignes de 5 000 pixels pour l'image visible pleine résolution et 2500 lignes de 2500 pixels pour les images infra-rouges thermique (I) et vapeur

d'eau (W). Des images visibles à résolution réduites 2 500 x 2 500 sont également transmises.

- le **format B** représente une image centrée sur l'Europe de 625 lignes de 2500 pixels (visible) ou 1250 pixels (IR thermique et vapeur d'eau) découpée dans le format A: elle débute à la ligne 1810 pour se terminer à la ligne 2435

- le **format X** est obtenu à partir d'images du satellite américain GOES W, images captées à Lannion en France et rediffusées par l'intermédiaire de METEOSAT: ce format de 1250 lignes de 1250 pixels représente le continent Américain .

Le temps de transmission dépend des formats et un format peut contenir une ou plusieurs images correspondant à des spectres différents. Ainsi le format transmis AW ne contient qu'une image Infra-rouge vapeur d'eau (W) au format A, mais le format AIVH contient deux images: une pour le canal visible (V) à résolution réduite de 2500 x 2500 et une pour le canal infra-rouge thermique (I) de 2500 x 2500 transmises en alternant une ligne de chaque image.

Par extension on appellera "format" le fichier brut transmis par METEOSAT qui contient une ou plusieurs images et les formats les plus courants actuellement sont les suivants: **AV, AI, AW, AIV, AIW, AIVW, AIVH, BI, BV, BW, BIV, BIW, BIVW, XI, XIV**. Seuls les formats en caractères gras sont actuellement transmis (Dissemination schedule).

3. Acquisition des données METEOSAT

L'acquisition et le prétraitement des images METEOSAT suppose l'enchaînement des opérations suivant:

- Acquisition et stockage sur disque d'une image brute (appelée image RAW dans la suite): le logiciel NEXT de l'Université de Dundee fourni avec la station PDUS stocke dans le répertoire courant un fichier appelé METSAT.RAW. Si aucun prétraitement n'est prévu, il faut alors le renommer sinon il sera remplacé par un nouveau METSAT.RAW à l'arrivée du format suivant. (une variante de NEXT, NEXTAI permet de ne faire que l'acquisition des formats de type A contenant une image IR (AI, AIVH)). La taille de METSAT.RAW varie selon le format enregistré de 1 820 000 octets pour un format BIW à 29 120 000 octets pour le format AV. Une taille inférieure à la taille théorique indique qu'il y a des subframes manquants par suite d'un défaut de transmission ou d'acquisition.

Un fichier annexe METSAT.HDR d'une longueur de 2912 octets pour un format A (ou 1456 octets pour un format B ou X) est également créé à chaque acquisition d'image, il contient les données de calibration des images qu'il accompagne. Outre des données de synchro (2 octets), d'identification ID (1 octet) et de label (24 octets), le fichier METSAT.HDR contient, comme tous les subframes, 32 octets d'identification et 1360 octets d'Interpretation Data se décomposant en :

- 104 octets de Calibration Data
- 128 octets de SpaceCraft Operation Data
- 328 octets de Imagery Data

- 800 octets de Administrative Message.

L'acquisition automatique de formats choisis, selon un planning préalablement établi suppose un fonctionnement permanent de l'ordinateur d'acquisition.

4. **Retournement et extraction des images**

Les images transmises par METEOSAT sont habituellement reçues à l'envers: si l'on considère que l'image finale représentant le globe doit avoir sa première ligne au pôle Nord, sa dernière ligne au pôle Sud et que le premier pixel de chaque ligne est le pixel le plus à l'ouest, le fichier .RAW transmis a pour premier octet le pixel le plus à l'est de la ligne la plus au sud et pour dernier octet le pixel le plus à l'ouest de la ligne la plus au nord.

L'opération de retournement/extraction consiste donc à extraire du fichier .RAW un ou plusieurs fichiers contenant chacune des images incluses dans le format d'origine, chacun des fichiers images ayant pour premier octet le pixel le plus à l'ouest de la ligne la plus au nord de l'image.

Les zones de découpage actuellement définies sont les suivantes:

EPSAT: 1024 pixels de large, 512 pixels de haut en IR et WV au dessus de l'équateur symétriquement par rapport au méridien zéro. (Taille du fichier: 512 Ko)

CRO: 512 pixels de large, 256 pixels de haut (128 Ko) en IR et WV au dessus de l'équateur symétriquement par rapport au méridien zéro.

SAHARA: zone carrée 512 pixels x 512 pixels obtenue en prenant un pixel sur deux (ou la moyenne de deux pixels) en IR ou un pixel sur 4 (ou la moyenne de 4 pixels) en Visible.

5. **Sauvegarde des fichiers**

Il peut arriver que l'on veuille sauvegarder un fichier sans avoir à effectuer un prétraitement; dans ce cas il faut immédiatement renommer les fichiers brutes .RAW et .HDR avant la réception de la prochaine image sinon ils seront effacés et remplacés par les nouveaux fichiers. Dans la définition du nom d'un fichier nous avons adopté une forme permettant de les classer par ordre chronologique et par type; ainsi un nom aura la forme suivante:

- le premier caractère indiquera le type de format (A, B ou X). Il est obtenu en décodant l'octet 13 (Format Indicator) du "Label" contenu dans le "Header"

- le deuxième caractère (ou troisième et quatrième caractères selon Contenu spectral du fichier): V, I, W, IVH, IV, IW, IVW. Il est obtenu en décodant les octets 14 à 17 du "Label".

Enfin les deux derniers caractères représentent le n° de Slot (1 à 48) indiquant l'heure à laquelle l'image a été enregistrée par le satellite, information obtenue à partir du champ d'Identification du Header. Les fichiers bruts auront ainsi des noms du genre:

AI2 . RAW	AI2 . HDR
AIVH17 . RAW	AIVH17 . HDR
BIVW36 . RAW	BIVW36 . HDR

Cette nomination des fichiers est conforme à l'appellation donnée dans les SCHEDULE fournies par EUMETSAT et le programme effectuant ce changement de noms à partir des informations extraites du header doit être le premier lancé après l'acquisition par NEXT si aucun prétraitement n'est prévu.

6. Découpage des fichiers

Les fichiers découpés à partir des fichiers extraits du fichier RAW seront sauvegardés dans des sous répertoires portant le nom des zones de découpages en question et ce nom doit donc comporter moins de 8 caractères. Les fichiers découpés seront nommés en fonction de leur contenu, de leur slot, de leur date, l'extension définissant le découpage de la façon suivante:

NOM

1er caractère : Type de format d'origine A, B ou X
 2ème caractère: Contenu spectral V, I, ou W
 3ème et 4ème caractères: N° de Slot
 5ème et 6ème caractères: Jour du mois d'acquisition
 7ème et 8ème caractères: Mois d'acquisition

Ce codage du nom ne permet pas d'en déduire l'année d'acquisition mais elle se trouve de toute façon dans le directory. (si on n'a pas attendu un an pour créer le fichier découpé!)

EXTENSION

Les extensions données aux découpages seront, pour les découpages par défaut définis ci-dessus obtenues en concaténant la seconde lettre et la dernière du nom du découpage:

EPSAT	----->	.EPS	Exemple:
AV210902		.EPS	
CRO	----->	.CRO	Exemple:
AI100902		.CRO	
SAHARA	----->	.SAH	Exemple:
AI120604		.SAH	

7. Renversement

Pour renverser le fichier METSAT.RAW, on le découpe en plusieurs tronçons de taille identique qui sont transférés dans un fichier temporaire TEMPO créé sur le disque virtuel. L'une des premières tâches du module de renversement est de vérifier qu'un disque virtuel existe, sinon il affiche un message d'erreur et se termine. L'utilisation du disque virtuel permet des accès ultra-rapides aux fichiers, en lecture comme en écriture.

Pour transférer les données du disque dur (METSAT.RAW) vers le disque virtuel (TEMPO) on a trouvé expérimentalement que la lecture de blocs de 16384 octets (32 secteurs) donnait la plus grande vitesse de

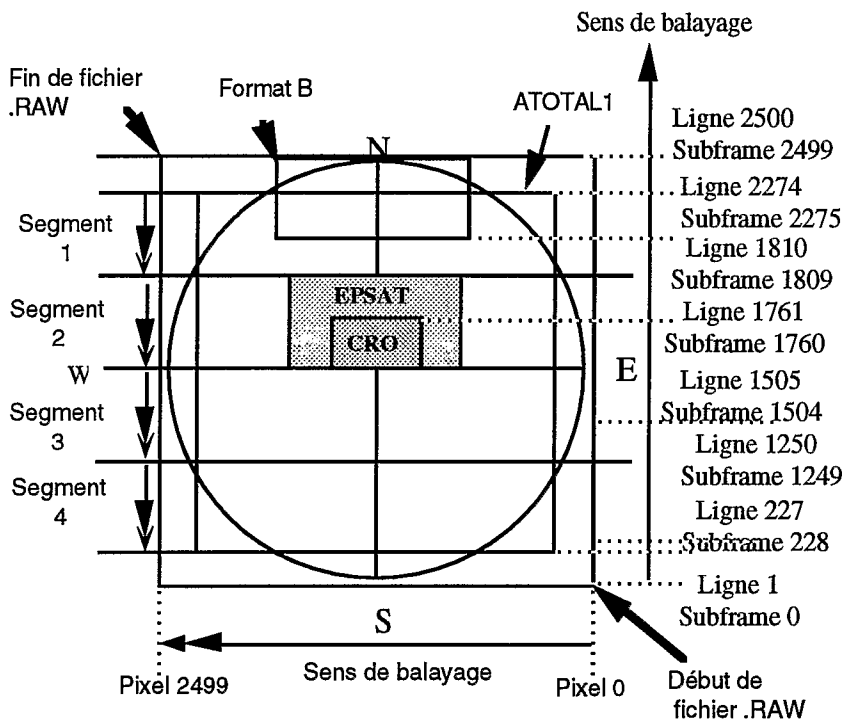
transfert.

Le renversement se fait en lisant subframe par subframe (2912 octets pour un format A) le fichier TEMPO, en découpant en frames de 364 octets chacun de ces subframes, en extrayant les données utiles de chacun des frames et en les concaténant pour reconstituer une ligne (ou une demi-ligne) de 2500 octets. Cette ligne est alors retournée (Ce module, écrit en assembleur, est donné plus loin), si la ligne appartient à une zone de découpage prévu elle est réduite à la taille utile et sauvegardée en l'ajoutant au fichier temporaire correspondant à ce découpage.

La taille du disque virtuel étant limitée par la mémoire disponible, et compte tenu de la présence simultanée sur ce disque des divers fichiers temporaires créés, le transfert de l'image brute de xxxxxx.RAW vers TEMPO se fera en plusieurs segments.

Par exemple, pour extraire un découpage de 2048 lignes de 2048 pixels d'une image AI issue d'un fichier AIxxxxxx.RAW de 2500 subframes de 2912 octets (7 280 000 octets) on transférera l'image brute en 4 segments successifs de 512 subframes écrits dans TEMPO (512x2912=1490944 octets).

Le schéma ci-après résume pour un format AI ou AW les différentes données nécessaires à l'extraction de EPSAT et CRO



8. Traitement des subframes (SF)

Les subframes bruts (RAWSUBFRAME\$) sont extraits du fichier .RAW sous forme de chaînes de caractères de 2912 ou 1456 octets. En fonction de la zone de découpage on détermine quel est le n° du premier et du dernier subframe à extraire. On commence à lire le fichier .RAW par la fin pour procéder au renversement de l'image: le premier SubFrame à lire portera le n° maximum (SUBMAX) et le dernier SubFrame lu portera le n° minimum (SUBMIN).

Si des subframes manquent dans le fichier .RAW, il sera plus court que prévu et par différence avec sa taille théorique on déterminera le nombre de SubFrame manquants. Dans ce cas, si on commence à lire le fichier .RAW à partir de la position théoriquement occupée par le SubFrame n° SUBMAX, le premier SubFrame lu peut porter un n° supérieur à SUBMAX: il faut alors passer au SubFrame suivant de n° inférieur, jusqu'à ce qu'on trouve le SubFrame n° SUBMAX. Chaque subframe lu doit être vérifié car il arrive que des SubFrames entiers ou des frames à l'intérieur d'un SubFrame manquent dans une image .RAW: dans ce cas il faut que les découpages extraits comportent néanmoins le nombre de lignes et de pixels corrects, les frames et subframes défectueux seront remplacés par un ensemble de pixels de valeur FF (255), une valeur peu probable dans un fichier normal qui indiquera visuellement qu'il s'agit d'une partie manquante. Pour détecter les frames défectueux, on compare les 3 premiers octets de chaque frame aux octets de synchro (050CDF): toute différence entraînera le remplacement du frame par 364 octets de "FF". Pour détecter les SubFrames manquants, on lit dans la partie label du premier frame de chaque subFrame le n° de SubFrame: si le SubFrame précédent portait le n° K, le SF lu suivant doit porter le n° K-1: si son n° est plus petit que K-1 c'est qu'il manque des subFrames après le SubFrame K. Dans l'exemple de la figure ci-après, après avoir lu le SF n° 1830, on s'attend à trouver le 1829 mais on rencontre le SubFrame n°1827: il y a donc $1829 - 1827 = 2$ SubFrames manquants qu'on remplacera par 2912 (format A) ou 1456 (format B) octets de FF et qu'on considérera comme les SubFrames 1829 et 1828.

Dans le cas où on ne peut lire le frame n°1 d'un SubFrame parce qu'il était défectueux, tout le SubFrame est remplacé par des FF et on considère qu'il a comme n° celui du SubFrame précédent - 1. A partir des frames constituant le RAWSUBFRAME\$, on doit construire des lignes (ou des 1/2 lignes) en concaténant les données extraites: 2500 octets extraits des 8 frames pour un format A, 1250 octets extraits des 4 frames pour un format B ou X.

9. Transferts de fichiers

Nous avons testé la vitesse de transfert d'un fichier du disque dur (SCSI) vers le disque virtuel en fonction du nombre d'octets transférés. En QuickBasic, la procédure de test consiste à ouvrir deux fichiers l'un sur le disque dur, l'autre sur le disque virtuel, à créer une chaîne de caractère de longueur fixe (TAMPON\$), à transférer dans cette chaîne de caractères les

octets lus sur le disque dur avec un "GET" et à les écrire dans le disque virtuel avec un "PUT".

La vitesse d'écriture sur le disque virtuel étant beaucoup plus grande que celle de lecture sur le disque dur, les temps obtenus peuvent être considérés comme dus au disque dur seul. Un transfert de disque dur à disque dur donnerait donc des temps doublés. Les tailles de tampon prises sont des multiples de 512 octets, taille d'un secteur sur les disques

```
TailleTampon% = 2048
TAMPON$=STRING (TailleTampon%, " ")
OPEN FICHER1 FOR BINARY AS 1
OPEN FICHER2 FOR BINARY AS 2
DEBUT = TIMER
FOR X& = 1 TO LongueurFichier& STEP TailleTampon%
  GET 1, X&, TAMPON$
  PUT 2, X&, TAMPON$
NEXT X&
FIN = TIMER
PRINT "Durée transfert ="; FIN - DEBUT; " secondes"
```

Avec un fichier test de 14 560 000 octets dont on transfère 3 072 000 (3000 Ko) vers le disque virtuel et des tailles de tampons allant de 64 octets à 32 256 octets nous avons mesuré les temps de transfert suivants:

Taille tampon (octets)	Durée transfert (secondes)	Vitesse transfert (Koctets/sec)
64	56	53,5
128	42	71,4
256	33	90,9
512	29	103,5
1024	15	200
2048	8,6	348,8
4096	5,4	555,5
8192	3,7	810,8
16384	3,2	937,5
32256	3,2	937,5

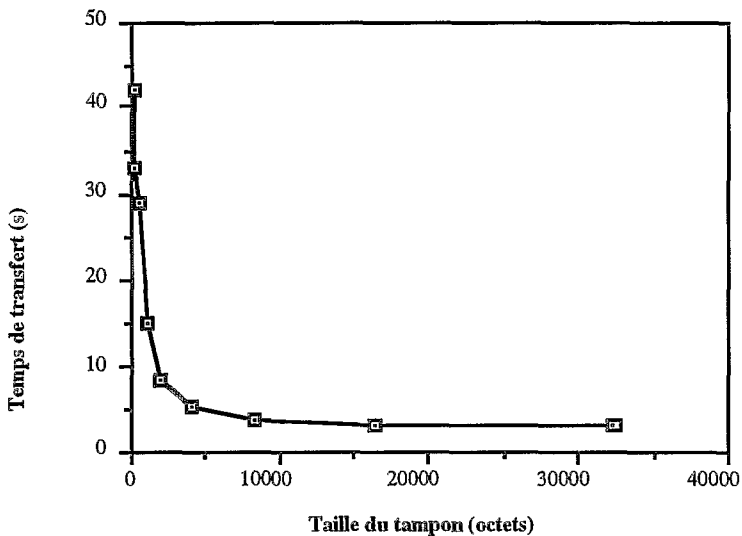
Pour des transferts de données moins longues, les temps sont les suivants:

Longueur transférée (Koctets)	Durée transfert (secondes)	Vitesse transfert (Koctets/sec)
2992	3,2	935
2400	2,5	960
1600	1,7	941
800	0,9	888
400	0,45	888

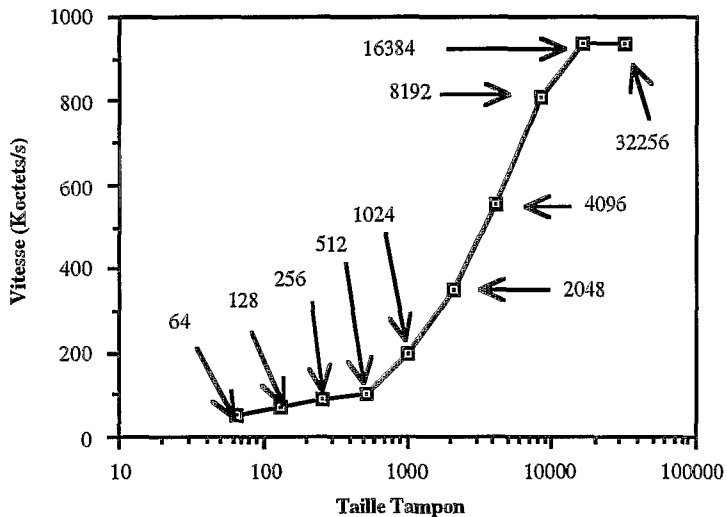
La vitesse est peu affectée par la taille du fichier transféré. Pour optimiser les vitesses de transfert, il est préférable que les fichiers transférés aient donc une taille multiple de 16384 octets (16 Ko): ceci est réalisé pour

les fichiers CRO (512x256) et EPSAT (1024x512).

Temps de transfert de Disque dur à Disque virtuel



Vitesse de transfert D.Dur-> D.Virtuel



10. Routines d' inversion en assembleur

Le codage en assembleur des portions de programmes les plus utilisées garantit une rapidité maximale: l'une des routines les plus utilisées est celle de retournement de la chaîne SUBFRAME\$ qui contient 2500 octets de données extraites d'un SubFrame complet qu'il faut retourner de bout en bout.

Nous avons mis au point 3 routines qui s'adressent respectivement aux PC équipés de 8086, 80286, 80386 ou 80486, mettant à profit la possibilité de transférer des mots, des doublesmots ou des quadruples mots.

La routine assembleur est chargée en mémoire sous forme d'une suite de caractères entrés comme DATA constituant une chaîne dénommée RENVERSE\$.

```
RENVERSE$ = STRING$(58,"")
DATA ...
DATA ...
DEF SEG = VARSEG (RENVERSE$)
RENVOffset% = SADD (RENVERSE$)
FOR I% = 0 TO 57:'s'il y a 57 octets de DATA
  READ J%
  POKE RENVOffset%+I%, J%
NEXT I%
```

La routine est appelée en QuickBasic en déterminant avant emploi Segment et Offset de cette routine et en passant le nom de la chaîne SUBFRAME\$ comme paramètre dans la pile. Après exécution, la routine RENVERSE restitue la chaîne SUBFRAME\$ retournée.

```
DEF SEG = VARSEG (RENVERSE$)
CALL ABSOLUTE (SUBFRAME$, SADD(RENVERSE$))
```

La routine pour 8086 est la suivante

```
DATA &H55          PUSH BP:' Sauvegarder BP dans la pile
DATA &H89,&HE5      MOV BP,SP:' Pointeur de pile dans BP
DATA &H8B,&H5E,&H06 MOV BX,[BP+6]:' Adresse du début
'                  du descripteur de
'                  chaîne -> BX
DATA &H8B,&H0F      MOV CX,[BX]:' Longueur
'                  de SUBFRAME$ (2 octets ) -> CX
DATA &H8B,&H77,&H02 MOV SI, [BX+2]:' Adresse du début
'                  de chaîne SUBFRAME$ -> SI
DATA &H87,&HF7      MOV DI,SI:' et dans DI
DATA &H01,&HCF      ADD DI,CX:'DI=DI+CX: DI contient
'                  l'adresse de fin de chaîne
DATA &H4F          DEC DI:'DI contient l'adresse
'                  du dernier octet de la chaîne
DATA &HD1,&HE9      SHR CX,1:'CX/2 -> CX
'                  Début de boucle LOOP
DATA &H8A,&H05      MOV AL,[DI]:'le dernier octet
'                  de la chaîne est mis dans AL
DATA &H86,&H04      XCHG AL,[SI]:'Permuter avec AL l'octet
'                  pointé par SI: dernier octet de chaîne
'                  :se trouve alors au début en SI,
'                  octet de début mis dans AL
DATA &H88,&H05      MOV [DI],AL:'l'octet de début dans AL
'                  est mis en fin de chaîne en DI
DATA &H4F          DEC DI:'on remonte d'un octet depuis
'                  la fin de chaîne
DATA &H46          INC SI:'on avance
'                  d'un octet dans la chaîne
```

```

DATA &HE2, &HF6      LOOP -10: 'on boucle 10
'                   octets en arriere:
'                   CX décrementé tant qu'il n'est
'                   : 'pas nul: permutation exécutée L/2
'                   fois (L=longueur de chaîne)
DATA &H5D            POP BP
DATA &HC2, &H02, &H00 RET 2

```

Si on dispose d'un microprocesseur 80286, on peut utiliser l'instruction qui échange un mot complet : on remplace alors la partie précédente en italique par les instructions suivantes:

```

DATA &H83, &HEF, &H02 SUB DI, 2: 'Amener DI un mot
'                   avant la fin
DATA &HC1, &HE9, &H02 SHR CX, 2: 'CX/4 -> CX : la boucle
'                   LOOP sera effectuée L/4 fois
'                   --> Début de boucle LOOP:
'                   (L=longueur de chaîne)
DATA &H8B, &H05      MOV AX, [DI]: 'les 2 derniers octets
'                   de la chaîne sont mis dans AX
DATA &H86, &HE0      XCHG AH, AL: 'échanger partie
'                   haute et basse de AX
DATA &H87, &H04      XCHG AX, [SI]: 'Permuter mot pointé
'                   par SI avec AX: les 2 derniers
'                   octets de chaîne passent au
'                   début en SI et les 2
'                   octets de début dans AX
DATA &H86, &HE0      XCHG AH, AL
DATA &H89, &H05      MOV [DI], AX: 'le mot de début
'                   dans AX est mis en fin
'                   de chaîne en DI
DATA &H83, &HEF, &H02 SUB DI, 2: 'on remonte de 2
'                   'octets depuis
'                   la fin de chaîne
DATA &H83, &HE6, &H02 ADD SI, 2: 'on avance de 2 octets
'                   dans la chaîne
DATA &HE2, &HF6      LOOP -16: 'on boucle 14 octets
'                   en arriere en décrementant CX
'                   tant qu'il : 'n'est pas nul

```

Si on dispose d'un microprocesseur 80386 ou 80486, on peut utiliser le registre 32 bits et l'instruction d'échange de doubles mots : on remplace alors la partie précédente en italique par les instructions suivantes:

```

DATA &H83, &HEF, &H04 SUB DI, 4: 'Amener DI un
'                   double mot avant la fin
DATA &HC1, &HE9, &H03 SHR CX, 3: 'CX/8 -> CX :
'                   la boucle LOOP sera
'                   effectuée L/8 fois
'                   --> Début de boucle
'                   LOOP: (L=longueur de chaîne)
DATA &H66, &H8B, &H05 MOV EAX, [DI]: 'les 2 derniers octets
'                   de la chaîne sont mis dans AX
DATA &H86, &HC4      XCHG AH, AL: 'échanger partie
'                   haute et basse de AX
DATA &H66, &HC1, &HC8, &H10 ROR EAX, 10h
'                   'Rotation sur 16bits du
'                   registre de 32 bits EAX
DATA &H86, &HC4      XCHG AH, AL: 'échanger partie haute
'                   et basse de AX
DATA &H66, &H87, &H04 XCHG EAX, [SI]: 'Permuter double mot
'                   pointé par SI avec AX: les 4 derniers
'                   octets de chaîne passent au
'                   début en SI,
'                   les 4 octets de début
'                   : 'dans EAX

```

```

DATA &H86, &HC4      XCHG AH,AL: 'échanger partie
'                   haute et basse de AX
DATA &H66, &HC1, &HC8, &H10 ROR EAX,10h
'                   Rotation sur 16bits du
'                   registre de 32 bits EAX
DATA &H86, &HC4      XCHG AH,AL: 'échanger partie
'                   haute et basse de AX
DATA &H66, &H89, &H05 MOV [DI],EAX: 'le double mot
'                   de début de EAX est mis en
'                   fin de
'                   chaîne en DI
DATA &H83, &HEF, &H04 SUB DI,4: 'on remonte de 4 octets
'                   depuis la fin de chaîne
DATA &H83, &HE6, &H04 ADD SI,4: 'on avance de 4 octets
'                   dans la chaîne
DATA &HE2, &HDF      LOOP -33: 'on boucle 33 octets
'                   en arrière en décrémentant CX tant
'                   qu'il n'est pas nul

```

Les routines assembleur qui constituent les boucles sont allongées quand on passe du 86 au 286 et au 386 mais le nombre de boucles effectuées est à chaque fois divisé par deux puisque lors d'un tour de boucle l'inversion se fait octet par octet pour le 8086, mot par mot pour le 80286 et double mot par double mot pour les 386 et 486. Pour inverser une chaîne de 2048 caractères, on exécutera donc respectivement 1024, 512 et 256 fois la boucle.

En comptant les cycles d'horloge nécessaires à chaque microprocesseur pour effectuer les instructions de la boucle et en multipliant par le nombre de fois où est exécutée la boucle, on peut évaluer les temps d'exécution respectifs:

Pour le 8086: 30 cycles d'horloge pour la boucle x 1024 = 30720 cycles

Pour le 80286: 33 cycles d'horloge pour la boucle x 512 = 16896 cycles

Pour le 80386: 47 cycles d'horloge pour la boucle x 256 = 12032 cycles

En utilisant le même microprocesseur 80386 à 33 Mhz avec les trois routines, on a mesuré en inversant 2048 fois de suite la même chaîne de 2048 caractères respectivement les temps suivants:

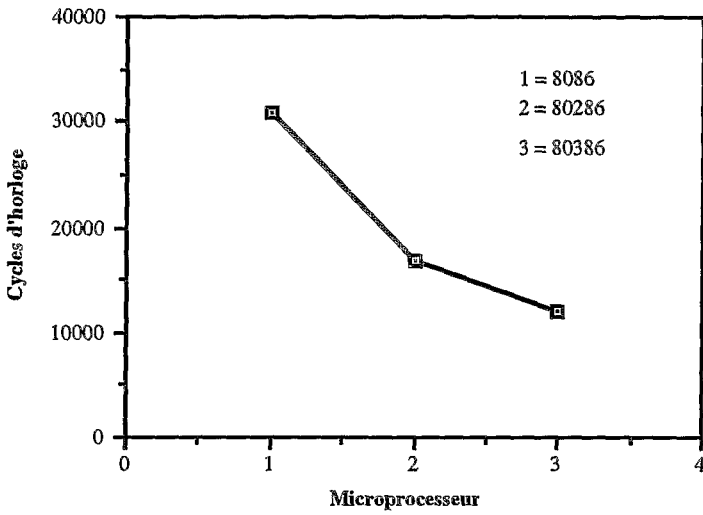
Routine avec jeu d'instruction 8086: 5,42 s,

Routine avec jeu d'instruction 80286: 3,78 s,

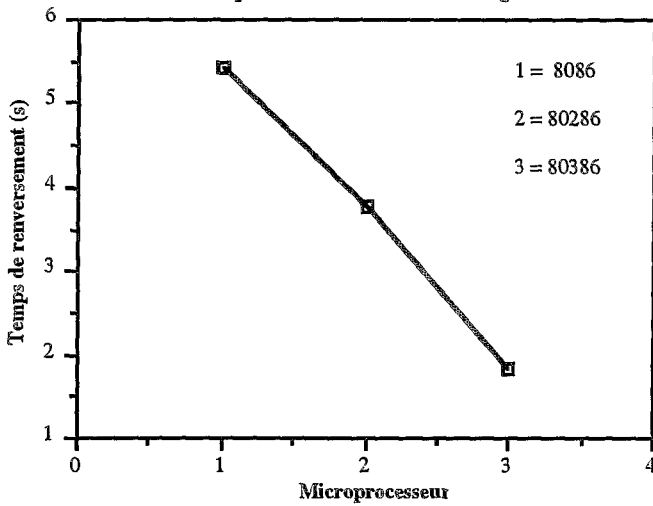
Routine avec jeu d'instruction 80386: 1,84 s.

Les temps obtenus vont bien en décroissant suivant un loi proche de la prévision théorique.

Durées théorique de renversement



Temps de renversement de 2048 lignes



11. Application: Mise au point d'un outil d'aide à la pêche

Malgré leur faible échelle d'intégration spatiale (2,5 km), les images Infra Rouge Thermique (IRT) permettent d'analyser, en l'absence de couverture nuageuse, le comportement thermique de vastes zones avec une

échelle de temps d'une demi-heure. Et dans le cadre du projet "aide à la pêche" initié par l'ORSTOM COTE D'IVOIRE et le Centre de Recherche Océanographique (CRO), une étude spatio-temporelle de la TSM le long de la côte ivoiro-ghanéenne est réalisée. En effet, en Afrique de l'ouest de nombreuses études ont montré que les ressources pélagiques côtières les plus importantes sont généralement situées dans des zones de résurgences d'eaux froides (*Upwelling*) [Roy, 1999]. Les *upwelling* se caractérisent par la formation d'un gradient de température entre la côte et le large, les eaux issues de la resurgente étant plus froides avec une forte teneur en éléments minéraux. Les mécanismes engendrant ce phénomène sont assez complexes: on notera par exemple l'action du vent de la cas des zones sénégalaises [J. Demarq].

En Côte d'Ivoire, des indices d'*upwelling* ont été élaborés à partir de mesures de TSM relevées sur des stations côtières (mesures in situ). Ces indices élaborés à partir de mesures locales ne prennent pas en compte l'aspect spatial du phénomène étudié et sont pour la plupart du temps calculés par rapport à un seuil thermique prédéterminé [Arfi et al 1991].

L'extension spatiale de la zone concernée par les remontées d'eau froide peut être mieux observée et quantifiée à partir des images IRT de METEOSAT [Browder and Turner, 1992]

11.1. Données utilisées

Les données utilisées dans le cadre de cette étude ont été acquises entre Janvier 93 et Septembre 93 et parallèlement nous disposons des données in situ relevées sur 5 stations le long de la côte ivoirienne. Cette étude a été menée sur cette période de l'année pour deux raisons principales:

- De Janvier à Mars c'est la saison sèche d'où la possibilité de disposer des images très peu contaminées par les perturbations atmosphériques. C'est au cours de cette période qu'on observe le petit *upwelling*.

- De Juillet à Août c'est le grand *upwelling*. Il faut donc détecter ce phénomène à temps pour avertir les pêcheurs de l'installation de l'eau froide le long de la côte Ghana - Côte d'Ivoire.

L'*upwelling* Ivoirio-Ghanéen est unique car les causes de la résurgente sont très peu influencées par les forces de coriolis.

11.2. Traitements effectués

La zone de découpage choisie a été définie plus haut: zone CRO; les différents traitements effectués sur les images du canal IRT de cette zone sont:

- Calibration des données images à partir des coefficients de calibration contenus dans les fichiers METSAT.HDR.

- Conversion des comptes numériques en radiance puis en température grâce à une table fournie par l'ESOC.

- Une synthèse par maximum de température est effectuée sur les 47 images IRT journalières.

- Une synthèse pentadaire par maximum de thermique est effectuée tous les 5 jours, la TSM étant considérée comme stable pendant cette période.

Le but de la synthèse pentadaire point par point est de minimiser l'absorption thermique car le signal marin capté par les détecteurs IRT est contaminé par les effets atmosphériques (nuages, vapeur d'eau, aérosols).

- L'image finale est masquée du continent. Le masque a été réalisé en utilisant l'image issue de la synthèse journalière du 12 Janvier 1993. En effet cette image présente un contraste très important entre la mer et le continent et le résultat de ce masque a été comparé à celui élaboré à partir d'une banque de données (coordonnées géographiques) des points de la côte africaine. Notre image n'étant pas géographiquement redressée, le masque obtenu à partir d'une image de référence semble meilleur.

11.3. Résultats

Sur l'ensemble des images reçues au cours de notre période d'étude, nous avons constaté que près de 46 % des images issues des synthèses journalières sont inexploitable à cause de la présence de nuages et ceci bien que nous soyons en saison sèche. La présence des nuage pouvant s'étendre sur plusieurs jours, nous avons utilisé les images pentadaires pour l'étude des résurgences d'eaux froides.

Le premier petit upwelling est apparu au cours de la deuxième pentade de Janvier 93. Les mesures de températures relevées le long de la côte en différents points au cours de cette même période ont montré qu'il y a eu effectivement une décroissance de la température de la surface marine (voir figure n° 1 donnée en annexe pour l' image correspondante); on remarquera sur cette image que les zones concernées par le refroidissement ne sont pas contigües et ce phénomène a coïncidé avec l'harmattan. Les observations des prochaines années nous permettront de comprendre s'il existe une relation entre la décroissance de la température et l'apparition de l'harmattan.

Le petit upwelling a eu lieu au mois de Mars (entre le 22 et le 25 mars), il était localisé sur la côte ouest de la Côte d'Ivoire entre Tabou et Grand Lahou sur à peu près 200 km le long de la côte (voir figure n° 2 en annexe pour l' image correspondante). Nous avons eu une confirmation de ce phénomène grâce aux relevées journalières de températures effectuées le long de la côte. Contrairement à la première observation les zones concernées par la deuxième sont contigües.

Le grand upwelling s'est installé le long de la côte ivoiro-ghanéenne à partir du mois de juillet et duré plus de deux mois.

Les premiers résultats de notre étude confirment bien l'intérêt de l'utilisation des données infra rouge dans l'analyse des températures des surfaces marines. L'analyse spatiale des ressources pélagiques à partir des données satellitaires devrait nous fournir des outils intéressants pour la compréhension des origines des phénomènes d'upwelling et ainsi apporter une aide considérable à la pêche dans notre zone d'étude.

12. Conclusion et perspective

Les programmes de prétraitement des données METEOSAT ont été écrits en QUICKBASIC et les programmes de traitements et d'exploitation des données image en PASCAL. Le choix du QUICKBASIC pour le prétraitement (renversement et découpage) s'explique par le fait que ce langage permet de considérer un bloc de données comme chaîne de caractères aussi longue que possible; ce choix nous a permis d'optimiser cette phase en temps.

Par ailleurs la gestion (traitement et l'exploitation) des images en tant que données doit être abordée avec des environnements aussi bien matériels que logiciels adaptés. Un langage rigoureux comme le PASCAL nous permet actuellement de réaliser des logiciels performant avec beaucoup de facilité au niveau de la maintenance.

Aussi, les plus gros problèmes, dans ce genre de travail sont l'archivage des images et la durée de vie de l'ordinateur dédié à l'acquisition.

Notre souhait est d'avoir dans notre laboratoire un atelier logiciel intégrant des outils efficaces (tant matériels que logiciels) nous permettant de réaliser des logiciels plus fiables avec beaucoup plus de rapidité.

Aussi l'exploitation des données METEOSAT dans le domaine de la météorologie nous pose actuellement beaucoup de problème car nous manquons de modèle nous permettant des faire des calculs.

13. Caractéristiques techniques des Micro-Ordinateurs

Le micro-ordinateur d'acquisition des images METEOSAT est équipé d'un 80386 à 33 Mhz, sa mémoire vive extensible à 32 Moctets en utilisant des barettes de 1 Mo, est actuellement de 8Mo.

Son disque dur est une unité SCSI de 150 Mo de marque MICROPOLIS connecté à une carte Host SCSI ADAPTEC 1542 HA.

Il est équipé d'une carte video SuperVGA TSENG Labs utilisant le chip ET4000 TsengLabs et de 1 Mo de mémoire permettant des résolutions allant jusqu'à 1024x768 en 256 couleurs

Les tests effectués à l'aide du programme CHECKIT donnent les résultats suivants:

Vitesse CPU : 32,88 Mhz

Vitesse calcul: 8956 Dhrystones, 168,2 KWhetstone

Vitesse affichage : 19060 caractères/s

Temps d'accès disque : 8 ms de piste à piste et 17,1 ms de temps d'accès moyen

Vitesse transfert disque : 477,1 Ko/s

Des tests effectués à l'aide du programme NORTON CALIBRATE donnent les résultats suivants pour le disque :

Temps d'accès disque : 5,61 ms de piste à piste et 14,8 ms de temps d'accès moyen

Vitesse transfert disque : 798 Ko/s

La diversité de ce résultats laisse à penser que les procédures de test sont différentes- en particulier les différentes vitesses de transfert obtenues dans les deux tests reflètent certainement des longueurs de blocs de données

différentes- en particulier les différentes vitesses de transfert obtenues dans les deux tests reflètent certainement des longueurs de blocs de données transférés différent.

Références bibliographiques

G. C . Bridge. Status of Meteosat Operational Programme. 9th Meteosat Scientific user's meeting. Locarno, Switzerland 15th-18th September 1992.

L. Bakst, N. Fedorova. On special software for operational analysis and short-term forecasts of some weather phenomena. 9th Meteosat Scientific user's meeting. Locarno, Switzerland 15th-18th September 1992.

V. Levizzani, F. Pocu and F. Pordi. STAPIX: Meteosat Image processin for precipitation studies. 9th Meteosat Scientific user's meeting. Locarno, Switzerland 15th-18th September 1992.

Arfi R., O. Pezennec, S. Cissoko et M.A. Mensah (1991). Variations spatiale et temporelle de la résurgence ivoiro-ghanéenne. dans: Pêcheries ouest-africaines. Variabilité, instabilité et changement.

P. Cury et C. Roy, éditeurs. ORSTOM, Paris, 162-172.

Barton I. J. (1991). Satellite derived sea surface temperatures. A comparaison between operational, theoretical and experimental algorithms. Journal of applied meteorology, 1991, volume 31, 433-441.

Colin C. (1988) Coastal upwelling events in front of Ivory Coast during the Focal program. Oceanologica acta, 10, 125-138.

Demarcq H. et Citeau J. (1986). Restitution de la température de la surface de la mer à la résolution météosat par intégration des données exogènes. ORSTOM, télédétection 12, 1986, 67-71.

Pezennec O. (1990). Etude des upwellings ivoiro-ghanéens par l'intermédiaire des images IRT du satellite météosat. Rapport de mission à l'UTIS Dakar, Juillet 1990.