

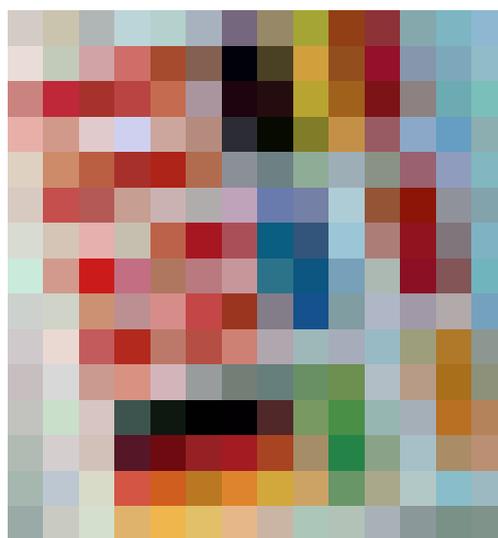
1 Qu'est-ce qu'une image ?

Partons du visuel de l'UE 2014...



... zoomons un peu sur la fusée...

... et zoomons sur les drapeaux :



Nous sommes arrivés au niveau atomique de l'image : les pixels (ces gros carrés de couleur unie). Toutes les images numériques (à un abus de langage près) sont composées de ces pixels.

A l'œil nu quand on regarde notre écran d'ordinateur, impossible de distinguer les différents pixels. Et pourtant, ils sont bien là quand on zoome une image avec un logiciel : ces petits carrés uniformes qui, mis bout à bout, forment les images numériques.

Nous avons dit que le pixel était à l'image ce que l'atome était à la matière. Et effectivement, il y a encore un niveau en-dessous : un pixel est codé par sa couleur. Nous n'allons pas passer en revue toutes les possibilités selon les encodages possibles, mais nous allons nous intéresser à un codage basique, à l'aide des trois couleurs primaires rouge / vert / bleu (codage RGB en anglais). On travaillera donc en synthèse additive, contrairement aux imprimantes classiques par exemple qui travaillent en synthèse soustractive (avec comme couleurs primaires cyan / magenta / jaune).

Chaque couleur est codée par sa quantité de rouge, de vert et de bleu. Si on ne met ni rouge, ni vert, ni bleu on obtient le noir (c'est une synthèse additive, donc si on n'a mis aucune couleur primaire, eh bien c'est le noir!), et si on met un maximum de rouge, un maximum de vert et un maximum de bleu on obtient le blanc.

Nous venons de voir le codage en base 2. Pour des images « classiques », les quantités des trois couleurs de bases sont des nombres variant entre 0 et 255. Effectivement ces nombres permettent de tenir sur 8 bits ($255 = 1111\ 1111_{(2)}$) donc un octet pour ceux qui ont suivi la compétence précédente. Ainsi un pixel utilise 3 octets, et cela permet donc d'obtenir une taille « raisonnable » pour une photographie numérique. Prenons un modèle d'appareil photographique récent à 20 millions de pixels (et coûtant environ 1 000 €). Une photographie prend donc 60 mégaoctets pour conserver toutes les informations de l'acquisition d'image. Heureusement, des algorithmes de compression existent (le format .jpg par exemple, pour *Joint Photographic Experts Group*, permet de compresser les images, avec ou sans perte d'information) : on aboutit alors à des images numériques de l'ordre de 5 à 10 mégaoctets.

Pour se donner une idée de ce que donne ce codage, voici l'image des drapeaux de la fusée du visuel (14 pixels de large par 15 de hauteur), avec le codage en rouge / vert / bleu associé (valeurs de 0 à 255).

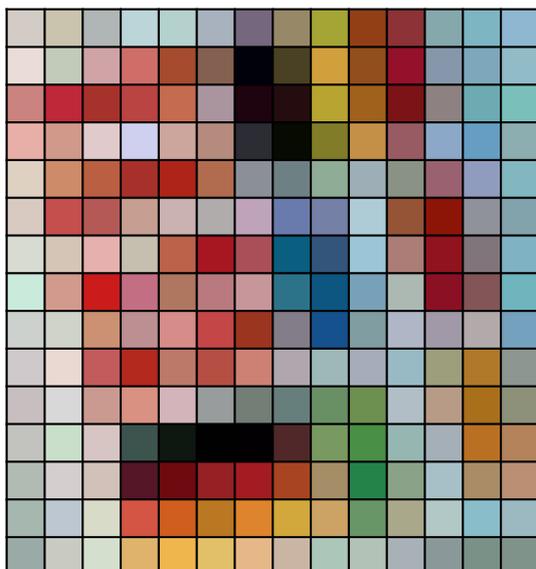


Image de base

211	202	176	188	180	168	117	151	165	146	141	133	125	142
234	194	208	207	166	132	0	74	209	146	149	134	125	145
202	191	167	186	197	170	30	37	184	160	124	141	108	122
232	209	224	207	204	181	44	6	129	196	152	139	102	140
222	205	186	167	174	177	139	109	143	157	138	154	143	130
216	197	180	198	202	176	191	105	116	174	149	141	143	130
216	213	230	198	188	167	170	10	51	155	172	145	128	127
202	210	203	195	175	184	199	44	13	119	172	139	131	112
204	208	204	188	214	196	155	131	21	128	175	161	178	116
207	234	195	179	188	181	205	176	158	166	152	157	176	140
199	216	202	217	211	152	115	102	105	109	177	183	169	141
194	201	215	61	14	0	3	80	120	73	150	165	185	180
177	212	210	85	110	149	163	168	165	36	138	167	170	187
166	189	216	212	208	186	222	210	204	104	169	178	137	156
154	201	212	223	239	226	230	202	172	178	168	138	122	127

Valeurs de la couche « Rouge »

204	196	182	213	209	178	103	136	165	63	50	168	181	184
221	203	163	110	75	96	1	65	159	78	16	151	168	187
131	40	50	68	107	149	4	12	164	97	19	129	171	191
175	153	202	208	166	139	44	10	124	144	91	168	158	174
209	139	95	48	36	108	143	128	172	174	146	97	156	183
202	79	89	158	178	172	163	123	128	204	84	21	146	163
219	197	176	191	98	23	79	94	85	198	125	19	117	178
234	154	27	110	119	122	150	115	86	161	185	16	85	180
209	211	145	143	140	70	53	125	81	157	182	153	169	161
201	217	91	41	121	79	129	166	184	172	186	158	121	151
190	216	154	145	180	156	126	127	144	144	190	155	111	145
195	223	197	84	24	1	0	40	153	143	182	175	112	131
187	206	193	22	11	33	28	68	141	132	162	192	140	143
183	199	219	85	94	120	132	168	163	150	168	200	189	185
170	202	223	179	182	192	184	181	198	194	177	152	145	147

Valeurs de la couche « Vert »

198	174	182	217	205	190	126	103	53	21	55	172	194	209
215	186	166	104	46	80	11	36	60	29	43	171	187	199
127	57	43	66	80	158	15	15	49	28	23	129	178	186
168	138	204	239	157	125	52	0	40	71	99	200	195	176
193	105	66	42	25	79	152	132	150	182	133	112	190	191
193	77	86	146	178	171	186	173	166	214	54	7	155	172
210	182	174	175	74	33	88	128	123	215	119	31	123	195
219	141	27	131	96	127	154	137	129	185	178	36	87	189
205	200	115	146	137	71	31	137	141	161	198	168	170	190
203	210	92	30	105	67	116	174	185	186	196	124	41	145
191	216	144	130	186	157	118	124	100	80	198	134	27	122
190	202	195	78	16	0	4	41	96	70	177	184	35	91
179	206	185	39	16	36	34	34	103	71	136	199	102	116
175	209	200	68	31	34	44	60	101	103	138	198	202	193
167	194	206	108	77	103	135	164	185	183	182	153	135	138

Valeurs de la couche « Bleu »

2 Les images PLEIADES

Pour les images PLEIADES, il en va autrement. L'acquisition se fait par des lignes photosensibles, sur deux barrettes :

- une barrette récupère une image « en noir et blanc », c'est-à-dire qu'elle récupère la luminance de la presque totalité du visible (sauf le violet) et d'une partie du très proche infrarouge (470 - 840 nm) : on l'appelle panchromatique.
- une barrette récupère quatre images, une par couleur, en récupérant la luminance issue dans le bleu (440 - 540 nm), le vert (500 - 600 nm), le rouge (610 - 710 nm) et le proche infrarouge (760 - 910 nm).

Une image PLEIADES est un carré qui mesure à peu près 20 km de côté à la verticale du satellite (direction que l'on appelle le nadir). Chaque petit carré de la barrette panchromatique récupère l'information d'un petit carré sur la terre de 70 cm de côté. On obtient alors une image d'environ 29 000 x 29 000 pixels, soit 800 millions de pixels. On a vu précédemment que chaque pixel était encodé sur 12 bits, donc cela donne une image d'un peu plus d'1 gigaoctet. Si on compte les 4 bits nécessaires à la correction d'erreurs éventuelles dues à la transmission, cela donne une place dans la mémoire du satellite de 1,8 gigaoctet.

Pour l'image multispectrale (comprenant les données bleu / vert / rouge / proche infrarouge), l'information est récupérée non pas pour des petits carrés de 70 cm de côté, mais pour des carrés de 2,8 m de côté, et cela pour deux raisons principales :

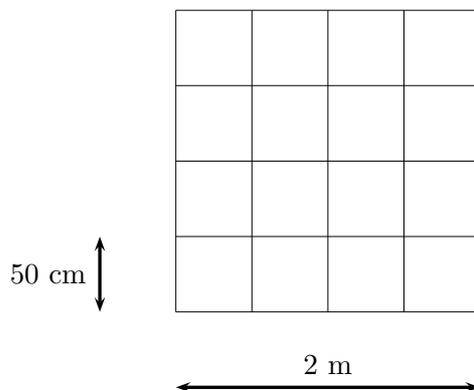
- une raison physique : chacune des quatre bandes passantes est trop faible, et donc ça fait trop de bruit à l'acquisition
- une raison informatique : la taille mémoire exploserait ! Il est difficile techniquement d'utiliser 4 x 1,8 gigaoctets supplémentaires pour avoir les informations de couleur.

Ainsi on a une image de 7 000 x 7 000 pixels, soit environ 50 millions de pixels. Puisqu'on a quatre données de couleur, et que pour chaque pixel une couleur nécessite 2 octets dans le satellite, l'image multispectrale a donc une taille d'environ 450 mégaoctets.

En fait cette image brute n'est pas disponible pour l'utilisateur final, sauf pour les applications de la défense nationale, qui souhaite les images les plus brutes possibles. Les images disponibles pour les autres utilisateurs, après de nombreuses corrections de divers défauts (attitude du satellite, bruits électroniques des capteurs, perturbation atmosphériques. . .) sont rééchantillonnées par une chaîne complexe de traitement d'images, pour que chaque pixel de l'image panchromatique corresponde à un petit carré de 50 cm au sol, dans lequel sont réinjectées les informations de quatre canaux de couleur. Au final on dispose d'une image avec quatre bandes spectrales rééchantillonnées à 50 cm et qui pèse 18 gigaoctets.

Comment se fait-il qu'une image panchromatique de 1,8 gigaoctet fusionnée avec une image multispectrale de 450 mégaoctets fournisse une image de 18 gigaoctets ? Voici les deux raisons principales :

- l'algorithme de rééchantillonnage augmente la résolution de l'image (on passe de 1 pixel par petit carré de 70 cm de côté à 1 pixel par petit carré de 50 cm de côté)
- la réinjection des informations de couleur dans l'image panchromatique multiplie par un facteur 16 la taille de l'image multispectrale. Effectivement dans un carré de 2 m de côté, on peut mettre 16 petits carrés de 50 cm de côté :



Sur un exemple concret, voici ce que cela donne :



Panchromatique



Multispectrale



Panchromatique + Multispectrale