

# Traitements d'images et logiciel libre

## Deuxième Journée Méditerranéenne des Logiciels Libres

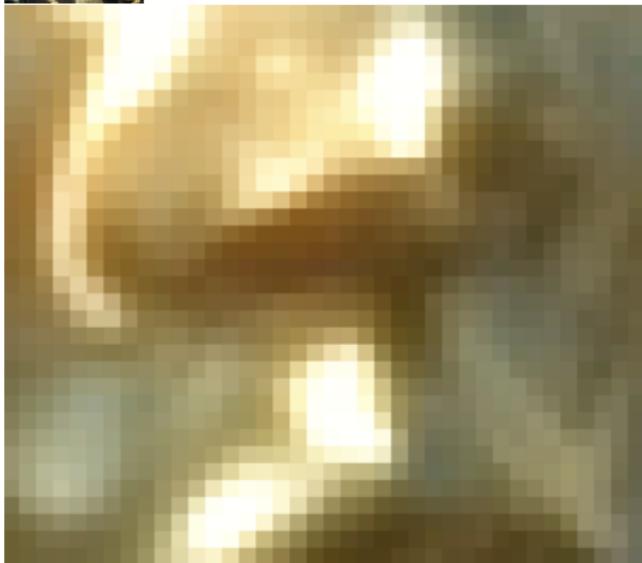
Olivier Lecarme

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  $1024 \times 768$  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  $34 \times 27$  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

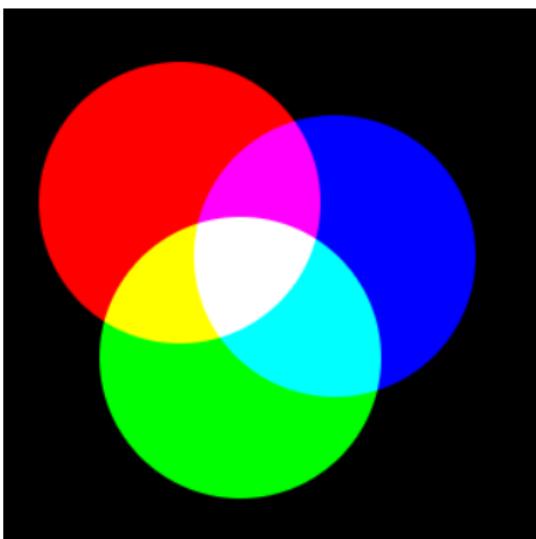
# Modèles de représentation des couleurs

- 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

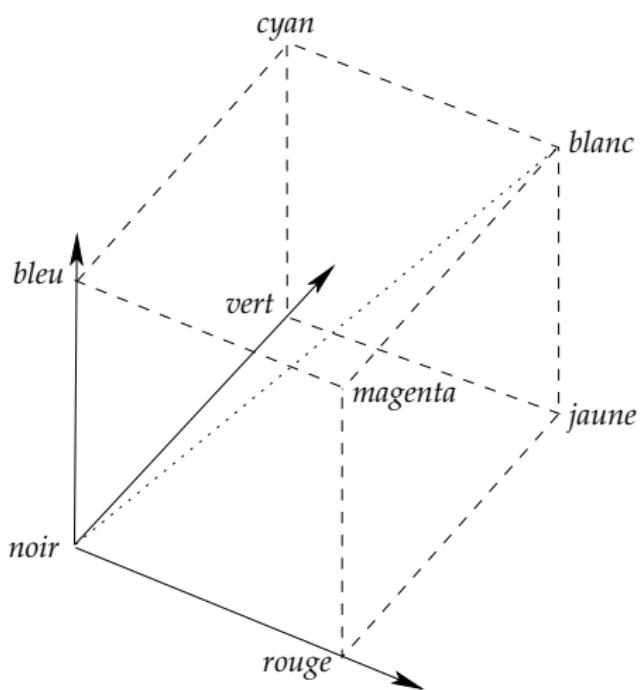
- c'est le *modèle RGB*, utilisé par l'écran d'ordinateur
- les pixels de l'écran sont **triples** et émettent dans les **trois couleurs rouge, vert et bleu**
- on règle l'**intensité** du faisceau envoyé sur le pixel pour déterminer l'**intensité de chaque couleur**
- si elle est **égale** pour chaque 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

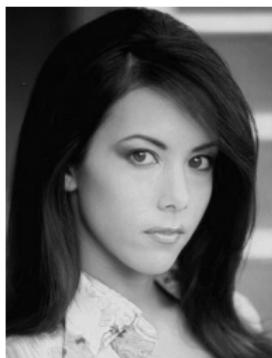


- les trois **valeurs RGB** sont les coordonnées d'un point dans le *cube des couleurs*
- la diagonale entre noir et blanc est la *diagonale des gris*
- chaque sommet est opposé à sa couleur complémentaire

## Exemple



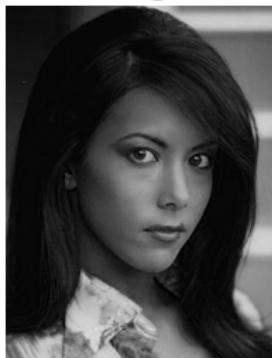
initial



rouge



vert



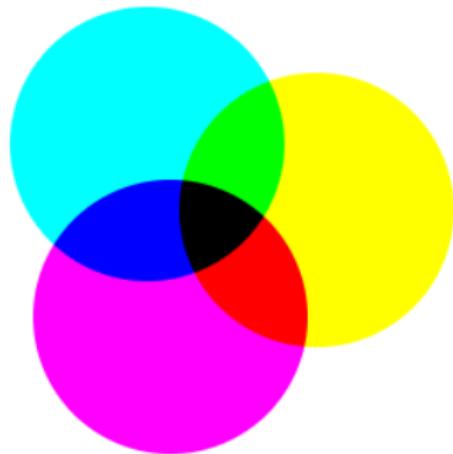
bleu

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

## La méthode soustractive

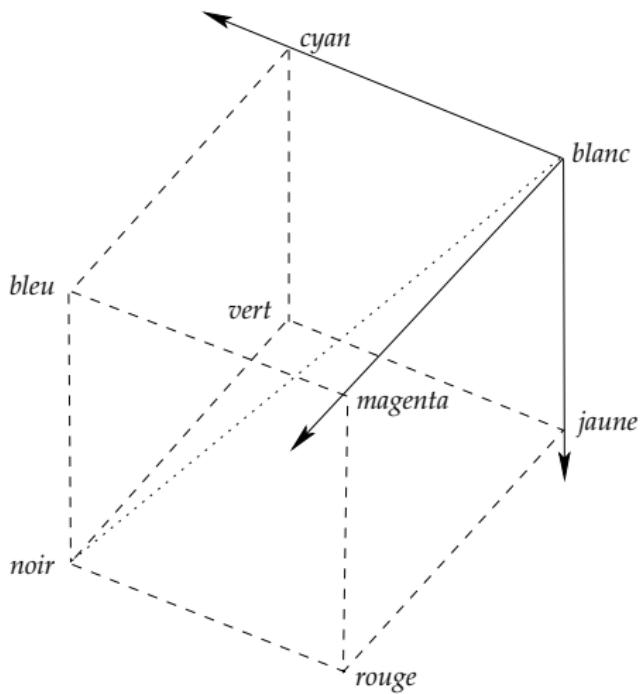
- c'est le *modèle CMY*, conforme à ce que fait une boîte de peinture
- chaque couleur fondamentale **supprime des fréquences**
- si on met les **trois couleurs fondamentales au maximum**, on obtient du **noir**
- l'**absence de couleur** est du **blanc**
- en **réduisant** également dans les trois couleurs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

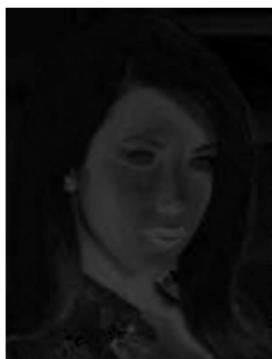
## Le modèle CMYK

- 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 = 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

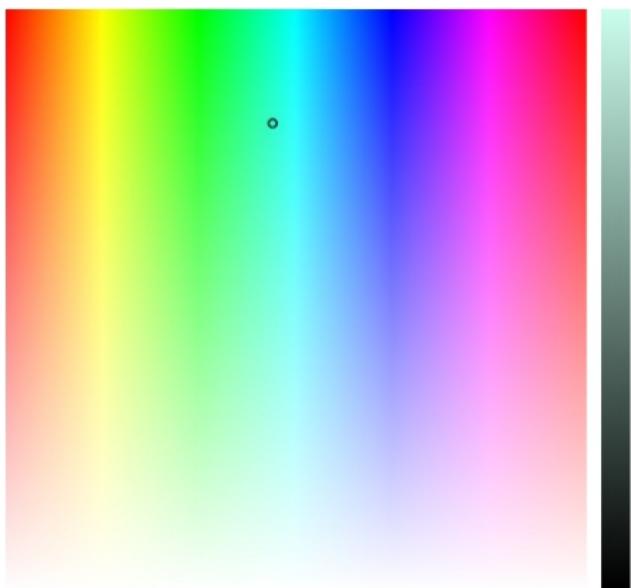
## Les valeurs du modèle HSV : H

- la *teinte* H (*hue* en anglais) :
  - valeur angulaire en degrés sur un cercle
  - rouge =  $0^\circ$
  - 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

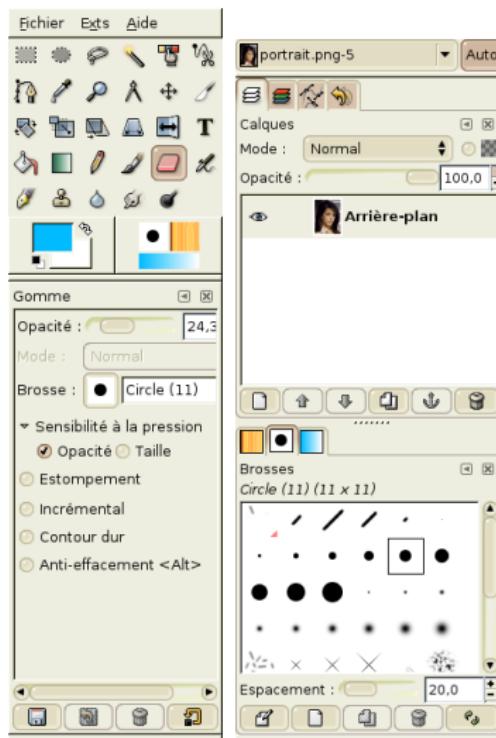
# Ce qu'est Gimp

- 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'implémentateurs
- 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

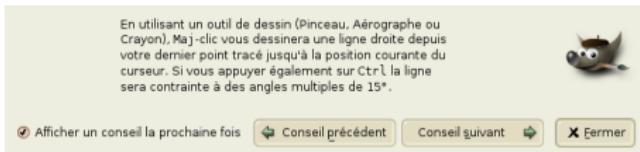
# Particularités de l'interface de Gimp

- 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



## 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



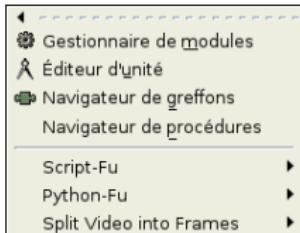
- le **mécanisme des menus est toujours le même :**
  - cliquer sans relâcher permet de **choisir immédiatement l'entrée**
  - cliquer et relâcher immédiatement laisse le menu stable jusqu'à ce qu'on **choisisse l'entrée**
  - **choisir comme entrée la ligne tiretée** permet de stabiliser le menu comme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



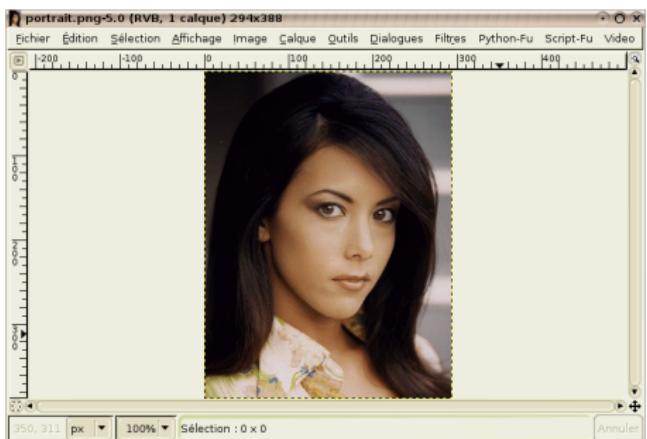
- c'est le nom officiel de la **fenêtre des outils**
- un **outil actif**, son bouton est mis en évidence
- un **phylactère temporaire** indique son rôle
- les **options de l'outil actif** apparaissent dans le **dialogue des options**, en général **attaché à la boîte à outils**

# 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

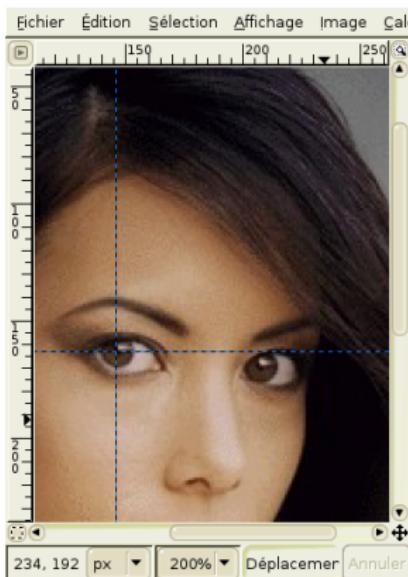
# Composants de la fenêtre d'image



- 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**

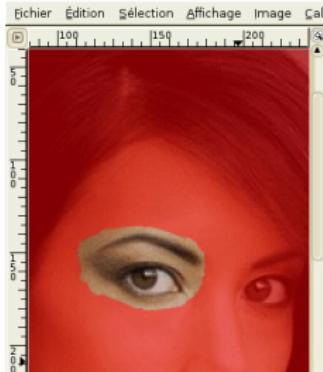
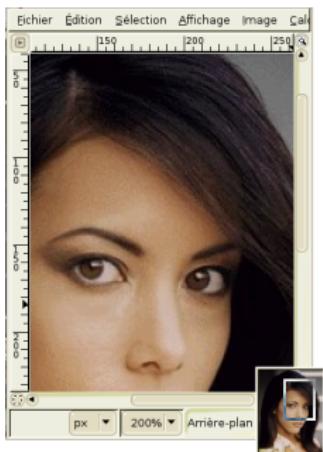


## Composants de la fenêtre d'image (suite)



- 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

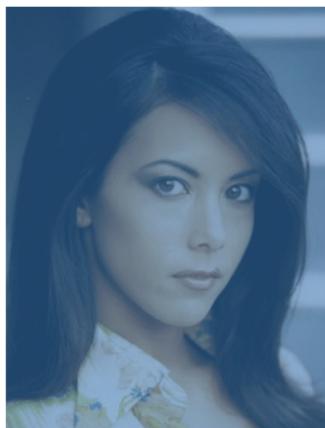
## Superposition de pixels

- 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

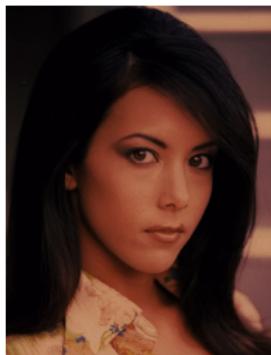
## Modes Addition et Soustraction



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

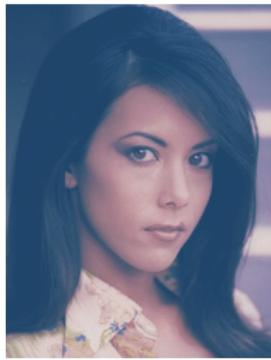
## Modes Noircir et Éclaircir seulement



initial



noircir

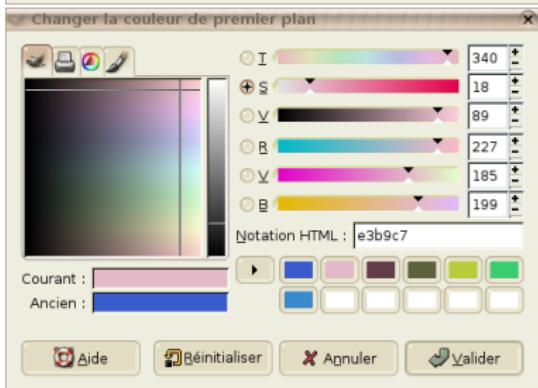
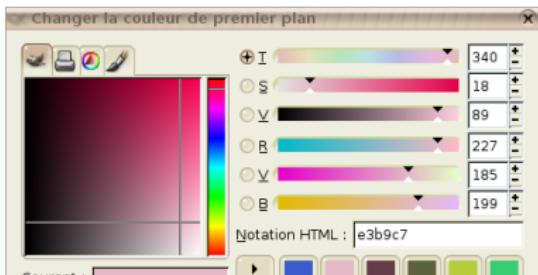


éclaircir

# Choix de couleurs

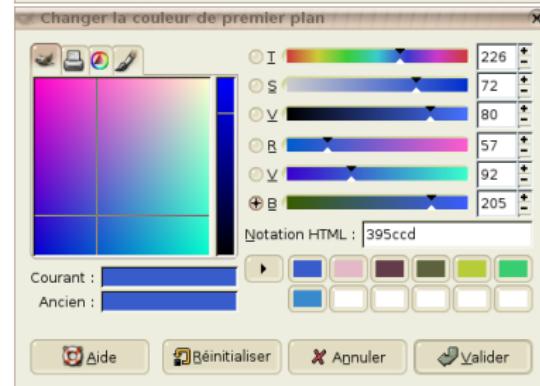
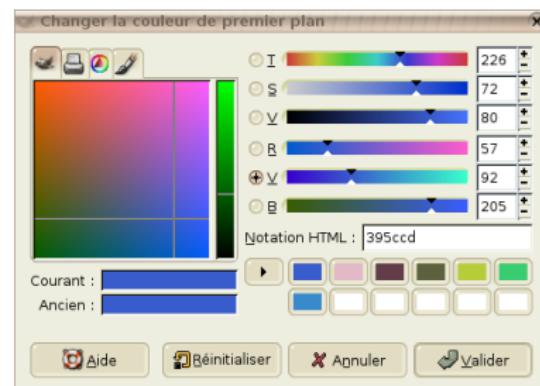
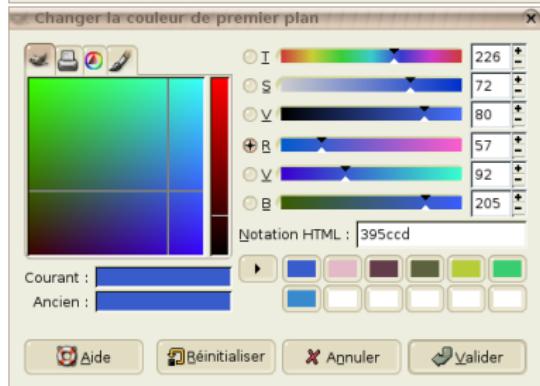
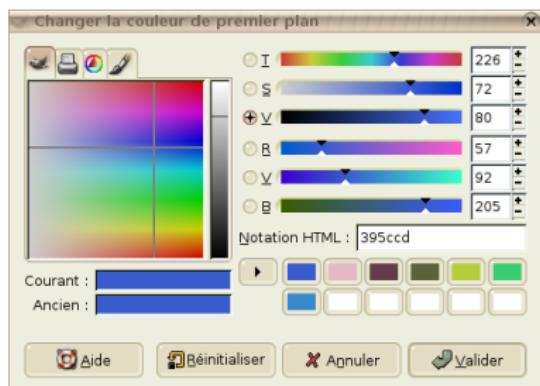
- on peut choisir des couleurs de plusieurs manières :
  - le **dessinateur** choisit dans ses **crayons ou ses pastels**
  - le **peintre à l'huile** **mélange des couleurs opaques**
  - le **peintre à l'aquarelle** **superpose des couleurs transparentes**
- les **outils de Gimp** simulent partiellement 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**

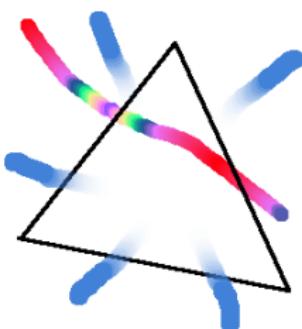
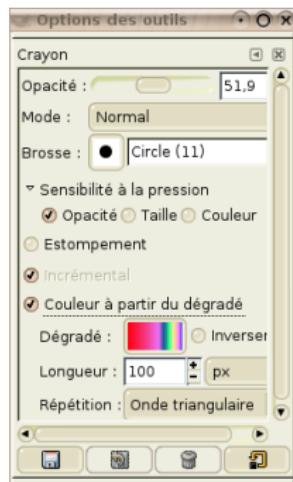
# Outil de couleur, modèle de Gimp (suite)



## 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'estompelement
  - 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'**estompe**ment simule un stylo mal rempli

# L'outil pinceau



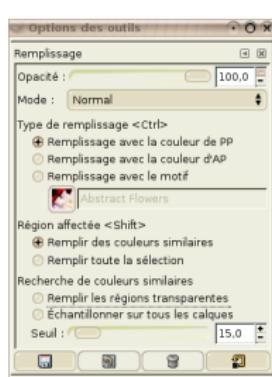
- l'outil **pinceau** trace des traits à **bords estompés**
- les **brosses** sont très nombreuses, y compris des **brosses dynamiques**
- l'**estompe**ment est spécialement intéressant
- on peut **peindre avec un dégradé**
- on peut **créer de nouvelles brosses**
- les modes de **mélange** permettent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

# L'outil aérographe



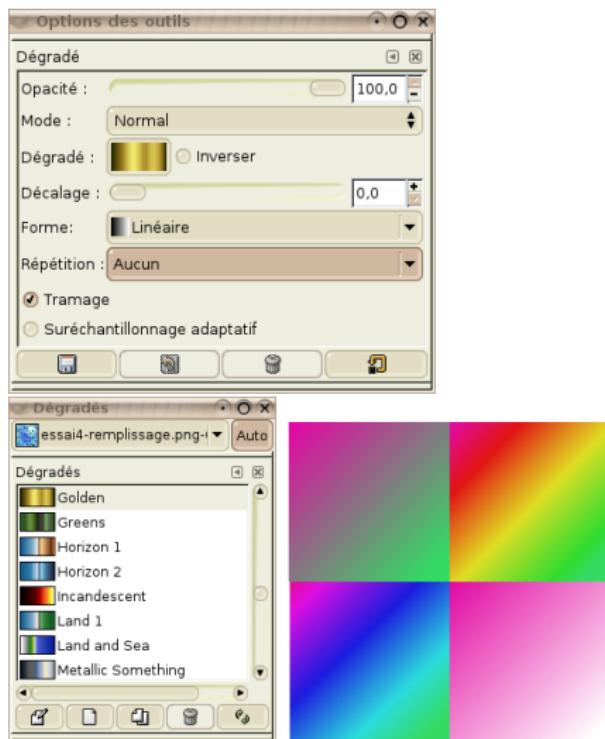
- l'outil **aérographe** simule la **vaporisation de couleurs** très liquides
- il utilise les **brosses, dégradés et modes de mélange** comme les outils précédents
- il simule aussi l'**accumulation de peinture** si la souris reste immobile

## L'outil de remplissage



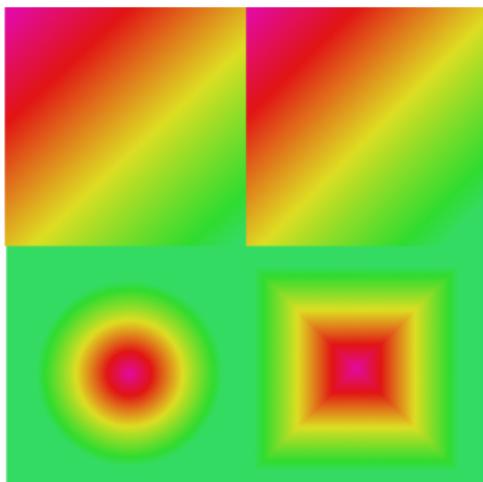
- l'outil de **remplissage** remplit une **zone** avec de la **peinture** ou un **motif**
- la **zone** est l'**ensemble des pixels proches** de celui qu'on clique
- on peut faire varier le **seuil de proximité**

# 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



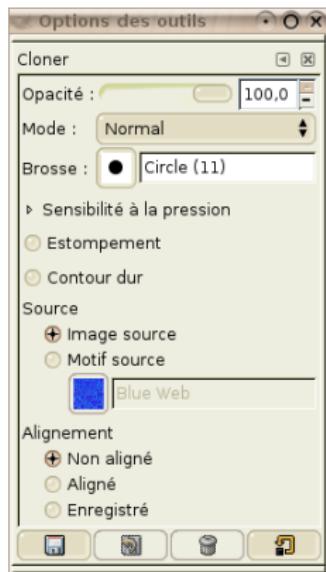
- l'outil **en forme d'estompe** utilise les transformations de **multiplication** (assombrissement) ou **division** (éclaircissement)
- il utilise la **brosse courante**
- il permet de choisir dans l'image les **ombres**, les **demi-teintes** ou les **tons vifs**
- ici on a assombri l'œil gauche et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