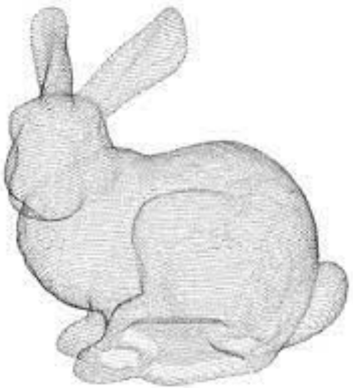
Compression des Maillages 3D

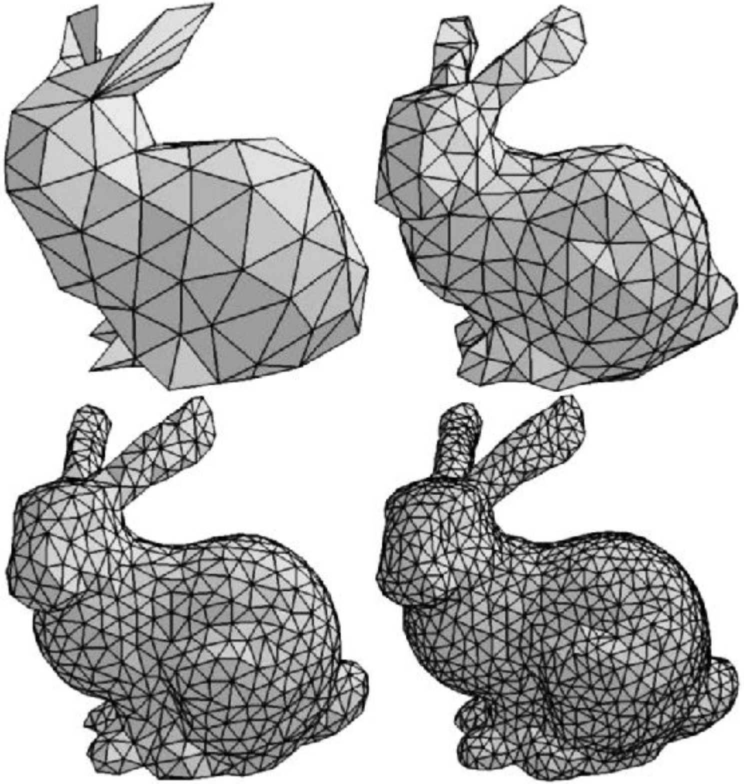
Codage et Compression
Master 1 Imagine

Bianca Jansen van Rensburg

Maillages 3D Triangulaires

- Géométrie : un nuage des points
- Un point v = (x, y, z)
- Connectivité : des triangles
- Résolution peut être augmentée avec plus de points



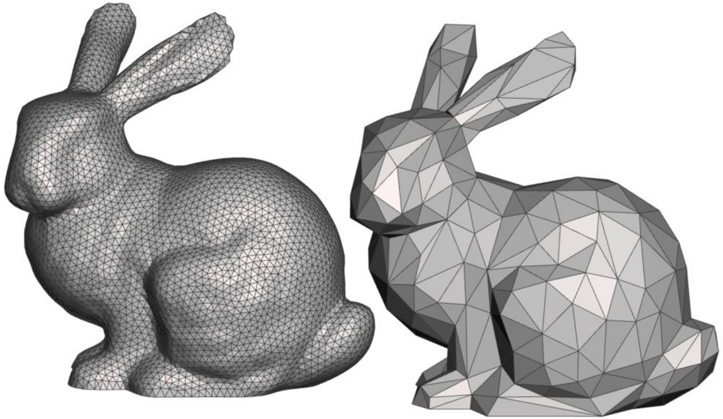


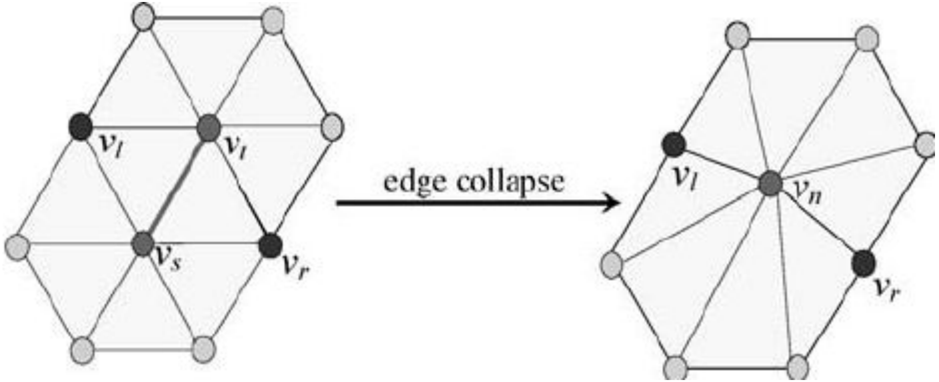
Maillages 3D Triangulaires

- Ils peuvent avoir d'autres caractéristiques aussi!
  - Texture
  - Normals
  - .....
- Tout peut être écrit dans le fichier

1ere Méthode de Compression 3D: Décimation

- Baisse de résolution
- Simplification: Edge collapse
- Lossy





Standard de Compression 3D : Draco

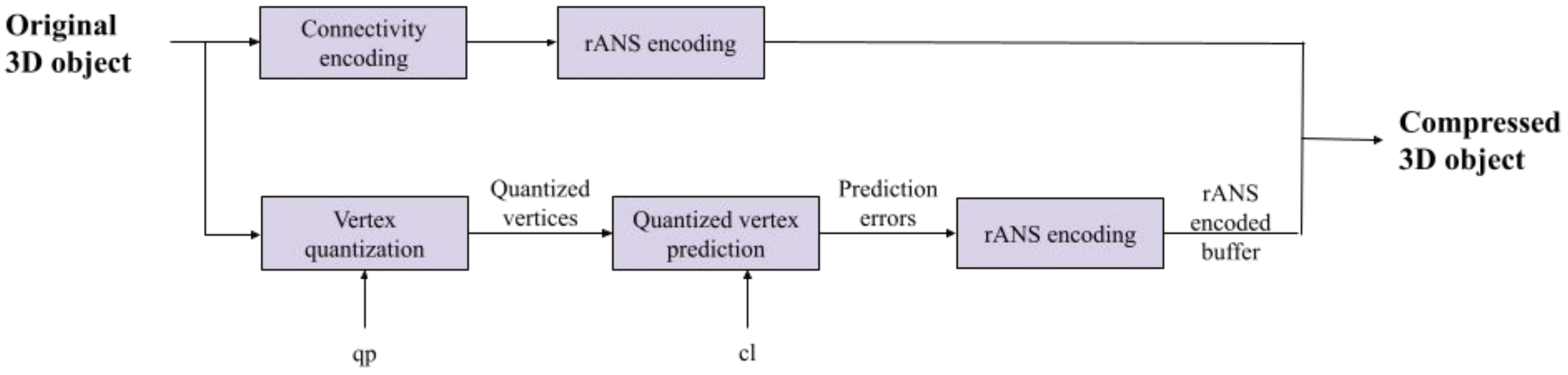
- Créé par Google
- Nouveau standard en industrie
- https://google.github.io/draco/

DRACO

3D DATA COMPRESSION

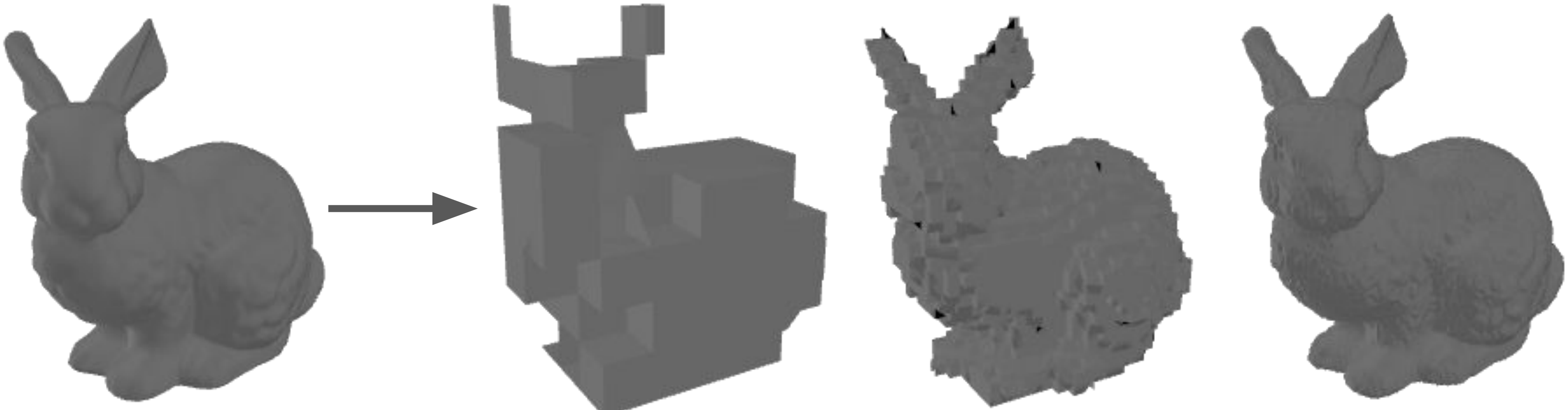
Draco Encoding : Les étapes principales

- Quantification des points
- Edgebreaker : Compression de connectivité
- Erreurs de prédiction : Compression de géométrie
- Encodage entropique (rANS)



Quantification

- Conserve uniquement certains bits par coordonnée
- Les MSB sont conservés
- Standard: 32-bits par coordonnée



32 bits 3 bits 5 bits 7 bits

Quantification

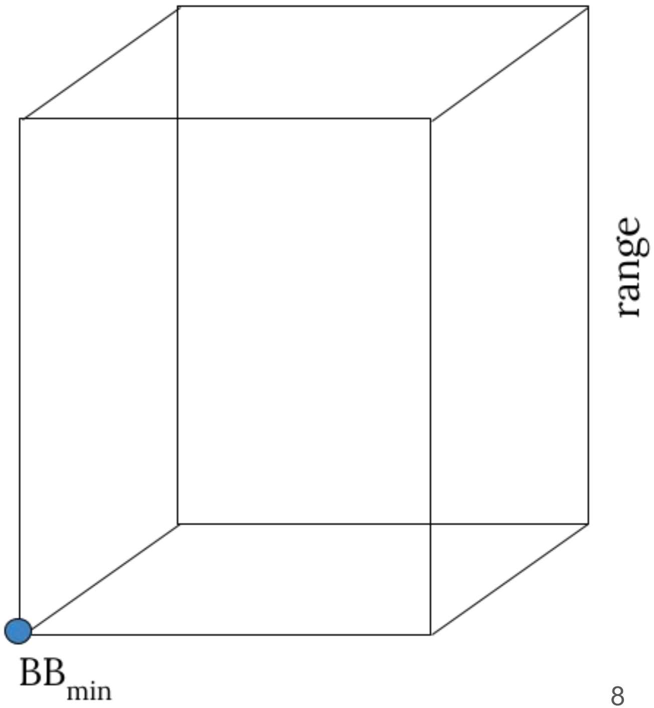
- En pratique : plusieurs façons de faire
- Le façon Draco :

Quantification : $c' = (c - BB_{min\_c}) * 2^{qp} / range$

Déquantification : $c = c' * range / 2^{qp} + BB_{min\_c}$

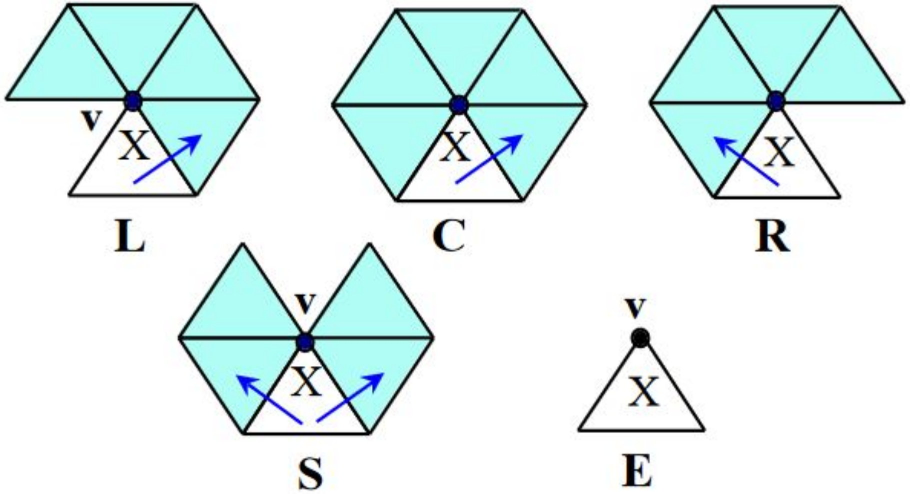
- c : coordonnée
- c' : coordonnée quantifiée
- qp : facteur de quantification
- $range$: le plus grand côté du boite englobant
- BB_{min_c} : coordonnées minimums du boite englobant

Résultat : un entier non signé et arrondi

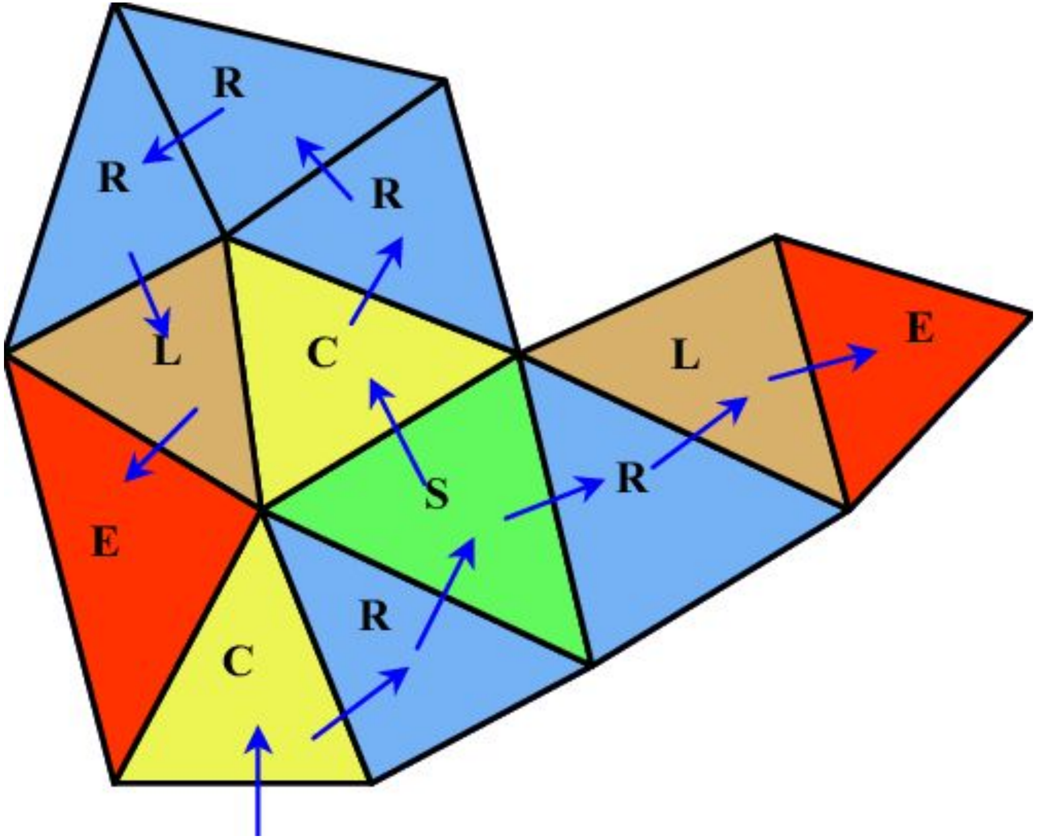


Edgebreaker : Encodage

- Encodage de connectivité
- Triangles représentés par un CLERS string
- CLERS étiquette attribuée selon le statut des triangles voisins
- 1 - 2 bits par triangle

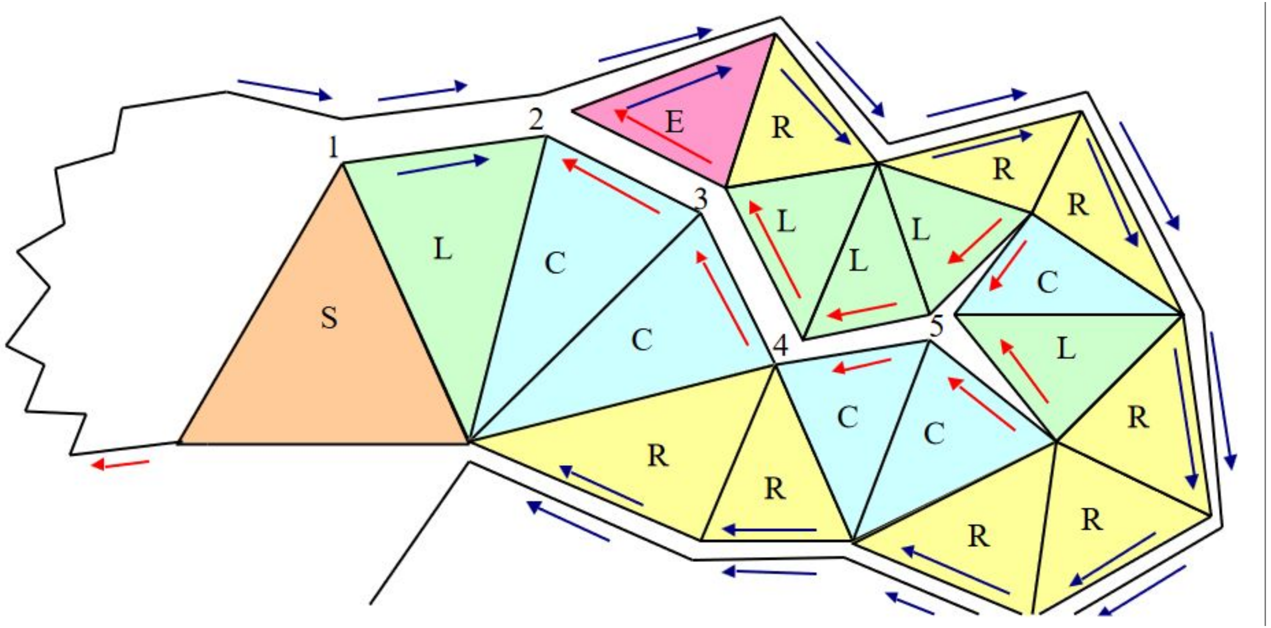


Edgebreaker : Encodage



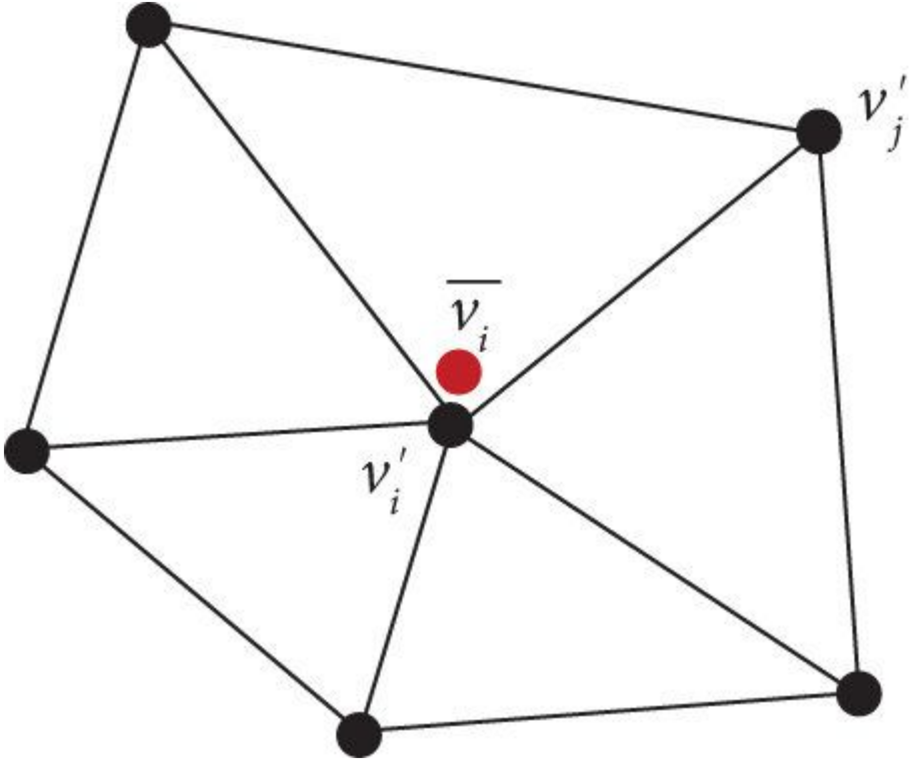
Edgebreaker : Decodage

- Reconstruire le maillage à partir de CLERS
- Chaque section est “zipped” après L ou E.



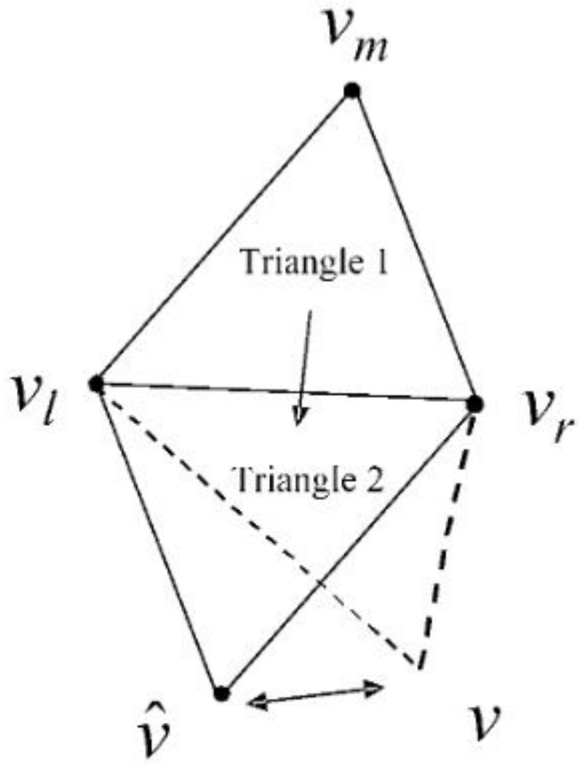
Erreurs de prédiction : Compression des points 3D

- Les points sont prédits
- Uniquement des erreurs de prédiction sont écrits
- Des grandes valeurs $\rightarrow$ des petites valeurs sans perte d'information



Prédiction d’un Parallélogramme

- Règle d’un parallélogramme
- Prédiction $\hat{v} = v_l + v_r - v_m$



Encodage Entropique - range Asymetrical Numeral Systems (rANS)

- Utilisé par : Google, Facebook, Apple, Linux…
- Taux de compression arithmétique avec un temps de compression de Huffman

rANS : L'idée

- Alphabet A : [0,...,9]
- Séquence S = {3, 2, 0, 8, 9, 1}
- On veut représenter S avec un seul entier : X_6 = 320891

$$
\begin{aligned}
X_0 &= 0 \\
X_1 &= X_0 * 10 + 3 \\
X_2 &= X_1 * 10 + 2 \\
&\cdots \\
X_6 &= X_5 * 10 + 1
\end{aligned}
$$

https://kedartatwawadi.github.io/post--ANS/

rANS : L'idée

- Alphabet A : [0,...,9]
- Séquence S = {3, 2, 0, 8, 9, 1}
- On veut représenter S avec un seul entier : X_6 = 320891

$$
\begin{aligned}
&X_6 = 320891 \\
&X_5 = \lfloor X_6/10 \rfloor, s_6 = mod(X_6, 10) \\
&X_4 = \lfloor X_5/10 \rfloor, s_5 = mod(X_5, 10) \\
&\quad \cdots \\
&X_0 = 0, s_1 = 3
\end{aligned}
$$

https://kedartatwawadi.github.io/post--ANS/

rANS : L'idée

- Alphabet A = {0,...,9}
- Séquence S = (3, 2, 0, 8, 9, 1)
- On veut représenter S avec un seul entier : X_6 = 320891

- X_6 est converti en binaire : $\log_2 10$ bits/symbole
- Optimal uniquement si chaque symbole est **équiprobable**.
- Est-ce qu'on peut représenter la même séquence avec moins de bits/symbole?
- rANS : les symboles les plus fréquents $\longrightarrow$ plus petit changement d'échelle.

https://kedartatwawadi.github.io/post--ANS/

rANS : Notation

- Alphabet A = $\{a_1, a_2, ..., a_k\}$
- Séquence S = $(s_1, s_2, ..., s_n)$
- Fréquence F = $\{F_{a1}, F_{a2}, ..., F_{ak}\}$ proportionnelle aux probabilités p=$\{p_1,p_2,....,p_k\}$
- La taille de fréquence $M = \sum_{i=1}^{k} F_i \longrightarrow p_i = \frac{F_{a_i}}{M}$
- Fréquence cumulative $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

https://kedartatwawadi.github.io/post--ANS/

rANS : Etats

- Un état de rANS est noté X_t où t = numéro d'état.
- Initialisation : $X_0 = 0$
- X_t basé sur l'état X_{t-1} précédent et le symbole courant s_t : $X_t = C_{rANS}(X_{t-1}, s_t)$
- S_t et X_t récuperer lors du décodage : $s_t, X_{t-1} = D_{rANS}(X_t)$

https://kedartatwawadi.github.io/post--ANS/

rANS : Encodage

Alphabet A, Séquence S, Fréquence *F*, probabilités p={p_1,p_2,....,p_k}, taille M, fréquence cumulative C

$$X_t = \left\lfloor \frac{X_{t-1}}{F_{s_t}} \right\rfloor * M + C_{s_t} + mod(X_{t-1}, F_{s_t})$$

https://kedartatwawadi.github.io/post--ANS/

rANS : Décodage

Alphabet A, Séquence S, Fréquence F, probabilités p={p_1,p_2,....,p_k}, taille M, fréquence cumulative C

$$slot = mod(X_t, M)$$
$$s_t = C\_inv(slot)$$
$$X_{t-1} = \left\lfloor \frac{X_t}{M} \right\rfloor * F_{s_t} + slot - C_{s_t}$$

https://kedartatwawadi.github.io/post--ANS/

rANS : Example

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

rANS : Example

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$$X_t = \left\lfloor \frac{X_{t-1}}{F_{s_t}} \right\rfloor * M + C_{s_t} + \mathrm{mod}(X_{t-1}, F_{s_t})$$

	S_t	F_{s_t}	C_{s_t}
$X_0 = 0$			
$X_1 = \left\lfloor \frac{0}{3} \right\rfloor * 6 + 0 + \mathrm{mod}(0, 3)$ $= 0$	0	3	0

rANS : Example

$$X_t = \left\lfloor \frac{X_{t-1}}{F_{s_t}} \right\rfloor * M + C_{s_t} + \mathrm{mod}(X_{t-1}, F_{s_t})$$

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$X_0 = 0$

$X_1 = \left\lfloor \frac{0}{3} \right\rfloor * 6 + 0 + \mathrm{mod}(0,3)$

$= 0$

$X_2 = \left\lfloor \frac{0}{1} \right\rfloor * 6 + 3 + \mathrm{mod}(0,1)$

$= 3$

S_t	F_{s_t}	C_{s_t}
0	3	0
1	1	3

rANS : Example

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$$X_t = \left\lfloor \frac{X_{t-1}}{F_{s_t}} \right\rfloor * M + C_{s_t} + \mathrm{mod}(X_{t-1}, F_{s_t})$$

$$X_4 = \left\lfloor \frac{6}{2} \right\rfloor * 6 + 4 + \mathrm{mod}(6, 2) \quad 2 \quad 2 \quad 4$$

$$= 22$$

$$X_5 = \left\lfloor \frac{22}{2} \right\rfloor * 6 + 4 + \mathrm{mod}(22, 2) \quad 2 \quad 2 \quad 4$$

$$= 70$$

rANS : Example

$$X_t = \left\lfloor \frac{X_{t-1}}{F_{s_t}} \right\rfloor * M + C_{s_t} + \mathrm{mod}(X_{t-1}, F_{s_t})$$

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$$X_6 = \left\lfloor \frac{70}{3} \right\rfloor * 6 + 0 + \mathrm{mod}(70, 3) \quad 0 \quad 3 \quad 0$$

$$= 23 * 6 + 1$$

$$= \boxed{139}$$

- 8 bits
- 1.333.... bits/symbol

rANS : Example

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$$X_{t-1} = \left\lfloor \frac{X_t}{M} \right\rfloor * F_{s_t} + m - C_{s_t} \qquad m = \mathrm{mod}(X_t, M)$$

$$s_t = C^{-1}(m) \qquad C^{-1}(y) = a_i$$

$$\text{si } C_{a_i} \leq y < C_{a_{i+1}}$$

rANS : Example

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$$X_{t-1} = \left\lfloor \frac{X_t}{M} \right\rfloor * F_{s_t} + m - C_{s_t} \qquad m = \text{mod}(X_t, M)$$

$$s_t = C^{-1}(m) \qquad C^{-1}(y) = a_i \text{ si } C_{a_i} \leq y < C_{a_{i+1}}$$

$X_6 = 139$

	F_{s_t}	C_{s_t}
$m = \text{mod}(139, 6) = 1$; $s_5 = C^{-1}(1) = \underline{0}$; $X_5 = \left\lfloor \frac{139}{6} \right\rfloor * 3 + 1 - 0 = 23 * 3 + 1 = 70$	3	0

rANS : Example

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$$X_{t-1} = \left\lfloor \frac{X_t}{M} \right\rfloor * F_{s_t} + m - C_{s_t} \qquad m = mod(X_t, M)$$

$$s_t = C^{-1}(m) \qquad C^{-1}(y) = a_i$$

si $C_{a_i} \leq y < C_{a_{i+1}}$

$m = mod(70, 6)$
$= 4$

$s_4 = C^{-1}(4) = 2$

$X_4 = \left\lfloor \frac{70}{6} \right\rfloor * 2 + 4 - 4$
$= 22$

2 4

$m = mod(22, 6)$
$= 4$

$s_3 = C^{-1}(4) = 2$

$X_3 = \left\lfloor \frac{22}{6} \right\rfloor * 2 + 4 - 4$
$= 6$

2 4

rANS : Example

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$$X_{t-1} = \left\lfloor \frac{X_t}{M} \right\rfloor * F_{s_t} + m - C_{s_t} \qquad m = \mathrm{mod}(X_t, M)$$

$$s_t = C^{-1}(m) \qquad C^{-1}(y) = a_i \text{ si } C_{a_i} \le y < C_{a_{i+1}}$$

$m = \mathrm{mod}(6,6)$
$= 0$
$s_2 = C^{-1}(0) = 0$

$X_2 = \left\lfloor \frac{6}{6} \right\rfloor * 3 + 0 - 0$
$= 3$

3 0

$m = \mathrm{mod}(3,6)$
$= 3$
$s_1 = C^{-1}(3) = 1$

$X_1 = \left\lfloor \frac{3}{6} \right\rfloor * 1 + 3 - 3$
$= 0$

1 3

rANS : Example

Alphabet $A = \{0, 1, 2\}$

Sequence $S = \{0, 1, 0, 2, 2, 0\}$

Fréquence $F = \{3, 1, 2\}$, $M = 6$

Cumulative $C = \{0, 3, 4\}$, $C_{a_i} = \sum_{j=1}^{i-1} F_{a_j}$

$$X_{t-1} = \left\lfloor \frac{X_t}{M} \right\rfloor * F_{s_t} + m - C_{s_t} \qquad m = \text{mod}(X_t, M)$$

$$s_t = C^{-1}(m) \qquad C^{-1}(y) = a_i$$

si $C_{a_i} \leq y < C_{a_{i+1}}$

$m = \text{mod}(0, 6)$

$= 0$

$s_6 = C^{-1}(0) = \underset{m}{0}$

$X_0 = \left\lfloor \frac{0}{6} \right\rfloor * 3 + 0 - 0$

$= 0$

3 0

Bianca Jansen van Rensburg

Mesures de Distortion

- A quel point les maillages sont déformés?
- On compare avec le maillage original :
  - Root Mean Squared Error (RMSE)
  - Distance de Hausdorff

Mesures de Distortion : RMSE

- Root mean squared error
- Le correspondant entre deux maillages est connu

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Mesures de Distortion : Distance de Hausdorff

- Le correspondant entre deux maillages est inconnu
- La plus grande distance au point le plus proche
- Plus coûteux que le RMSE

$$d_H(X,Y) = \max\left\{\sup_{x\in X}\inf_{y\in Y} d(x,y), \sup_{y\in Y}\inf_{x\in X} d(x,y)\right\}.$$