Informatique Graphique Composition α

Jean-Baptiste.Yunes@univ-paris-diderot.fr

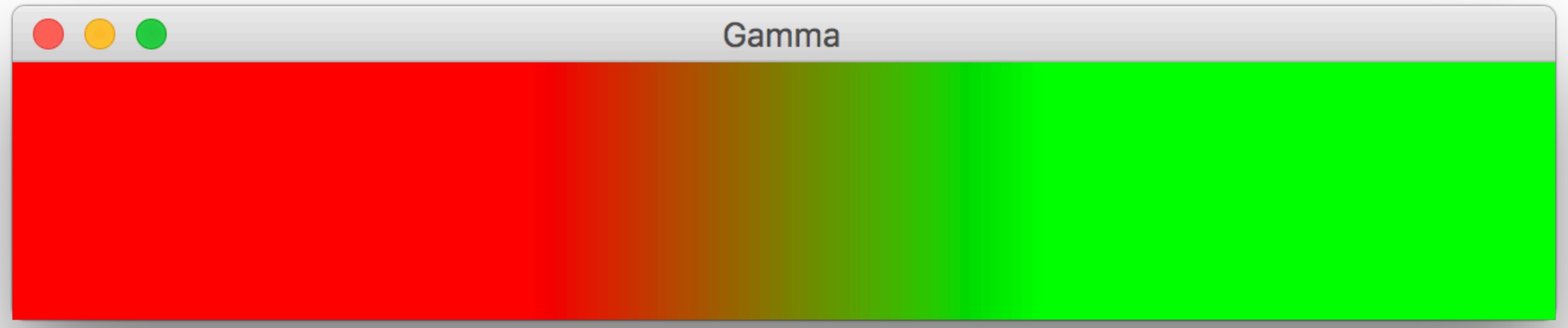
10/2018

- Savez-vous mélanger deux images ?
    - Sûr ?
- Savez-vous mélanger deux couleurs ?
    - Certain ?
- Probablement non…

- Obtenir un dégradé entre deux couleurs :

$$(1 - t) * c1 + t * c2$$

- Le résultat :

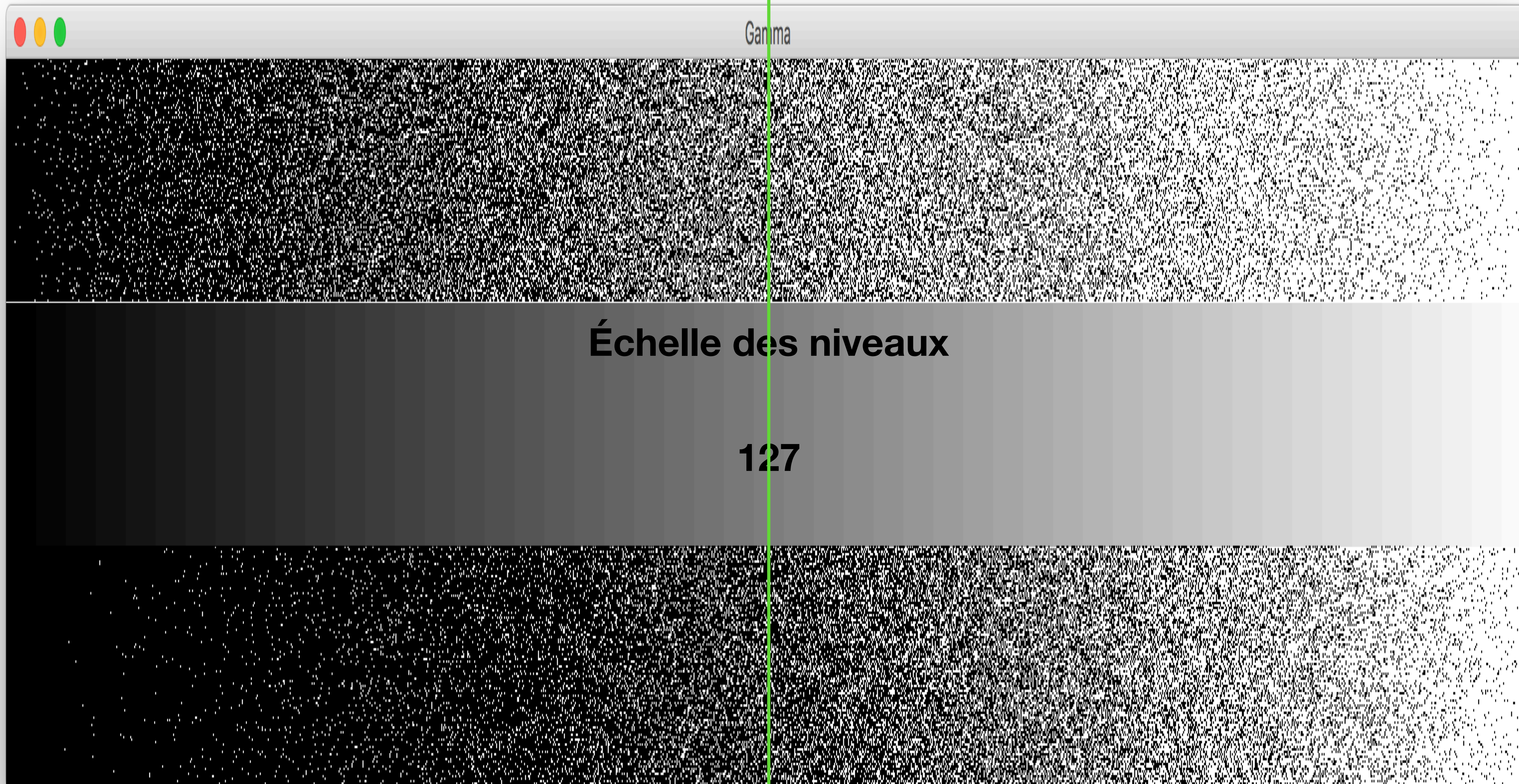


- Est-ce vraiment ce que vous attendiez ?
  - Ne devrait-on pas obtenir quelque chose de plus «jaune» au milieu ?

- On se méprend sur la représentation des couleurs
  - En particulier, ce qui est stocké en valeur n’est pas linéairement lié ce qui est capturé ou reproduit…
  - La raison en est que l’œil (le système de vision) n’a pas de réponse linéaire
    - Une bougie dans une pièce presque noire illumine de façon importante
    - La même bougie dans la même pièce déjà fortement éclairée n’apporte rien en luminosité

- Par exemple, le nombre de photons générés pour un blanc 1 n’est pas le double de ceux générés par le gris 1/2
  - mais environ le quadruple!
- L’œil est sensible aux faibles luminosités et assez peu aux fortes
  - Avec une échelle linéaire on ne saurait distinguer les nombreux blancs du haut de l’échelle
  - On ne distinguerait pas assez de noirs en bas de l’échelle
- On ramène donc sur une échelle en puissance en raffinant dans les noirs et en grossissant dans les blancs

Échelle de densité linéaire **~50/50**



Échelle de densité en puissance **~30/70**

- Une photo d’écran prise d’assez loin montre clairement que c’est bien l’échelle en puissance qui correspond à l’échelle linéaire des niveaux de gris…

- Un gris moyen (d'énergie moyenne) n'est pas 127 mais environ 180

$$180 \approx \sqrt{\frac{1}{2}} * 255$$

- Le niveau de gris dit moyen 127 est d'énergie environ 25%

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2$$

- Les opérations doivent s'effectuer sur l'énergie et non sur les niveaux
  - Les niveaux définissent des distinguables…

- La correction γ (gamma) appliquée à l'interpolation des couleurs
  - On calcule une moyenne (pondérée) sur les puissances et on ramène sur l'échelle

$$\left[(1-t)\, v_1^{\gamma} + t\, v_2^{\gamma}\right]^{\frac{1}{\gamma}}$$

  - Pour γ=2 :

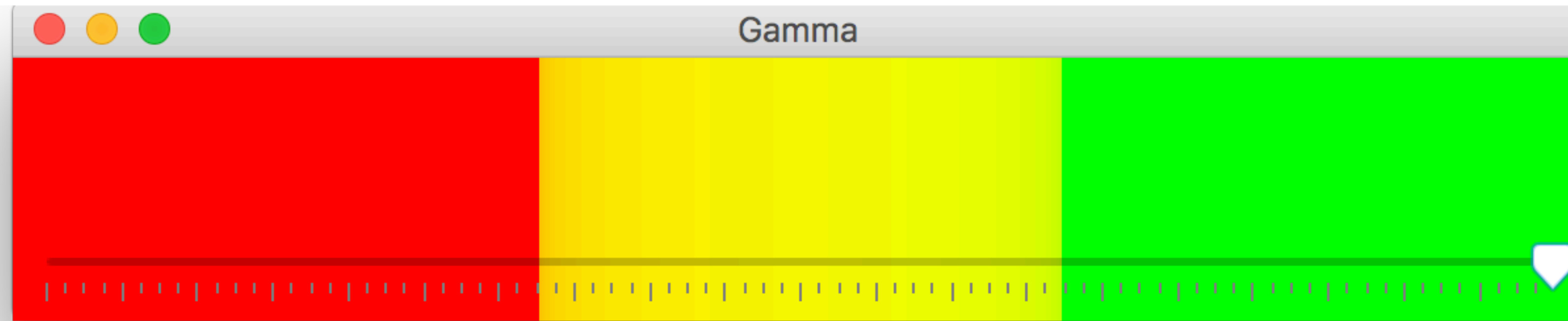
$$\sqrt{(1-t)\, v_1^2 + t\, v_2^2}$$

  - Trivialement pour γ=1 on retombe sur la formule (fausse) d'origine

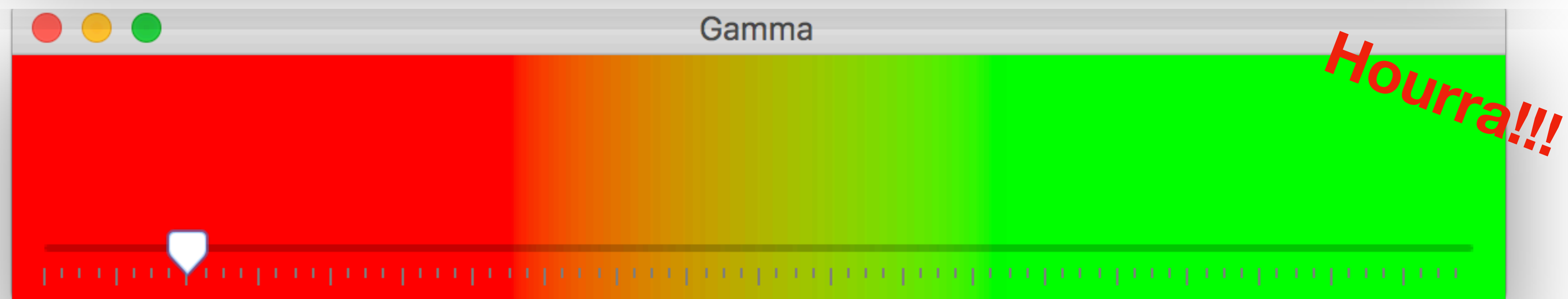
$$(1-t)v_1 + t * v_2$$

- Revenons à notre mélange coloré initial et appliquons des corrections…

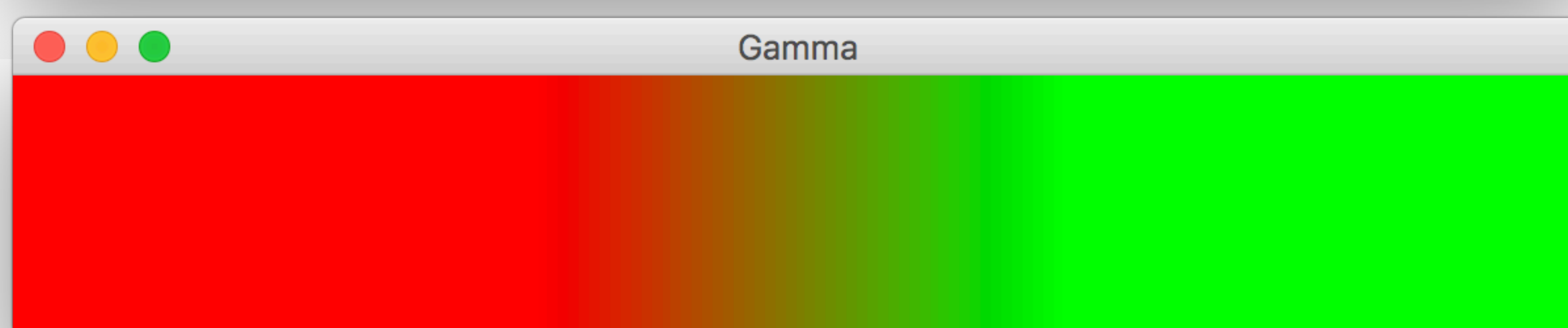
- $\gamma \mapsto \infty$



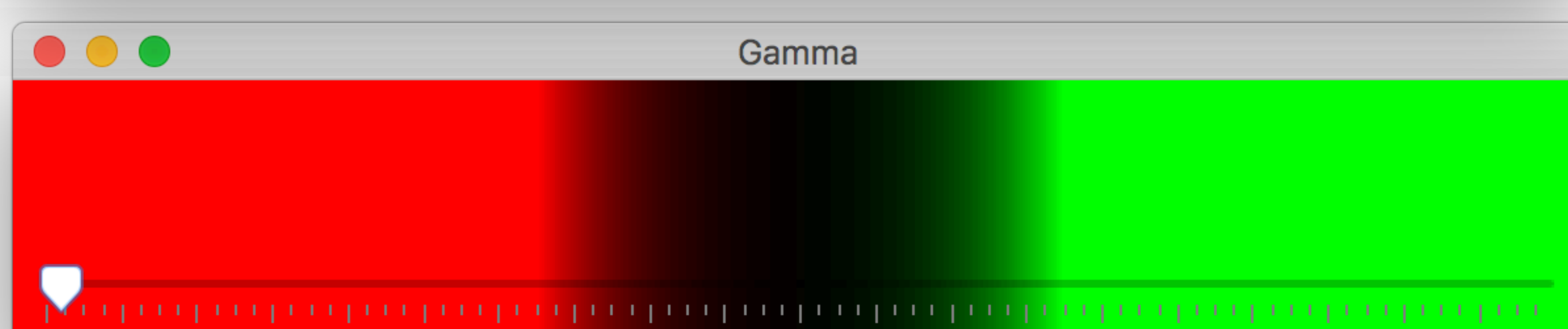
- $\gamma = 2$



- $\gamma = 1$



- $\gamma \mapsto 0$



- Attention des très nombreux logiciels du marché contiennent des erreurs de correction γ
  - Y compris les plus connus…
  - Y'a plus qu'à faire un bug report ou corriger soi-même si c'est un logiciel libre…
    - Attention la correction n'est pas neutre en temps de calcul…

- Si l’on souhaite plus de précision la fonction standard de transformation est :

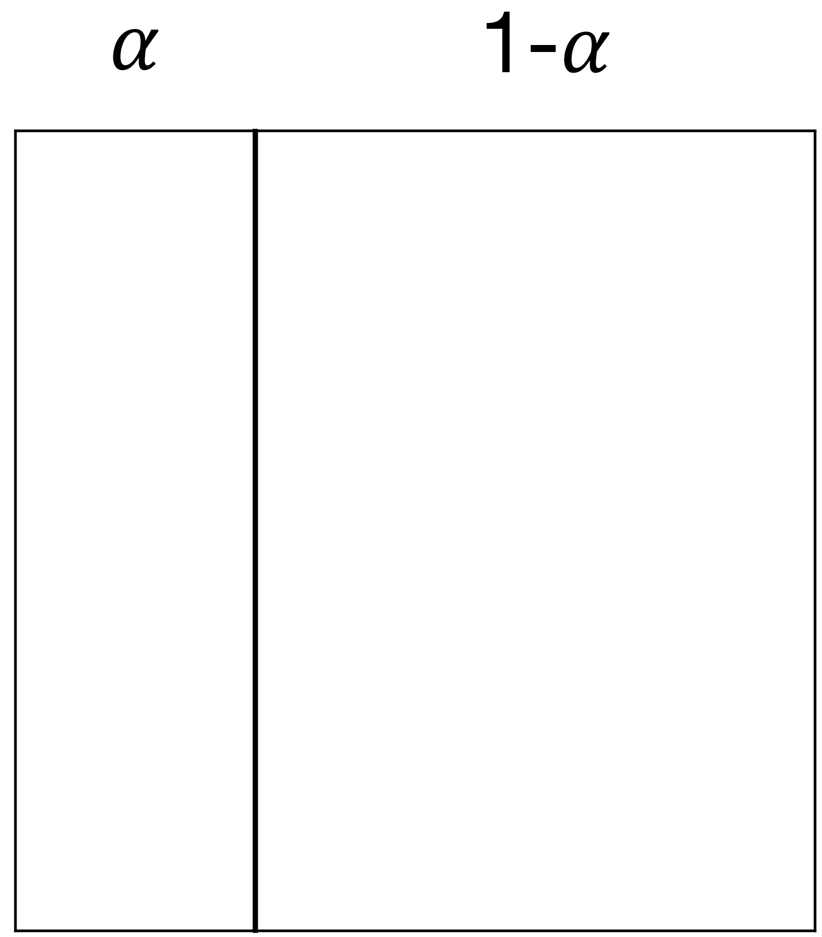
$$valeur = \frac{niveau}{255}$$

$$puissance = \begin{cases} \dfrac{valeur}{12.92} \textbf{ si } valeur < 0.04045 \\ \left(\dfrac{valeur + 0.055}{1 + 0.055}\right)^{2.4} \textbf{ sinon} \end{cases}$$

$$valeur = \begin{cases} puissance\, 12.92 \textbf{ si } puissance < 0.0031308 \\ \left(puissance\right)^{\frac{1}{2.4}} (1 + 0.055) - 0.055 \textbf{ sinon} \end{cases}$$

- Le modèle RGB (ou un autre) ne décrit que la couleur
- Il ne permet pas de contrôler des effets d’opacité
- le canal α (alpha) est la quatrième composante du modèle ARGB qui permet de contrôler la quantité de surface couverte par un pixel
    - 0 pas de couverture (pixel transparent)
    - 1 couverture totale (pixel mat ou opaque)
    - intermédiaire (pixel partiellement translucide)

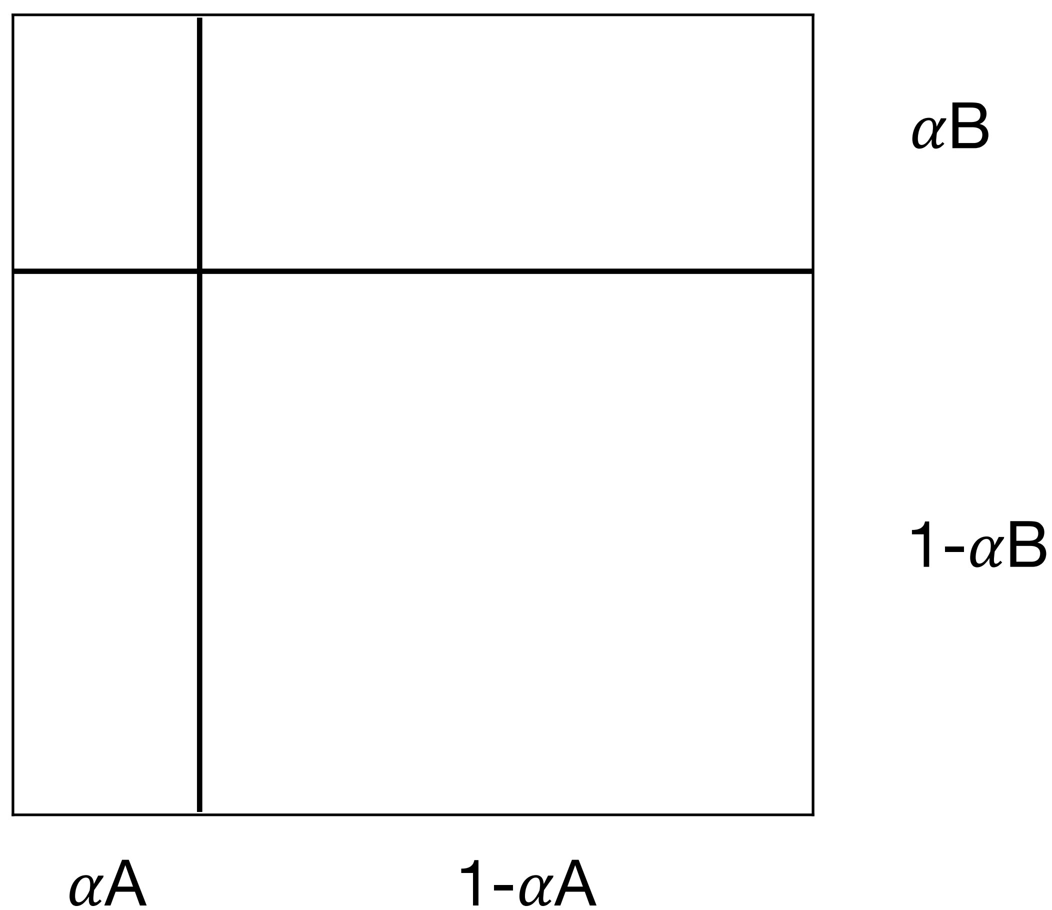
- sous forme basique (r,g,b,α) indique que la couleur (r,g,b) occupe une proportion α du pixel
- sous forme pré-multipliée (r,g,b,α) indique que la couleur (r/α,g/α,b/α) occupe une proportion α du pixel
  - (0.5,0,0,0.5), pixel rouge occupant la moitié de la surface



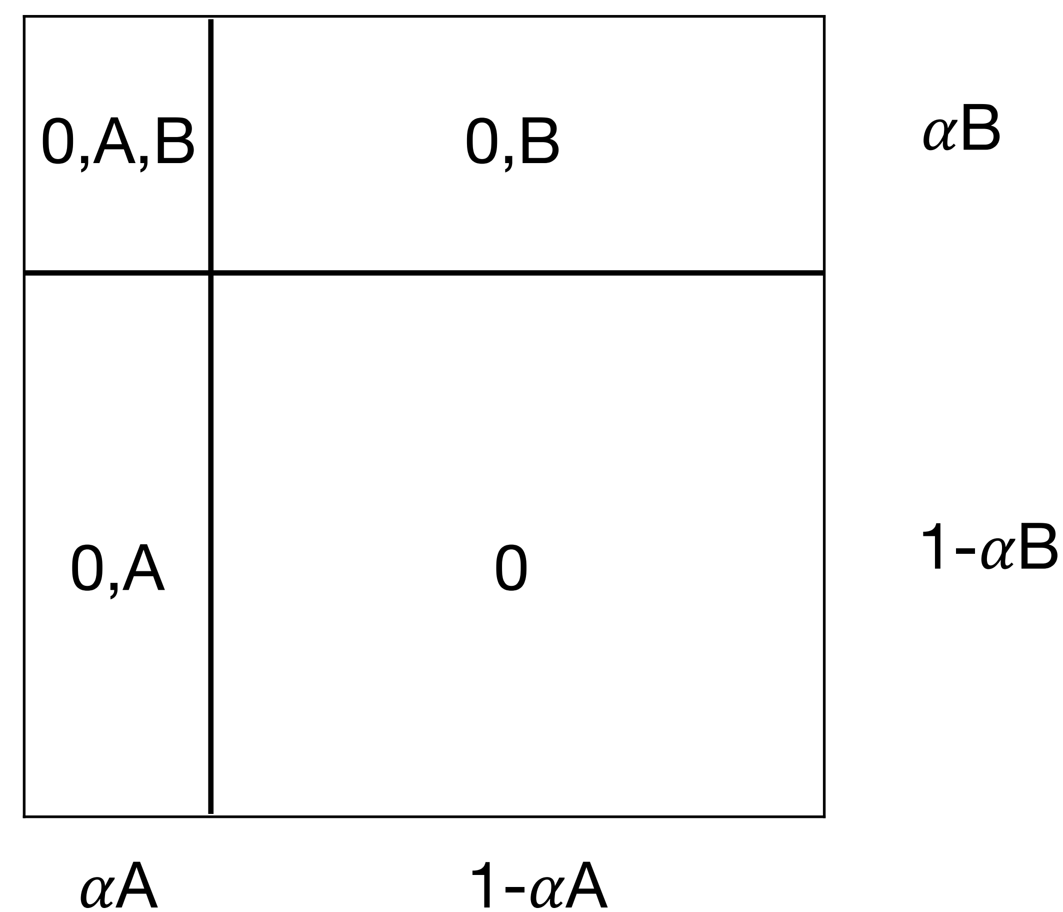
- La forme pré-multipliée est utile
  - dans les calculs
  - mais aussi pour représenter une saturation
    - ex : (1,0,0,0.5) est un rouge saturé
- (0,0,0,1) : noir
- (0,0,0,0) : transparent

- Vision opacité (A couvre tout le pixel mais filtre)
    - (1-α) du fond passe à travers A
    - αA de A est visible
    - (1-α)F+αA

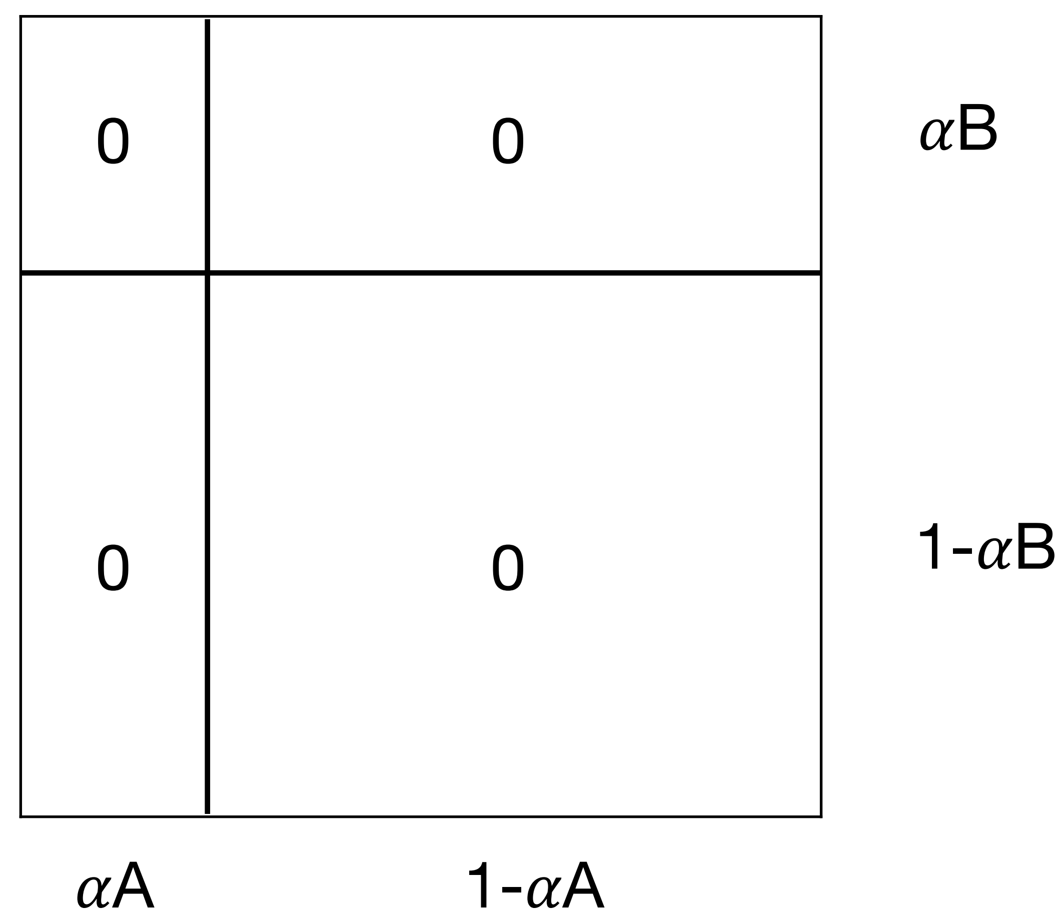
- Le modèle de mélange/composition de Porter-Duff
  - si l'on souhaite mélanger deux pixels il faut se donner un modèle de mélange
  - vision surface de Porter-Duff (attention ce n'est pas la seule possible!)



- On a donc quatre surfaces et pour chacune des choix :
  - αAαB
    - rien, A ou B (pas les deux sinon on se mord la queue)
  - (1-αA)αB
    - rien ou B
  - αA(1-αB)
    - rien ou A
  - (1-αA)(1-αB)
    - rien
- On a donc 12 possibilités!



- Opération CLEAR

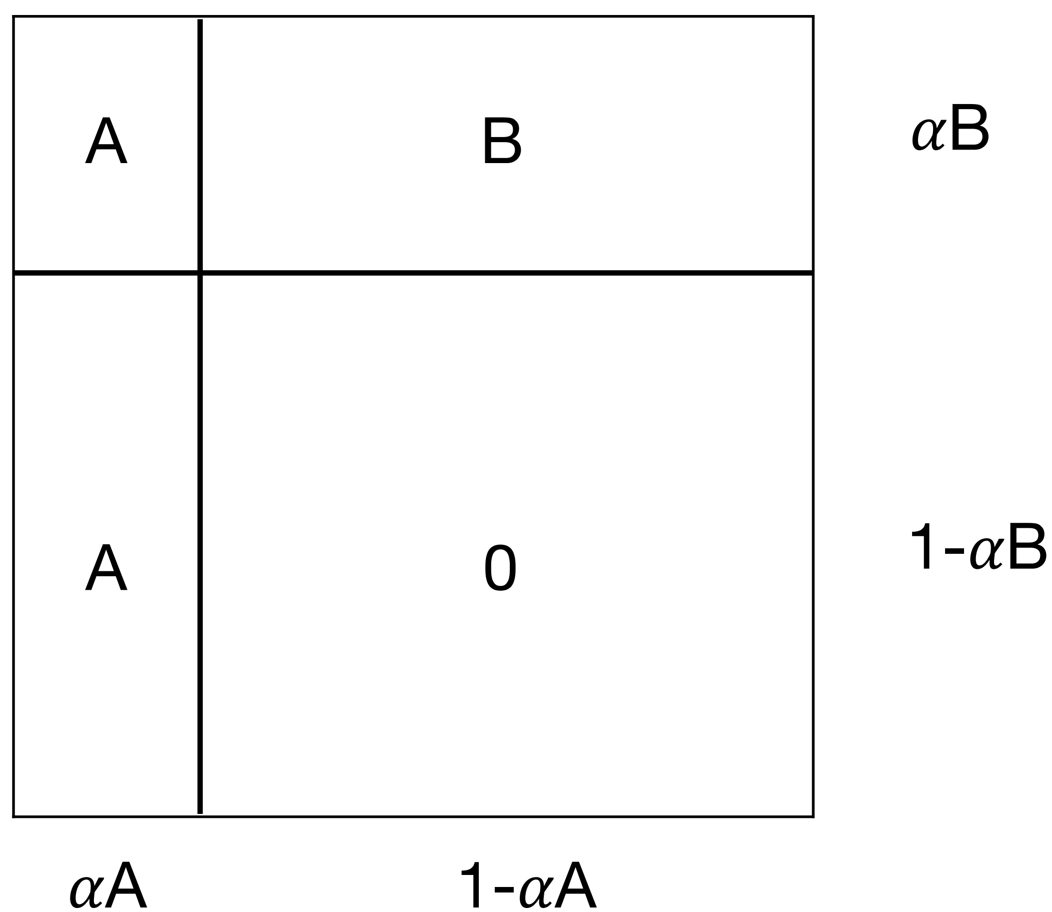


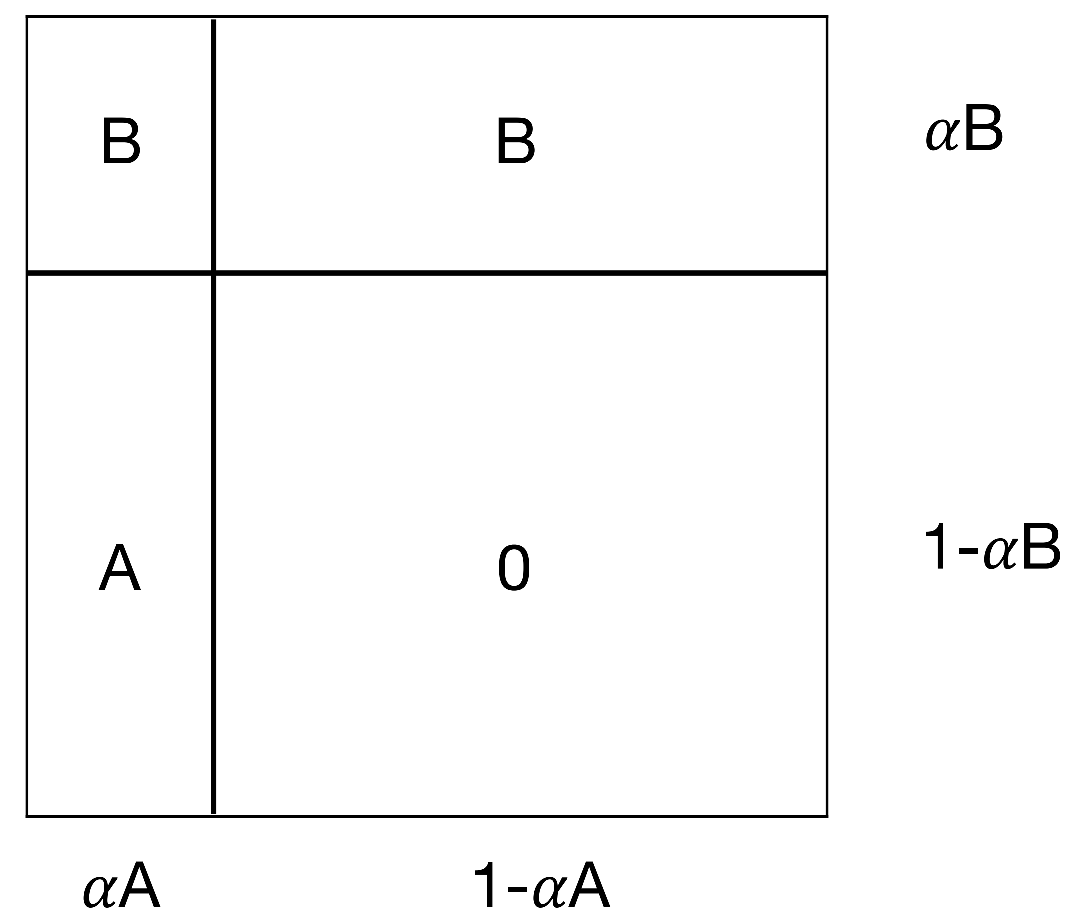
- Opération A
- Opération B

A	0	αB
A	0	1-αB
αA	1-αA	

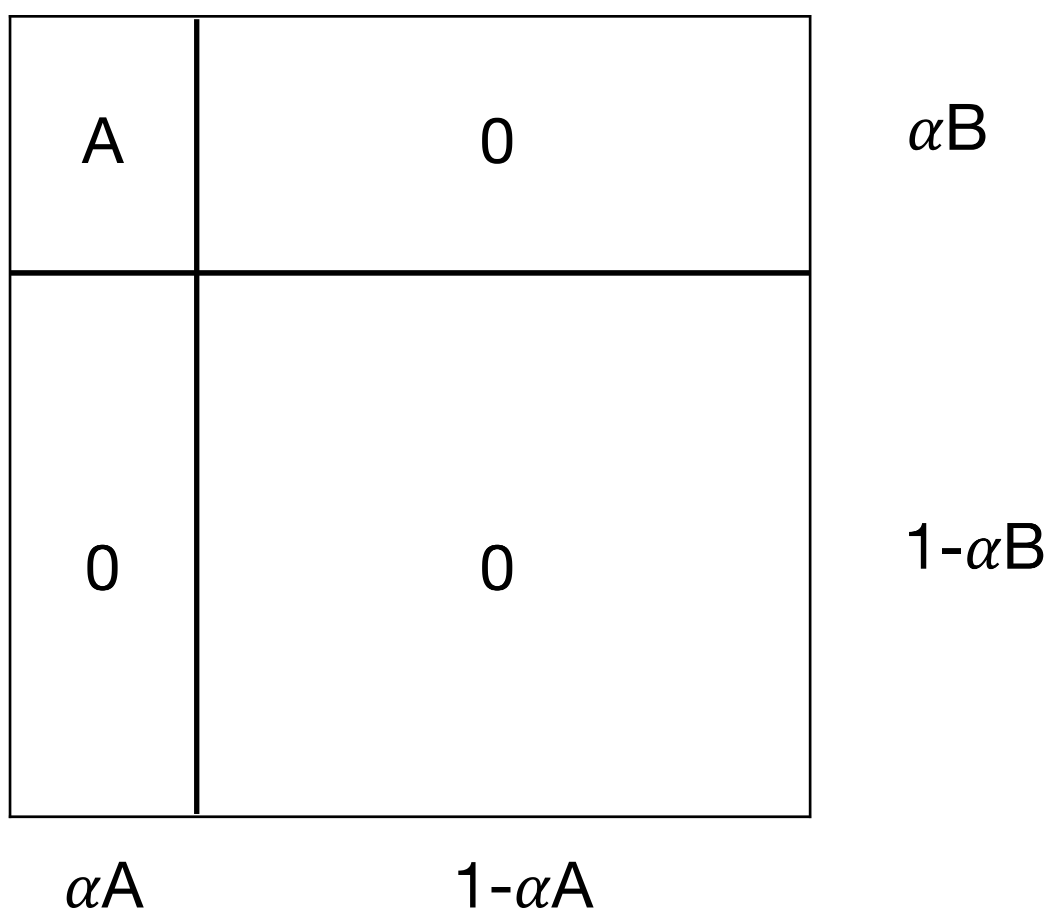
B	B	αB
0	0	1-αB
αA	1-αA	

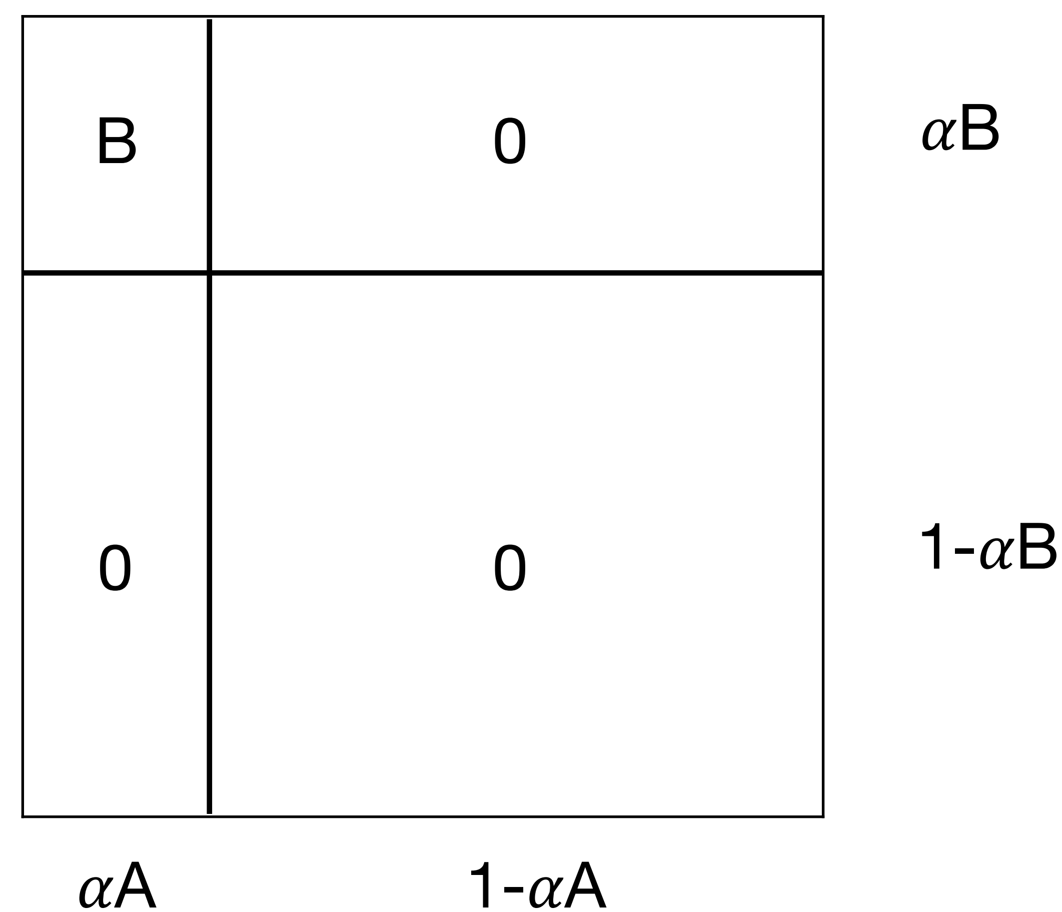
- Opération A OVER B
- Opération B OVER A





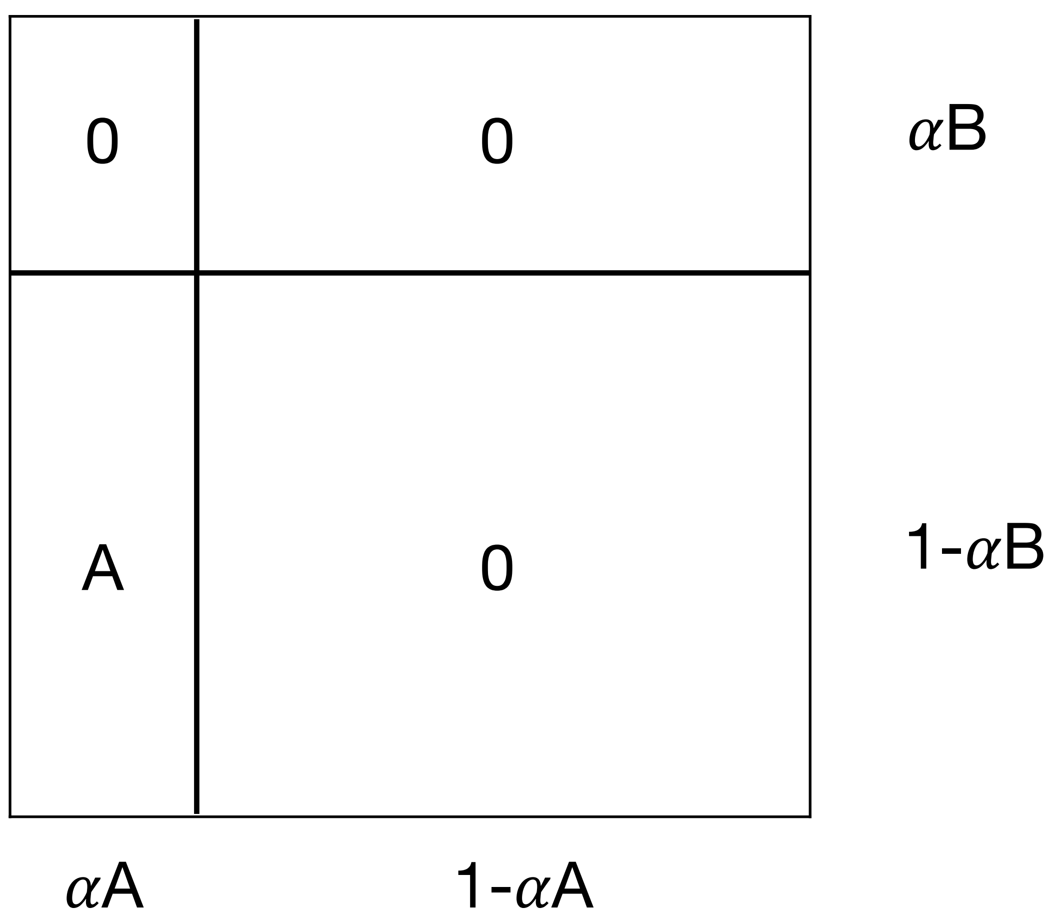
- Opération A IN B
- Opération B IN A

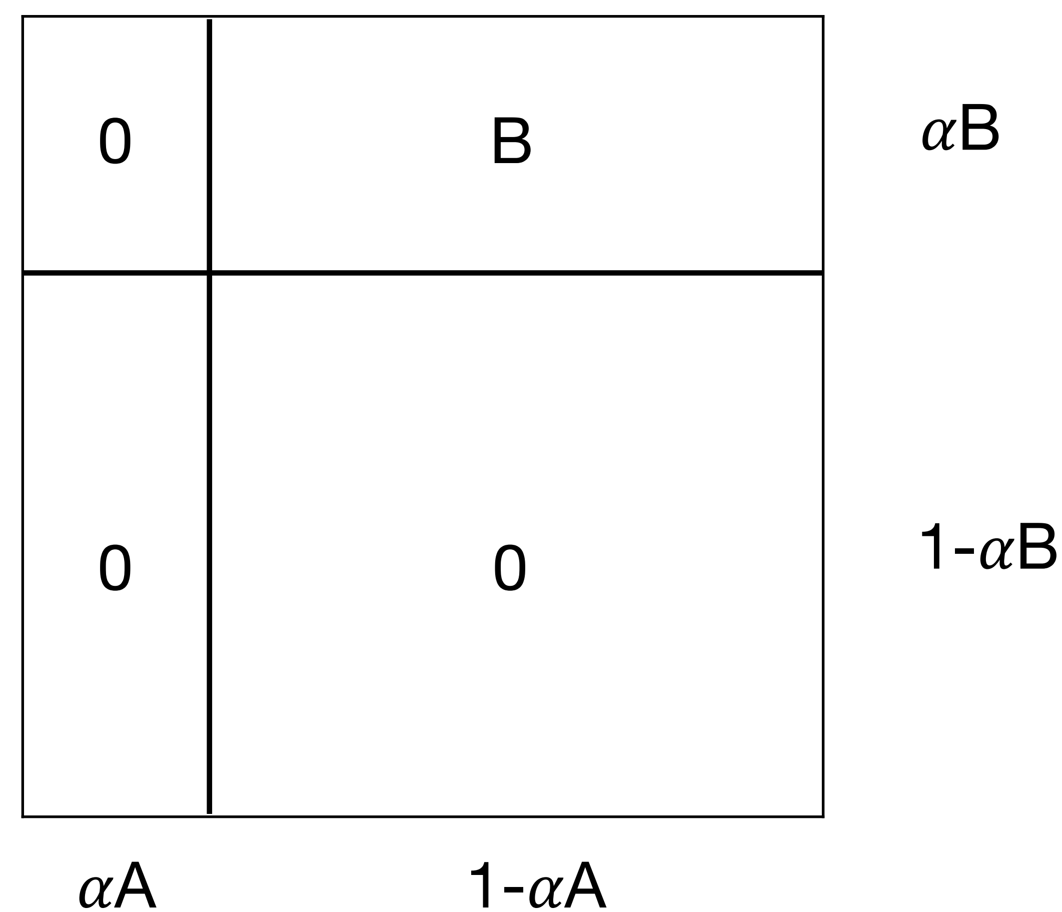




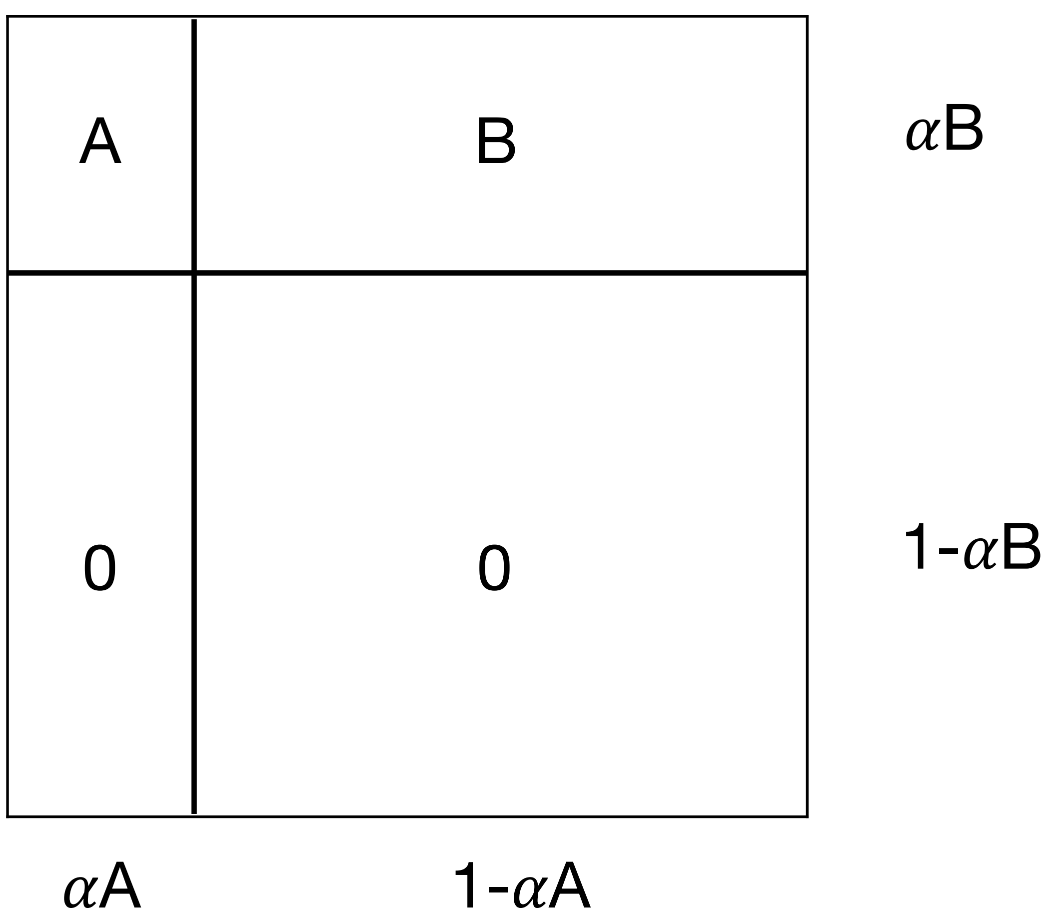
- Opération A OUT B

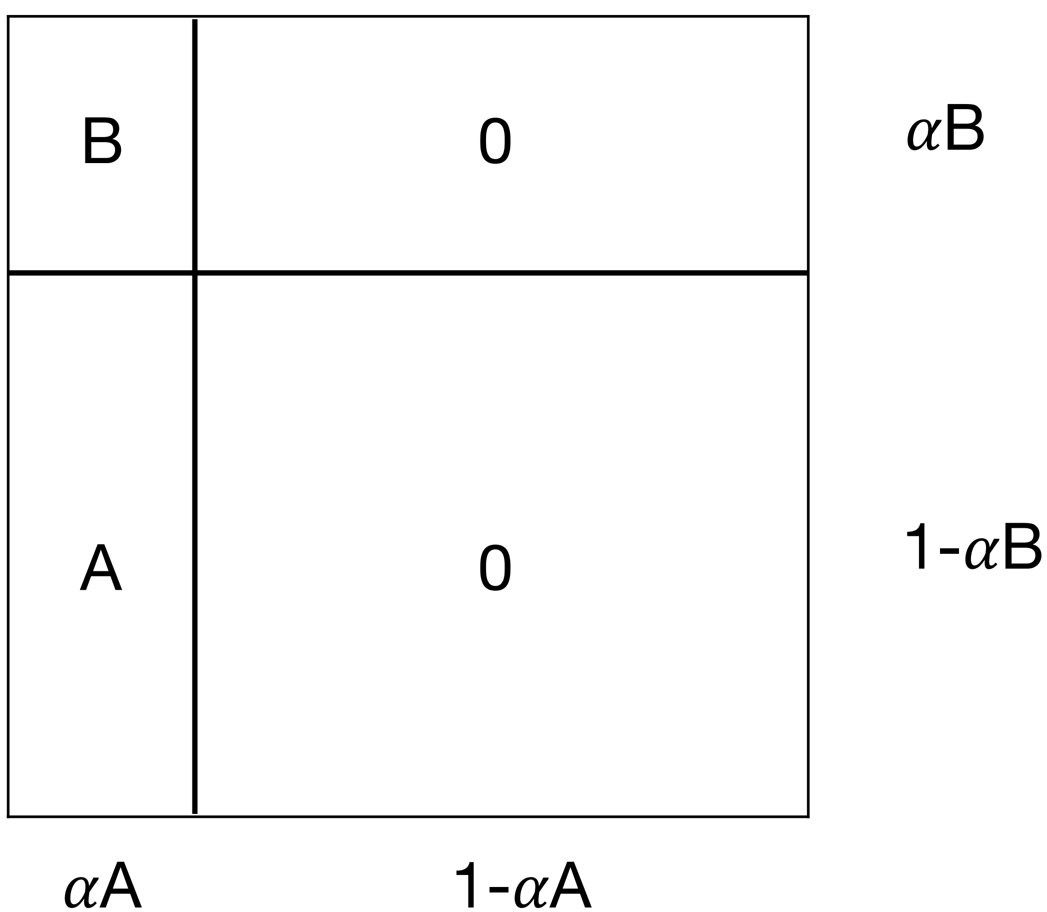
- Opération B OUT A



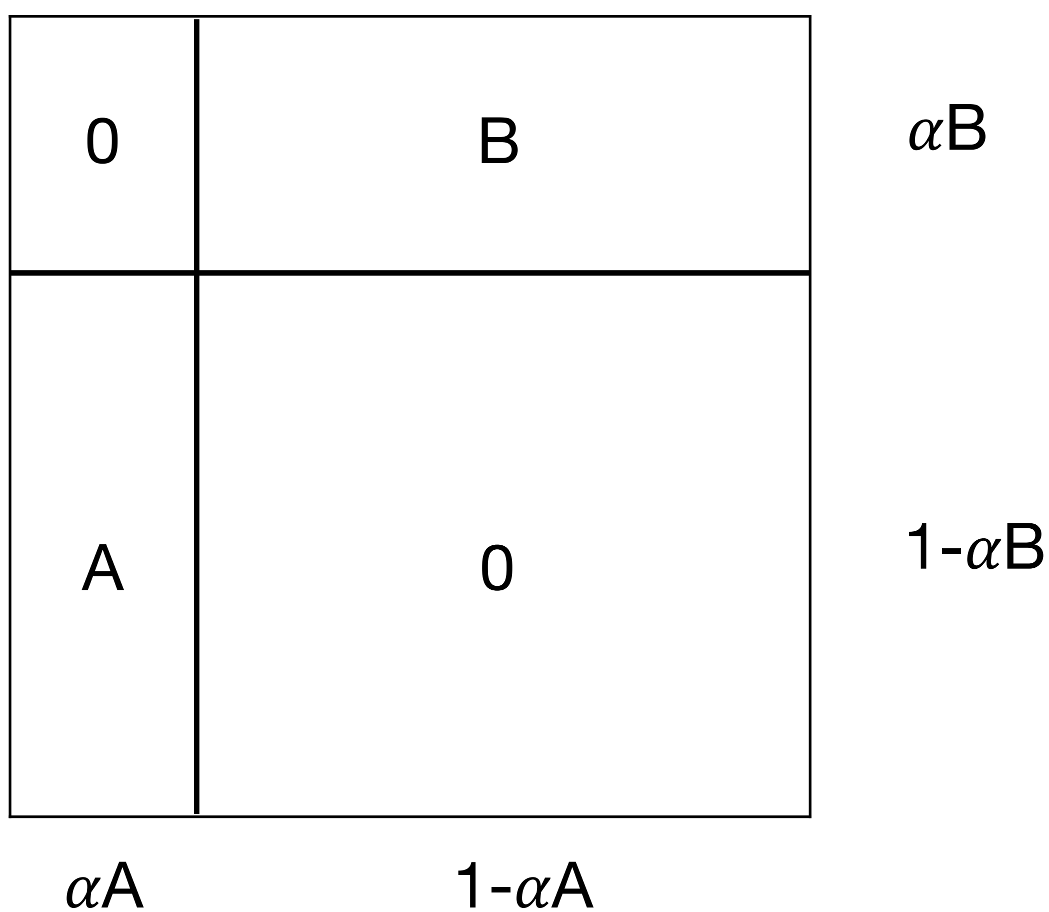


- Opération A ATOP B
- Opération B ATOP A

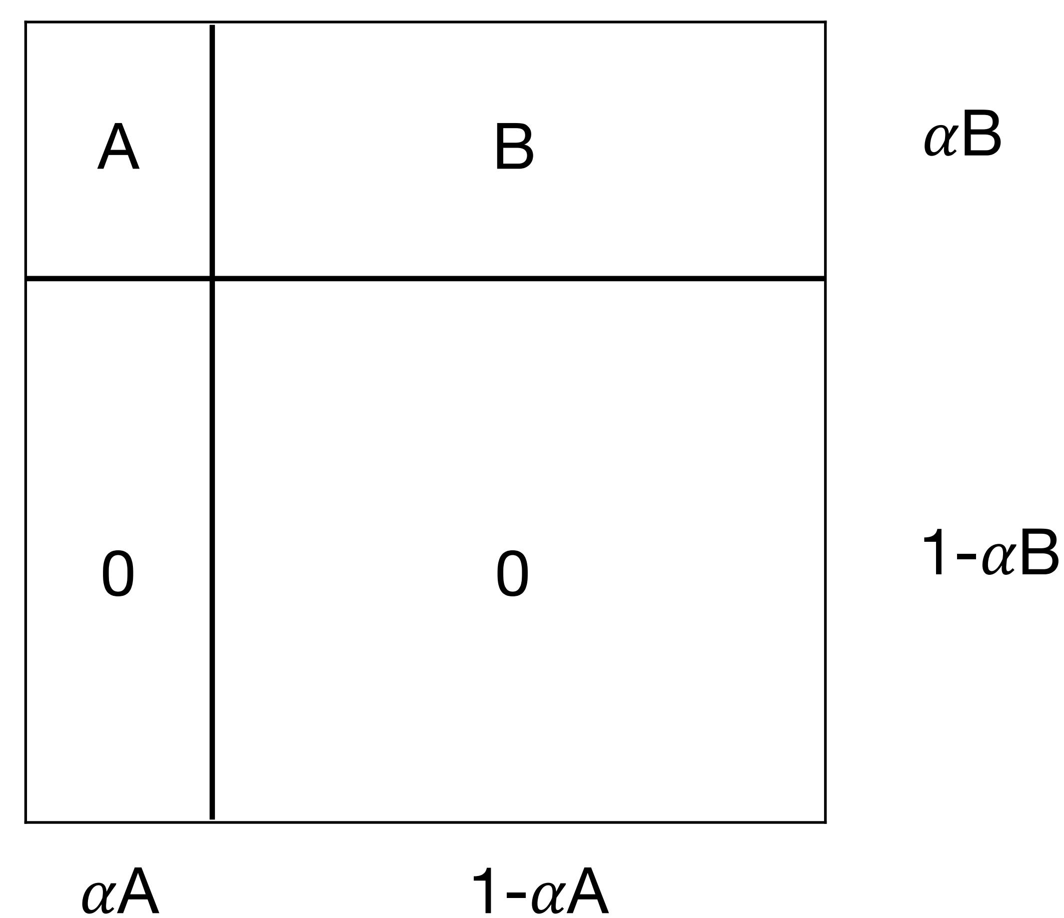




- Opération A XOR B



- Opération A ATOP B
- Au final
  - A est en proportion relative αB
  - B est en proportion relative (1-αA)



Opérateur	Proportion relative A FA	Proportion relative B FB
CLEAR	0	0
A	1	0
B	0	1
A OVER B	1	1-αA
B OVER A	1-αB	1
A IN B	αB	0
B IN A	0	αA
A OUT B	1-αB	0
B OUT A	0	1-αA
A ATOP B	αB	1-αA
B ATOP A	1-αB	αA
A XOR B	1-αB	1-αA

- L’arithmétique de Porter-Duff s’exprime (en mode pré-multiplié) comme :

$$\alpha_r = \alpha_A F_A + \alpha_B F_B$$
$$c_r = F_A c_A + F_B c_B$$

  - Ex. : (0.5,0,0,0.5) OVER (0,0.5,0,0.5)
    - (0.5,0.25,0,0.75)
    - Rouge moitié transparent OVER Vert moitié transparent
      - donne Marron foncé au 3/4 opaque

- L'opérateur spécial PLUS est défini par FA=1 et FB=1
  - attention il sature!
  - mais il est utile accompagné de l'opérateur de dissolution DISSOLVE(I,ϕ) : qui à (r,g,b,α) de I associe (ϕr,ϕg,ϕb,$\phi\alpha$)
    - et permet de définir la dilution croisée
      - CROSS-DISSOLVE(A,B,t) = DISSOLVE(A,1-t) PLUS DISSOLVE(B,t)

- Références
  - sRGB
    Page Wikipédia
  - Compositing Digital Images
    Thomas Porter & Tom Duff
    1984, Computer Graphics, Vol. 18 (3)