

Traitements d'images et logiciel libre

Deuxième Journée Méditerranéenne des Logiciels Libres

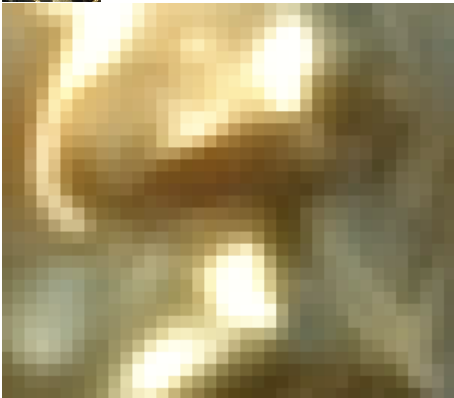
Olivier Lecarme

École Polytechnique Universitaire

Samedi 6 mai 2006



Discrétisation



- une image est toujours *discrétisée* :
 - formée de **petites taches très voisines**
 - assez **petites** et assez **proches** pour qu'on ne les **distingue pas** les unes des autres

Exemples

- cas principaux :
 - dans le **fond de l'œil** , avec les **cellules de la vision**
 - sur un **papier photographique**, avec les **grains de sel d'argent**
 - sur un **document imprimé**, avec les **grains de carbone** d'une imprimante à laser ou les **taches d'encre** d'une imprimante à jet d'encre
 - sur un **écran d'ordinateur**, avec les **pixels** de la surface de l'écran
- la **couleur** elle-même est **souvent discrétisée** :
 - mélange de **couleurs de base**
 - les **proportions du mélange** déterminent quelle est la couleur

Autres mélanges de couleurs

- sur un **document imprimé** :
 - **trois encres** (ou plus) de couleurs distinctes
 - les couleurs intermédiaires sont obtenues par **mélange** (juxtaposition)
- sur une **photographie en couleurs** :
 - **trois couches** colorées superposées
 - mélange par **superposition**
- sur un **écran d'ordinateur** :
 - chaque pixel est **triple**
 - chacun émet dans l'une de **trois couleurs**
 - mélange par **superposition**

Numérisation

- pour **traiter une image sur ordinateur** il faut la **numériser** :
 - on découpe l'image en **pixels**
 - on décrit **chaque pixel** par :
 - **un nombre** (niveaux de gris)
 - **trois nombres** (couleurs)
 - les nombres sont en général dans l'**intervalle de 0 à 255** (un octet)

Encombrement de la numérisation

- soit une image de 1024×768 pixels = 786 432 pixels
- en **niveaux de gris** (image monochrome) :
 - on représente chaque pixel par **un octet**
 - 0 représente le **noir pur**, 255 le **blanc pur**
 - l'image occupe 768 K octets (puisque $K = 1024$)
- en **couleurs** :
 - il faut **trois octets** par pixel
 - l'encombrement est donc de 2,3 M octets

Rôle de la définition

- avec un bon **écran** actuel :
 - la **définition** est de 100 pixels par pouce (environ 40 pixels par cm)
 - pour un écran de 34×27 cm (17 pouces de diagonale)
 - l'image précédente occupe donc **tout l'écran**
- sur une **imprimante à laser** normale :
 - la **définition** est de 600 pixels par pouce (environ 240 pixels par cm)
 - la **même image** ne fait plus que $4,6 \times 3,2$ cm
- **le rôle de la définition est donc fondamental**

Quelques codages existants

- **GIF** :
 - codage déjà **ancien**, très répandu
 - compression par **indexage** puis **algorithme LZW**
 - l'indexage limite énormément le **nombre de couleurs**
 - l'algorithme LZW a posé jusqu'à récemment des **problèmes de brevet**
 - la **transparence** n'est gérée que par tout ou rien
- **JFIF**, plus connu sous le nom de **Jpeg** :
 - autre codage **très répandu**
 - compression par **interpolation**
 - pas de limites sur le **nombre de couleurs**
 - pas de problème d'**algorithme breveté**
 - inadapté aux **images géométriques**

Un codage moins connu

- PNG :
 - codage plus récent pour **supprimer les inconvénients de GIF**
 - **indexage** débrayable
 - **compression** non brevetée et plus efficace
 - **transparence** progressive
 - bon **entrelacement** (apparition progressive pendant le chargement)
 - bien traité par **tous les navigateurs** sauf IE

Choix du codage

- pour une image **construite artificiellement** :
 - à-plats, lignes droites, caractères
 - choisir **GIF** pour une **animation**
 - choisir **PNG** dans **tous les autres cas**
 - bien choisir la **palette**
- pour une **photographie** :
 - dans les **cas ordinaires**, choisir **Jpeg**
 - s'il y a du **texte** en plus, choisir **PNG**
 - augmenter la qualité au-delà de 85 % est inutile
 - ne pas **convertir plusieurs fois** en Jpeg

Couleur d'un corps

- la couleur d'un corps peut être déterminée de deux manières :
 - par diffusion :
 - les fréquences réfléchies sont les seules visibles
 - les autres sont absorbées
 - un morceau de craie réfléchit toutes les fréquences, il est blanc
 - un brin d'herbe absorbe le rouge et le bleu, il est vert
 - par absorption :
 - les fréquences absorbées sont invisibles
 - celles qui traversent le corps sont visibles
 - le verre absorbe moins le vert que les autres couleurs, il est vert sous une grande épaisseur

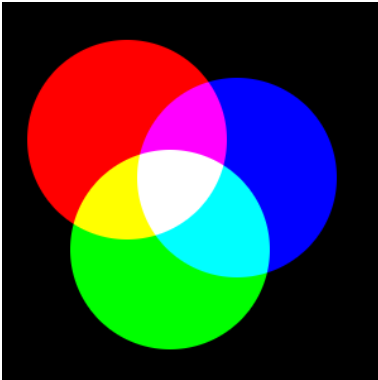
Modèles de représentation des couleurs

- un **écran d'ordinateur** fabrique de la lumière, et produit donc des fréquences
- les couleurs produites le sont par **addition** de couleurs élémentaires
- l'encre déposée sur le papier d'une **imprimante** absorbe certaines fréquences
- les couleurs produites le sont par **soustraction** de couleurs élémentaires

La méthode additive

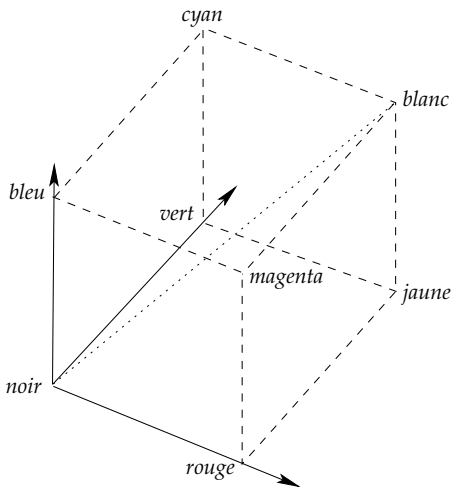
- c'est le *modèle RGB*, utilisé par l'écran d'ordinateur
- les pixels de l'écran sont **triples** et émettent dans les **trois couleurs rouge, vert et bleu**
- on règle l'**intensité du faisceau** envoyé sur le pixel pour déterminer l'**intensité de chaque couleur**
- si elle est **égale pour chaque couleur** :
 - **maximale**, on obtient du **blanc**
 - **nulle**, du **noir**
 - **intermédiaire**, du **gris**
- en **réduisant** également dans chaque couleur on **assombrit**

Couleurs fondamentales



- en supprimant une des couleurs de base on obtient la **couleur complémentaire** par **addition des deux autres** :
 - rouge + vert = jaune
 - rouge + bleu = magenta (pourpre)
 - vert + bleu = cyan (bleu vert)

Le cube RGB



- les trois **valeurs RGB** sont les **coordonnées** d'un point dans le **cube des couleurs**
- la diagonale entre noir et blanc est la **diagonale des gris**
- chaque sommet est **opposé à sa couleur complémentaire**

Exemple



initial



rouge



vert



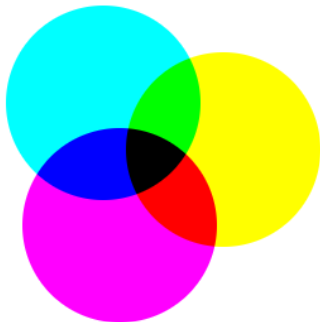
bleu

le portrait ci-contre est
décomposé dans ses trois
canaux fondamentaux du
modèle RGB

La méthode soustractive

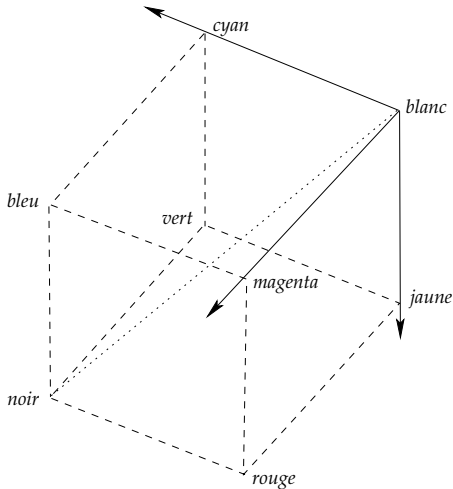
- c'est le *modèle CMY*, conforme à ce que fait une boîte de peinture
- chaque couleur fondamentale **supprime des fréquences**
- si on met les **trois couleurs fondamentales au maximum**, on obtient du **noir**
- l'**absence de couleur** est du **blanc**
- en **réduisant** également dans les trois couleurs fondamentales on **délave** la couleur

Couleurs fondamentales



- en supprimant une des couleurs de base on obtient la **couleur complémentaire** par **addition des deux autres** :
 - cyan + magenta = bleu
 - cyan + jaune = vert
 - magenta + jaune = rouge

Relation avec le modèle RGB



- le **cube CMY** est le **complémentaire du cube RGB**
- les valeurs dans ce modèle sont le **complément à 256** des valeurs dans le modèle RGB

Exemple



initial



cyan



magenta



jaune

le portrait ci-contre est
décomposé dans ses trois
canaux fondamentaux du
modèle CMY

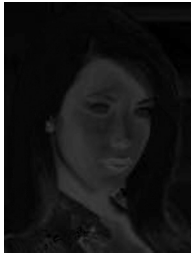
Le modèle CMYK

- en imprimerie on peut **juxtaposer des taches d'encre** très petites si les encres ne sont **pas transparentes**
- l'œil reconstruit la couleur
- pour **économiser les encres de couleur** on utilise plutôt le **modèle CMYK** :
 - la quantité K représente le **noir**
 - **$K = \text{minimum}(C, M, Y)$**
 - C est remplacé par **$C-K$**
 - M est remplacé par **$M-K$**
 - Y est remplacé par **$Y-K$**
- l'**intensité** est le **diamètre** de la tache de couleur

Exemple



cyan



magenta



jaune



noir

le portrait déjà vu est
décomposé dans ses quatre
canaux du *modèle* CMYK

Un modèle plus intuitif

- aucun des modèles précédents n'est **très intuitif**
- en particulier, on a de la peine à apprécier la **pureté** d'une couleur ou son **intensité**
- d'autre part, la **teinte** n'est pas non plus directement apparente dans les coordonnées RGB ou CMY
- le **modèle HSV** n'offre pas de **corrélation simple** avec les deux autres modèles
- le modèle RGB restera la **représentation interne** toujours utilisée

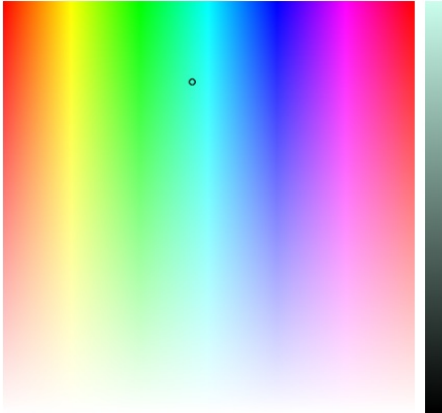
Les valeurs du modèle HSV : H

- la **teinte** H (*hue* en anglais) :
 - valeur angulaire** en degrés sur un cercle
 - rouge = 0°
 - l'angle augmente en même temps que la fréquence** (donc que la longueur d'onde décroît)
 - le violet rejoint le rouge par le pourpre**, qui n'appartient pas au spectre solaire et s'obtient par mélange

Les valeurs du modèle HSV : S et V

- la *saturation* S :
 - **pourcentage** entre 0 et 100
 - mesure de la **pureté de la couleur**
 - 0 = **blanc**, 100 = **couleur pure**
 - si le **pourcentage diminue**, la couleur est de plus en plus **délavée**
- la *valeur* V :
 - **pourcentage** entre 0 et 100
 - mesure de l'**intensité de la couleur**
 - 100 = **brillance maximale**, 0 = **noir**
 - si le **pourcentage diminue**, la couleur est de plus en plus **sombre**

Représentation visuelle



- H va de 0 à 360 de gauche à droite
- S va de 0 à 100 de bas en haut
- V va de 0 à 100 de bas en haut, pour le point indiqué

Exemple



initial



teinte



saturation



valeur

le portrait déjà vu est
décomposé dans ses trois
canaux du *modèle* HSV

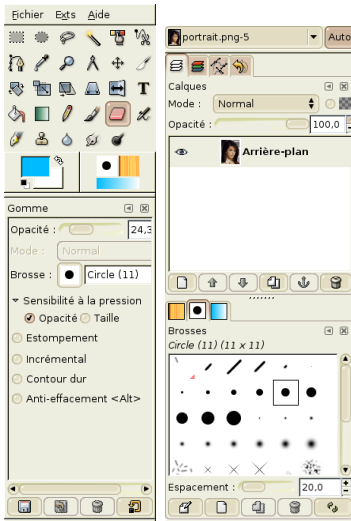
Ce qu'est Gimp

- Gimp est *the GNU Image Manipulation Program*, ou le programme de manipulation d'images du projet GNU
- c'est un logiciel libre, donc gratuit et distribué avec son texte source
- concurrent direct de logiciels commerciaux coûteux, en particulier *Photoshop* d'Adobe
- évolutif et en perpétuels progrès grâce à une large communauté d'utilisateurs et d'implémenteurs
- fonctionne sous Unix, GNU/Linux, Windows ou Mac OS
- débuts en 1996 (projet de deux étudiants), actuellement version 2.2.10, datant de Décembre 2005

Particularités de l'interface de Gimp

- beaucoup d'applications, spécialement sous Windows, n'utilisent qu'une seule fenêtre
- le comportement fréquent consiste donc à élargir cette fenêtre à tout l'écran
- l'inconvénient pour un outil riche et complexe est d'encombrer cette fenêtre d'un grand nombre de boutons et menus
- Gimp utilise au contraire plusieurs fenêtres séparées
- on peut cacher ou refaire apparaître plusieurs de ces fenêtres
- on peut attacher des fenêtres de dialogue à des fenêtres existantes
- on peut superposer plusieurs fenêtres de dialogue dans une fenêtre réelle par le système des onglets

Les fenêtres au démarrage



- la fenêtre de gauche est la **fenêtre des outils**, avec le **dialogue des options** attaché en bas
- la fenêtre suivante comporte **sept dialogues** en **deux fenêtres attachées**
- enfin, Gimp affiche au démarrage une **fenêtre de conseils**, utile à lire

En utilisant un outil de dessin (Pinceau, Aérographe ou Crayon), Maj-clc vous dessinera une ligne droite depuis votre dernier point tracé jusqu'à la position courante du curseur. Si vous appuyer également sur Ctrl la ligne sera contrainte à des angles multiples de 15°.



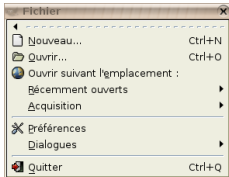
☒ Afficher un conseil la prochaine fois

La fenêtre des outils



- la **fenêtre des outils** est indispensable et doit toujours rester présente
- elle comporte :
 - **trois menus**
 - une trentaine d'**outils**, opérations fondamentales dont une seule est sélectionnée
 - deux **zones de paramétrage**

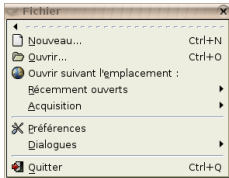
Les menus



- le **mécanisme des menus** est toujours le même :
 - cliquer **sans relâcher** permet de **choisir immédiatement l'entrée**
 - cliquer et relâcher **immédiatement** laisse le menu stable jusqu'à ce qu'on **choisisse l'entrée**
 - choisir comme entrée la **ligne tiretée** permet de stabiliser le menu comme une **nouvelle fenêtre**
 - cliquer à nouveau dans la **ligne tiretée** fait **disparaître la fenêtre**

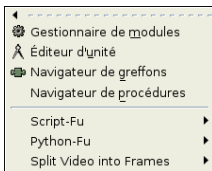
Menus de la fenêtre des outils

- le menu *Fichier* permet de :
 - créer une nouvelle image
 - ouvrir une image existante
 - ouvrir une des images traitées récemment
 - créer une image à partir d'une copie d'écran
 - ouvrir le très important dialogue des préférences
 - ouvrir une fenêtre de dialogue parmi les très nombreuses qui existent
 - terminer l'exécution de Gimp



Menus de la fenêtre des outils (suite)

- le menu *Exts* permet d'effectuer des actions qui ne nécessitent pas de *fenêtre d'image* :



- *gérer les modules chargeables*
- *donner des détails sur les greffons*, c'est-à-dire en fait sur tous les composants de Gimp
- *gérer les unités de mesure disponibles*
- *explorer la base de procédures*, qui sert quand on enrichit Gimp par des *scripts*
- *faire appel à des scripts* prédéfinis

La boîte à outils



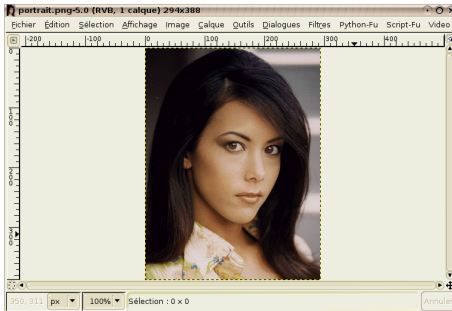
- c'est le nom officiel de la **fenêtre des outils**
- **un seul outil actif**, son bouton est mis en évidence
- un **phylactère temporaire** indique son rôle
- les **options de l'outil actif** apparaissent dans le **dialogue des options**, en général **attaché à la boîte à outils**

Les zones de paramétrage de la boîte à outils

- il y a **deux groupes de paramétrage**
- le **groupe de gauche** permet de :
 - choisir la **couleur de premier plan** (écriture)
 - choisir la **couleur d'arrière-plan**
 - **échanger** ces deux couleurs
 - **revenir** aux couleurs initiales
- le **groupe de droite** permet de choisir :
 - la **brosse** de dessin au pinceau ou effacement
 - le **motif** de remplissage
 - le **dégradé** de remplissage

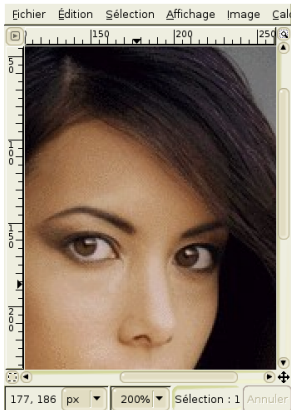


La fenêtre d'image



- la *fenêtre d'image* est la zone dans laquelle on travaille
- on en crée une pour une *nouvelle image* ou une *image existante*
- on peut travailler sur *plusieurs images* simultanément
- ses *composants* sont nombreux
- elle permet d'accéder indirectement à *toutes les possibilités de Gimp*

Composants de la fenêtre d'image

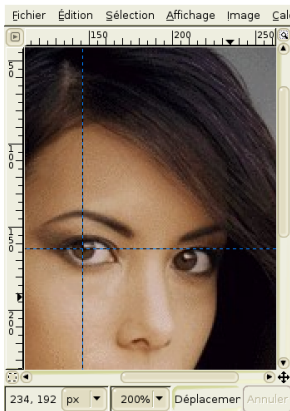


- la zone centrale est le *canevas* :
 - zone de travail
 - affichant l'image courante ou une partie
 - on peut y placer une grille de maille 10 pixels
- la barre de menus en propose dix ou plus
- si on rétrécit la fenêtre en largeur, le menu des menus est accessible par le bouton triangulaire en haut à gauche ou par le bouton droit de la souris

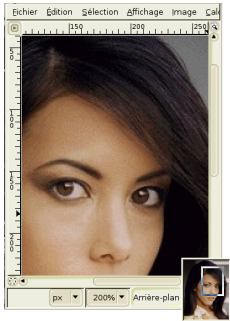
Édition
Sélection
Affichage
Image
Calque
Outils
Dialogues
Filtres
Python-Fu
Script-Fu

Composants de la fenêtre d'image (suite)

- les **règles** en haut et à gauche du canevas :
 - sont **graduées en pixels**
 - deux **curseurs** y marquent les **coordonnées du pointeur**
 - cliquer et glisser** dans les règles permet d'amener dans le canevas des **droites d'alignement**
- la **barre d'état** du bas :
 - donne le nom et l'encombrement du **calque** courant
 - donne à gauche les **coordonnées numériques du pointeur**
- les **barres de défilement** permettent de déplacer dans la fenêtre la partie visible de l'image



Composants de la fenêtre d'image (suite)



- le **bouton** en bas à droite :
 - donne accès à une **fenêtre de défilement**
 - on peut ainsi **choisir la partie de l'image à voir** dans la fenêtre
- le **bouton** en bas à gauche :
 - bascule du mode normal au **masque rapide**
 - c'est un moyen de **sélectionner rapidement** certaines parties de l'image
- la **barre de titre** de l'image donne son nom, son mode, le nombre de calques et le facteur d'agrandissement

Suppression de la couleur

- une des transformations intéressantes sur une image consiste à en **supprimer la couleur**
- on obtient ainsi une *une image monochrome*, représentée en **niveaux de gris**
- **un seul octet** suffit pour chaque pixel
- trois **méthodes principales** :
 - ne représenter que la *luminance* de l'image
 - ne représenter que la *clarté* de l'image
 - ne représenter que la *valeur* de l'image

Comparaison des trois mécanismes



initial



luminance



clarté



valeur

- on voit ci-contre l'image **initiale**, puis la **luminance**, la **clarté** et la **valeur**
- suivant les circonstances on peut préférer une transformation à l'autre

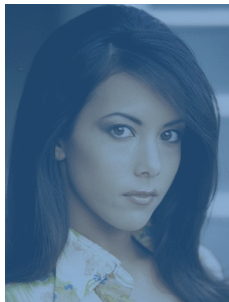
Superposition de pixels

- si l'on **superpose deux images**, on le fait pixel par pixel
- on le fait en particulier en **superposant des calques**, mais aussi en **dessinant** sur une image existante
- Gimp propose **21 modes de mélange** dans cette **superposition de calques**, plus deux autres dans les **outils de dessin**
- pour les rendre visibles sur les illustrations, nous les montrerons avec un **calque semi-transparent**, où chaque pixel laisse voir à moitié le pixel placé dessous

Mode normal



initial



superposition

- chaque pixel **recouvre** le pixel situé dessous
- on ne voit ce dernier ici que **grâce à la semi-transparence**

Modes Multiplier et Diviser



initial



multiplier



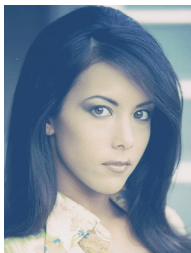
diviser

- le mode *Multiplier* multiplie **terme à terme** les composants RGB des deux pixels, et **normalise dans l'intervalle [0..255]** en divisant par 255
- le résultat est d'**assombrir** de la manière indiquée par le premier plan
- le mode *Diviser* divise **terme à terme** les composants RGB des deux, avec opérations annexes
- le résultat est d'**éclaircir en tirant vers le blanc**

Modes Addition et Soustraction



initial



addition



soustraction

- le mode *Addition* ajoute terme à terme les composants RGB des pixels, en tronquant aux limites du cube RGB
- la couleur résultante est toujours plus claire que les deux couleurs additionnées
- le mode *Soustraction* soustrait de la même manière
- la couleur résultante est assombrie par les pixels supérieurs

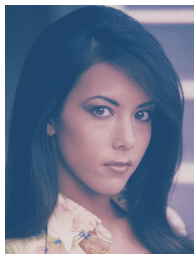
Modes Noircir et Éclaircir seulement



initial



noircir



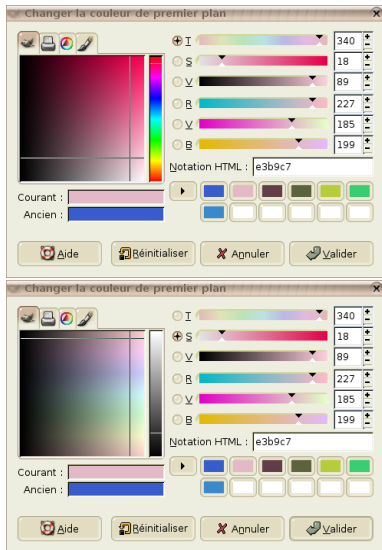
éclaircir

- le mode *Noircir seulement* prend la **valeur minimale** du composant supérieur et du composant inférieur
- le résultat prend chaque fois le **pixel le plus sombre** des deux
- le mode *Éclaircir seulement* prend la **valeur maximale**, donc le **pixel le plus clair**

Choix de couleurs

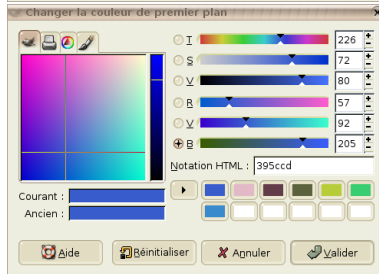
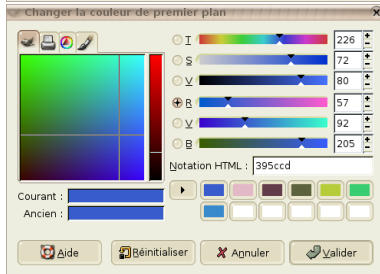
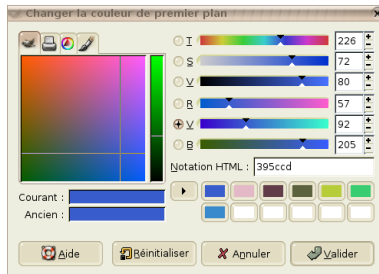
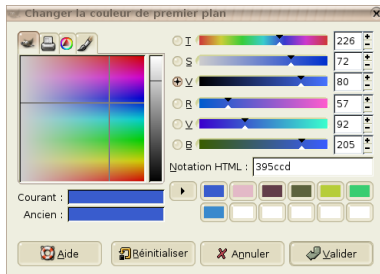
- on peut choisir des couleurs de plusieurs manières :
 - le dessinateur choisit dans ses crayons ou ses pastels
 - le peintre à l'huile mélange des couleurs opaques
 - le peintre à l'aquarelle superpose des couleurs transparentes
- les outils de Gimp simulent partiellement ces comportements
- le dialogue des couleurs s'ouvre pour le choix d'une couleur de premier plan ou d'arrière-plan

Outil de couleur, modèle de Gimp



- le premier onglet du **dialogue des couleurs** correspond au **modèle de Gimp**
- on choisit à droite le **composant directeur**
- il est représenté dans l'**échelle verticale**
- le rectangle permet de choisir les **deux autres composants**

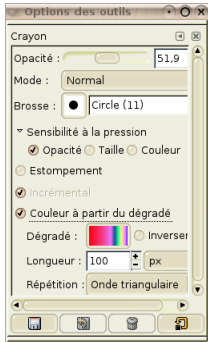
Outil de couleur, modèle de Gimp (suite)



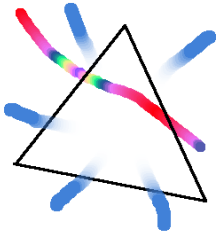
Outils de tracé

- la souris n'est pas l'instrument idéal :
 - les mouvements sont imprécis
 - il n'y a pas de sensibilité à la pression
 - nous utiliserons surtout une tablette graphique (investissement utile)
- pour chaque outil de tracé le dialogue des options permet de choisir :
 - le mode de mélange
 - le degré d'opacité (pourcentage)
 - souvent le degré d'estompement
 - etc.

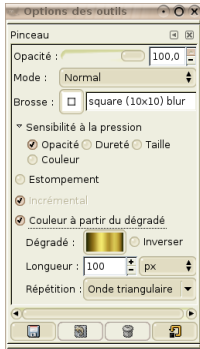
L'outil crayon



- l'outil **crayon** trace des traits à **bords nets**
- utile avec un **crayon fin**
- la **semi-transparence** permet des superpositions
- la touche Shift enfoncée permet des **traits droits**
- l'**estompement** simule un stylo mal rempli



L'outil pinceau



- l'outil **pinceau** trace des traits à **bords estompés**
- les **brosses** sont très nombreuses, y compris des **brosses dynamiques**
- l'**estompement** est spécialement intéressant
- on peut **peindre avec un dégradé**
- on peut **créer de nouvelles brosses**
- les modes de **mélange** permettent de nombreux effets

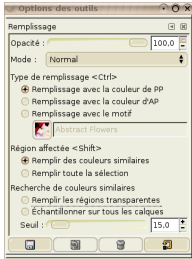


L'outil aérographe



- l'outil **aérographe** simule la **vaporisation de couleurs** très liquides
- il utilise les **brosses**, **dégradés** et **modes de mélange** comme les outils précédents
- il simule aussi l'**accumulation de peinture** si la souris reste immobile

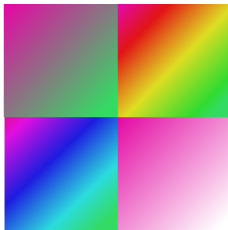
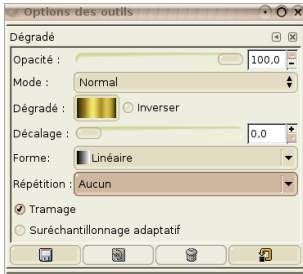
L'outil de remplissage



- l'outil de **remplissage** remplit une **zone** avec de la **peinture** ou un **motif**
- la zone est l'**ensemble des pixels proches** de celui qu'on clique
- on peut faire varier le **seuil de proximité**

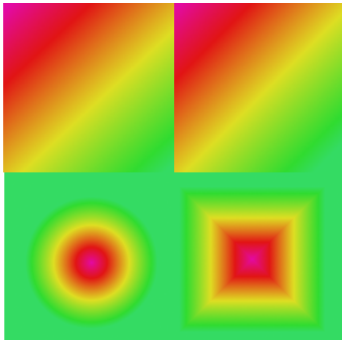


L'outil de dégradé



- l'outil de **dégradé** remplit l'image (ou une sélection) avec un dégradé
- le **dialogue des dégradés** en propose un très grand nombre
- les quatre premiers utilisent les **couleurs de premier plan et arrière-plan** :
 - du premier vers l'arrière, par transition des composants RGB
 - idem, par transition de teinte dans le sens anti-horaire ou horaire
 - du premier plan vers la transparence

L'outil de dégradé (suite)



- le dégradé s'applique sous **formes** :
 - **linéaire** : le mouvement de la souris va du premier plan vers l'arrière-plan, on complète avec les couleurs des extrémités
 - **bilinéaire** : on revient vers la couleur de premier plan
 - **radial** : le point de départ de la souris est le centre du cercle
 - **carré** : le point de départ de la souris est le centre du carré
 - on trouvera beaucoup d'exemples en annexe

Outils de modification



- les **outils de modification** travaillent sur une image existante, en général une photographie
- l'**outil gomme** en fait un peu partie
- l'outil de **convolution (goutte d'eau)** sert à deux usages (ici exagérés) :
 - **diminuer la netteté** (ici autour des yeux)
 - **augmenter la netteté** (ici autour de la bouche)
- utilisation de la **brosse courante**

L'outil d'éclaircissement et assombrissement



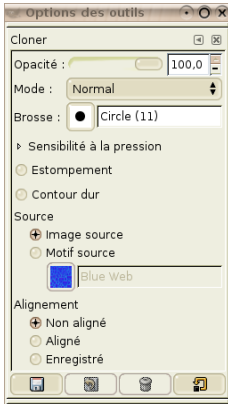
- l'outil **en forme d'estompe** utilise les transformations de **multiplication** (assombrissement) ou **division** (éclaircissement)
- il utilise la **brosse courante**
- il permet de choisir dans l'image les **ombres**, les **demi-teintes** ou les **tons vifs**
- ici on a assombri l'œil gauche et la bouche, éclairci l'œil droit, et également éclairci une mèche de cheveux à gauche du visage

L'outil de barbouillage



- l'outil **en forme de doigt** simule effectivement un doigt passant sur une toile peinte pas encore sèche
- il utilise la **brosse courante**
- il **prend de la couleur** en passant et la **dépose plus loin**, à une distance réglable
- dans l'exemple on a utilisé la touche Shift pour tirer des traits droits

L'outil de clonage



- l'outil en forme de tampon-encreur copie un fragment d'image
- la brosse courante délimite la zone copiée et ses contours
- si l'on copie l'image elle-même, on doit d'abord cliquer avec la touche Ctrl à l'endroit à copier, et les coups de pinceau reprennent la zone d'origine
- on peut copier un motif, ce qui revient à peindre avec