

Université Paris 8

Master Création Numérique

parcours : *Arts et Technologies de l'Image Virtuelle*

**Plastique de la roche 3D :
Un réalisme gravé dans le marbre ?**

Vincent BERRA

Mémoire de Master 2

2015 - 2016

RESUME

Le travail de la matière permet de donner du crédit visuel à nos créations. Pour ce faire, il est essentiel d'analyser les particularités de la matière que l'on traite. Ici, la roche, présente des particularités intéressantes qui vont alors diriger le processus de création pour former un ensemble « réaliste ». Ces particularités sont principalement axées sur le volume qu'il faut à tout moment révéler et mettre en exergue. Il est alors intéressant d'explorer les différents modes de créations du volume et les enjeux techniques et esthétiques qui en découlent. Ces enjeux vont ainsi guider les approches de couleurs dans la recherche du réalisme, du crédible.

Cette recherche du réalisme permet de révéler toute l'expression de la plastique des surfaces qui doit à son tour être travaillée et mise en scène. Ce processus amène alors à une réflexion sur la matière et son identification, ce qui en fait son essence.

ABSTRACT

Working the materials allows us to give visual credits to our creations. To do so, it is important to analyse the visual particularities of our material. Here, rocks surfaces show interesting characteristics that will guide all the creation process to form one « realistic » assembly. Those characteristics are mostly based on the surface's volume that has to be revealed. It is then interesting to explore the different technics of creation and the technical and aesthetical stakes that come out of it. These stakes stakes will make us think differently the approach of texturing in our search for realism and credibility.

This exploration of realism enable to reveal all the plastic expressivity of the surfaces that then has to be showed and dramatized. All of this process bring us a reflection on what makes the visual essence of materials.

Table des matières

Introduction.....	4
État de l'art.....	6
La peinture, un réalisme en mouvement :.....	6
Le cinéma, une illusion de la réalité :.....	13
CHAPITRE I:Esthétique des surfaces :.....	20
Les diverses approche de silhouette :.....	20
Le déplacement mapping, une génération de forme :.....	25
Photogrammétrie, copie du réel :.....	30
Une liberté des volumes avec la sculpture digitale :.....	40
Enjeux des approches de formes, un questionnement du relief :.....	53
CHAPITRE II :magnifier la forme par la couleur :.....	60
Méfiance sur les textures :.....	60
Pertinence des pixels :.....	62
La couleur dans tous ses états :	64
La peinture numérique, un habillage interactif :	67
CHAPITRE III : Une mise en scène de la roche :	78
Contextualisation de la matière :.....	78
Dans les bas fonds du canyon :.....	78
A l'entrée de la grotte :.....	83
Une interprétation de la matière :.....	87
Au travers du cristal :.....	92
Une peau de marbre :.....	98
CONCLUSION.....	107

Introduction

C'est acquis, l'Homme s'est constamment inspiré de son environnement pour créer. Même l'art abstrait est symbolique d'un environnement. L'émergence et le développement constant des technologies numériques ont généré un mouvement d'immersion. On cherche de plus en plus à positionner le spectateur au plus proche du sujet qu'on lui montre, briser cette frontière entre l'illusion et la réalité. On peut le voir notamment avec la réalité virtuelle qui va apporter une dimension supplémentaire en jouant avec nos repères spatiaux, notre kinesthésie¹ ou le fonctionnement de notre rétine. Mais cette pratique s'étend aussi dans le média purement visuel. On parle alors de « réalisme » de l'image ou, plus précisément, de « photoréalisme ». Aidée par la flopée de moteurs de rendus dit « physiquement réalistes », les productions audiovisuelles peuvent maintenant transformer plus librement le métrage de base avec des effets spéciaux (ou VFX), des intégrations 3D ou des intégrations sur fond vert. Et nombre de graphistes 3D tombent souvent dans cette course au photoréalisme pour exprimer la beauté visuelle de leurs univers. Ainsi, il devient intéressant de donner du cachet à nos rendus en montrant un univers fantastique qui s'éloigne de la réalité dans son concept mais qui, dans le rendu de ses matériaux et de ses détails, nous donne cette impression d'exister quelque part dans le monde et prend plus facilement place dans notre acceptation visuelle. Si je parle de réalisme ici, c'est parce qu'il me tient à cœur d'explorer ce qui, visuellement, nous donne cette impression de réalité.

Le sujet autour duquel je vais articuler cette exploration est la roche car, dans la plupart des projets que j'ai entrepris dernièrement, je me suis appliqué à expérimenter cette approche des rendus de roche et il m'a semblé pertinent de continuer sur cet axe. La matière rocheuse présente des contraintes intéressantes – que j'exposerai plus tard – ce qui en fait un matériau très diversifié. L'aspect de la roche qui attire le plus mon attention est sa forme naturelle et spontanée. Je vais donc étudier ici la roche « brute », c'est-à-dire non traitée par la main de l'homme (tel les roches taillées ou les bâtiments de pierre), afin de ne pas me perdre dans un océan de diversités et de garder un fil conducteur dans mes recherches. De plus, ce qui m'intéresse particulièrement dans l'art pictural est le traitement graphique des univers dans lesquels nous allons placer nos personnages et notre récit.

1 Perception consciente de la position et des mouvements de son propre corps.

Comme le disent si bien Thierry LE NOUVEL et Pascal-Joanne RABAUD dans leur ouvrage *Chef décorateur pour le Cinéma* : « Aujourd'hui comme hier, le décor dramatise l'espace, aménage et définit le cadre de l'histoire, détermine le lieu ainsi que l'action; il joue un rôle comparable à celui d'un personnage, en a l'importance, la même fonction dramatique. En un mot, il donne du sens. Une histoire n'est donc jamais indépendante du lieu où elle s'accomplit ou qui la justifie. Il faut un contexte à son déroulement, un cadre à son action, des moyens matériels et symboliques par lesquels elle s'exprime afin que les spectateurs puissent « croire », c'est à dire se laisser gagner par la crédulité et sombrer dans l'illusion du spectacle. »²

La roche étant un élément extrêmement présent dans presque tous les types de décor, constituant la base même de la plupart des univers, allant des massifs montagneux jusqu'aux simples roches disséminées dans une forêt en passant par les briques et les pavés constituant les bâtiments d'une ville, il m'a semblé pertinent d'en faire un sujet de recherches. C'est ainsi que je suis parti de la problématique suivante :

Quels sont les enjeux techniques qui nous poussent à l'esthétique réaliste de la roche?

Nous explorerons ces divers enjeux via plusieurs projets d'expérimentation que j'ai réalisés durant l'année. Nous verrons également comment les questionnements et obstacles auxquels j'ai fait face lors de la réalisation de ces projets ont permis d'affiner mes recherches sur le traitement visuel de la roche.

2 *Chef décorateur pour le cinéma*, Thierry Le Nouvel et Pascal-Joanne Rabaud, édition Eyrolles, année 2011, p15.

État de l'art

Il m'a paru intéressant de commencer par contextualiser le sujet en relatant l'évolution des approches dans les représentations picturales et leur réalisme. En effet, la manière de représenter les décors et les matériaux qui les constituent ont beaucoup évolué au fil du temps ce qui a eu un impacte sur notre vision du réel et la crédibilité des images.

La peinture, un réalisme en mouvement :

La peinture et ses différents mouvements présentent une grande diversité dans les modes de représentation et le réalisme n'a pas toujours été le souci principal des artistes. Il suffit de comparer des œuvres du courant romantique avec des œuvres du cubisme pour s'en convaincre. La façon de représenter le monde par la peinture a toujours été en mouvement, questionnant ainsi perpétuellement les notions de réalisme et de crédibilité. Au Moyen-Age par exemple, les peintures étaient plus centrées sur les personnages, le décor était plat et simplifié pour servir de fond.

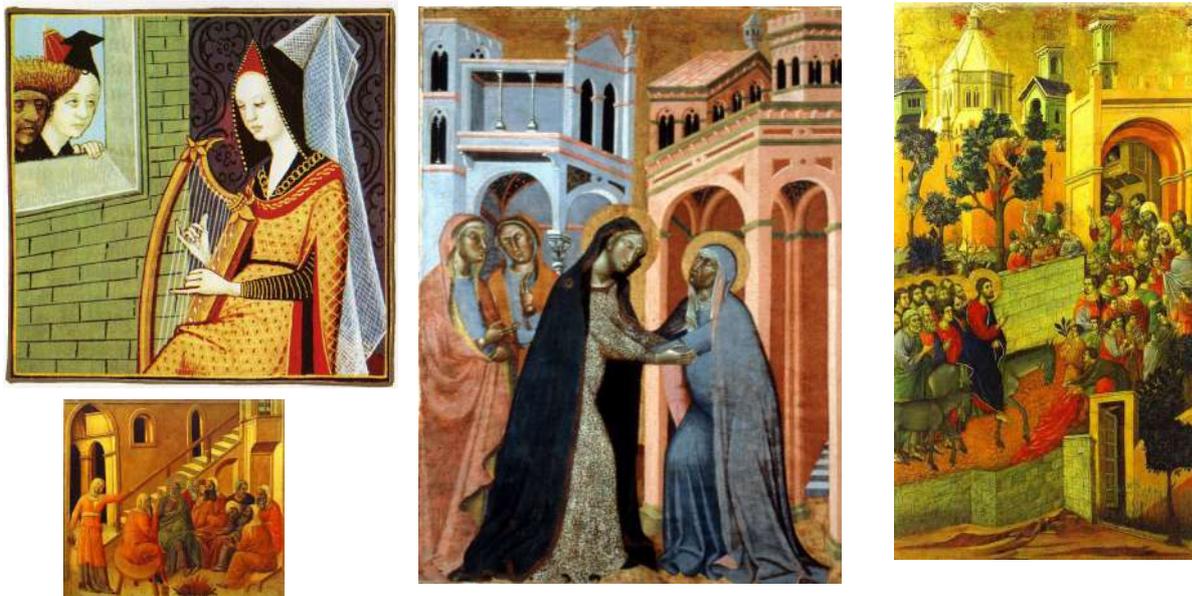


Fig 1. Ensemble de peinture du XIIIe siècle³

³ Source : google image

En 1410 le paysage commence à être plus représenté en Flandres par le principe de la « veduta » qui donnait une ouverture sur le paysage dans la scène mais le paysage restait isolé du sujet principal du tableau.

On peut le voir dans La vierge du chancelier Rolin de Jan van Eyck.



Fig 2. La Vierge du Chancelier Rolin, peinture de Jan van Eyck, 1435

« Dans la peinture du moyen-âge, le paysage est simplement un décor au service de la scène principale, le plus souvent religieuse. La représentation de la nature y est peu réaliste, sans profondeur, sa fonction étant essentiellement décorative ou symbolique ⁴ ». A partir du XVIIe siècle, les peintres commencent à s'intéresser à l'environnement et intègrent plus les personnages dans leurs décors.

4 Article du service éducatif (Karine Guihard et Fabienne Lincet) du Musée des Beaux-Arts de Caen et des conseillers pédagogiques départementaux des arts visuels (Anne-Marie Quérueu et Pierre Gallo), « Parcours « La Peinture de paysage » », p. 4



Fig 3. Orphée et Eurydice, Nicolas Poussin (1651)

Petit à petit, le décor va prendre une place plus proéminente dans les représentations picturales. La notion de paysage est complètement introduite dans le domaine de la peinture.



Fig 4. Annibale Carracci, La Pêche (1596)

Ici, on voit que les personnages s'intègrent d'avantage dans le décor, plus que dans les tableaux de Poussin, jusque dans l'arrière plan avec le paysan qui cultive ses terres. De légères touches de couleurs rouge, bleu, et des éclaircies permettent de faire ressortir les personnages mais outre cela, les personnages et le décors sont traités de la même manière. De plus, il y a une plus grande interaction entre le paysage et les protagonistes. On remarque donc plus une recherche de réalisme par ces volontés qui confèrent davantage de crédit à l'image. « Le paysage devient alors un sujet à part entière, représenté pour lui-même, indépendamment de toute référence mythologique ou religieuse.

L'angle est restreint, la ligne d'horizon s'abaisse au niveau du regard humain, ce qui donne au ciel une place de choix, la lumière est traitée avec précision, évoquant une saison particulière.

L'environnement ordinaire est le sujet du tableau, les figures et l'architecture sont reléguées au second plan. »⁵.

Fin XVIIe - début XIXe on voit apparaître le réalisme néoclassique avec Pierre-Henri de Valenciennes. On a une volonté croissante de réalisme dans les représentations mais on revient d'un autre côté vers des compositions plus classiques de paysage. « il s'agit de peindre un tableau de paysage conçu à partir d'un sujet d'histoire, mais appuyé sur des études faites d'après nature. »⁶

Avec l'arrivée du romantisme, le paysage prend une dimension sentimentale et se voit mis en scène, dramatisé comme on peut le voir dans le Paysage du Riesenbirge de Caspar David Friedrich où la mise en lumière vient sublimer le côté majestueux du décor et renforcer les volumes qui le constitue.



Fig 5. Paysage du Riesenbirge de Caspard David Friedrich (1811)

5 Ibid, p. 5

6 Ibid, p. 6

Si le romantisme s'appliquait à travailler les lumière et dramatiser l'image donnant davantage d'impact à la crédibilité des peintures, le mouvement artistique du « réalisme » apparu vers 1830 cherche plus une représentation objective de la réalité. Apparu comme un mouvement de rébellion qui dénonçait l'industrialisation à outrance et l'oppression des classes sociales, le réalisme avait une volonté de représenter les scènes de la vie telle qu'elles étaient, sans idéalisme et utopie. Cette recherche plus « naturaliste » des représentations fait avancer d'un pas supplémentaire le réalisme visuel des peintures. Ce réalisme a d'ailleurs probablement été influencé par le fait que le mouvement réaliste a émergé presque en même temps que l'invention de la photographie.

Pour les impressionnistes, Le décor s'émanche du personnages pour devenir un sujet à part entière et les enjeu de la matière, de la plastique des matériaux naturels se ressentent davantage. Contrairement aux derniers mouvements picturaux cités, l'impressionnisme ne se veut pas comme une recherche du réalisme (dans le sens photo-réaliste) mais se concentre uniquement sur ses perceptions visuelles pour peindre (travailler avec les couleurs, la lumière, les matières). Les œuvres impressionnistes étaient d'ailleurs moquées au début car elles ne respectaient pas les codes « classiques » de la peinture et ne paraissaient pas réalistes dans le sens figuratif mais étaient pourtant empreintes d'un certain réalisme puisque basées sur la perception des sens. Le résultat n'en est donc pas moins crédible.

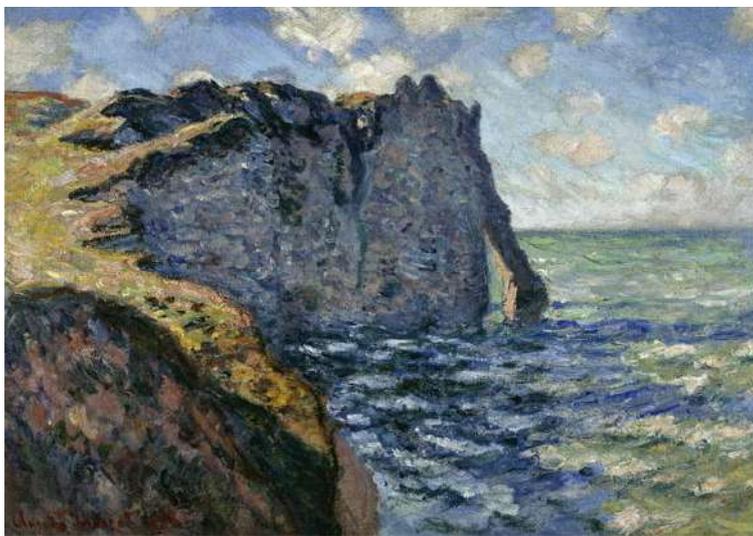


Fig 6. Falaises d'Aval à Etretat, peinture de Claude Monet, (1885)

On reconnaît alors les efforts fournis dans les coups de pinceau, les variations colorées et le travail des ombres pour faire ressortir les reliefs et les détails des surfaces naturelles.

Puis vient le naturalisme dans les années 1880, perçu comme la relève du réalisme mais qui empreinte des effets picturaux à l'impressionnisme. Les naturalistes cherchent à « représenter la nature telle qu'elle est »⁷ ce qui indique une recherche plus réaliste et figurative. Comme les réalistes, les objets et personnages sont remis dans leur contexte et notamment leur lieu de travail mais les naturalistes « mettent l'accent sur des parties significatives : des visages épuisés ou réjouis, des mains déformées par le travail ou fines et lisses, des objets du quotidien marqués par l'usage... »⁸. On a donc plus un travail dans le détail – sans doute aidé par l'émergence des technologies photographiques, l'appareil Kodak portable étant apparu en 1888 – pour désigner la réalité des scènes ce qui démontre une approche supplémentaire vers le photo-réalisme.



Fig 7. Paysage de rivière, peinture à l'huile de Henri Biva

7 René Dumesnil, *Le Réalisme et le Naturalisme*, 1955:p12.

8 Source : [https ;//fr.wikipedia.org/wiki/Naturalisme_\(peinture\)#cite_note-9](https://fr.wikipedia.org/wiki/Naturalisme_(peinture)#cite_note-9)

Dans le cinéma d'animation on va avoir des représentations diversifiées où certains vont choisir des axes plus simplistes avec des ombres très marquées et des teintes grises pour suggérer les volumes de la roche tandis que d'autres vont continuer dans le réalisme de la matière en travaillant au détail près les détails de surface (touches de verts pour représenter la mousse, dessiner presque chaque cristaux qui constitue la surface rocheuse). Toutes ces approches picturales étant empreintes des divers techniques et modes de représentation propres aux mouvements artistiques antérieurs.

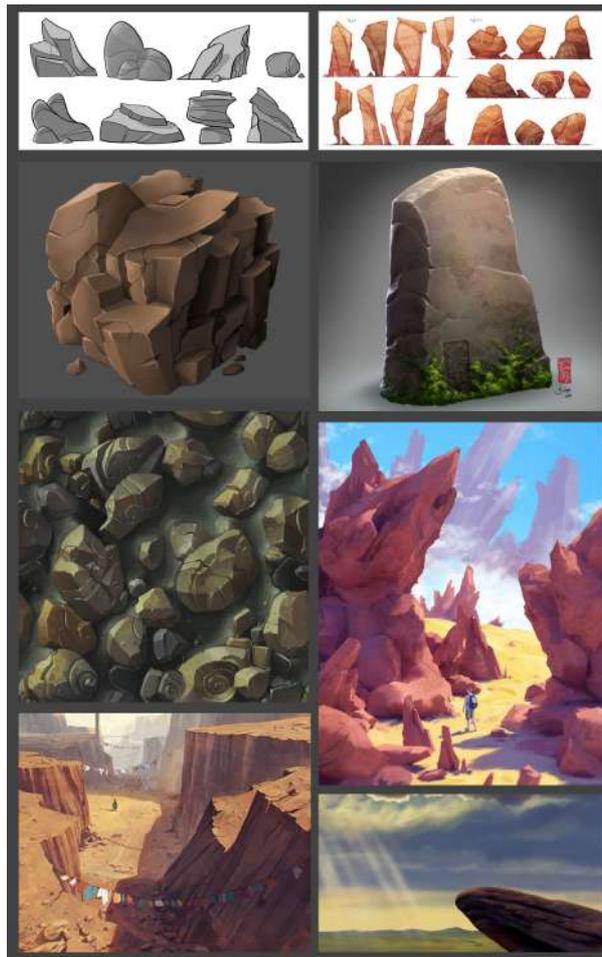


Fig 8. ensemble de décors peints modernes⁹

⁹ Source des images : <https://fr.pinterest.com>

Le cinéma, une illusion de la réalité :

« Au-delà d'un simple spectacle visuel, le cinéma tend à une démonstration du réel dans le sens où ce que le public voit à l'écran paraît d'une absolue véracité. »¹⁰ .« Le cinéma reste de la fiction mais les films réalistes essaient de contourner cette vérité pour tendre vers une réalité crédible. »¹¹.

Au tout début, le cinéma n'avait d'ailleurs que la vocation de retranscrire la réalité.

Le décor au cinéma a, dès le départ été une problématique à travailler car les appareils de prise de vues et les installations du plateau de tournage ne permettaient pas de se déplacer librement et rapidement, ce qui a contraint les cinéastes à garder un lieu fixe pour tourner. Il était alors très difficile de tourner en extérieur. C'est Georges Méliès et Thomas Edison qui, respectivement en 1897 et 1893, ont développé le concept de studio de cinéma. Thomas Edison, avec son « Black Maria », avait créé une installation légère et mobile pour se déplacer en fonction de l'orientation du soleil qui, à l'époque, était la seule source de lumière suffisamment puissante que la caméra pouvait capter. Georges Méliès a, un peu plus tard donc, mis en place un studio à Montreuil qui, cette fois, était fixe et plus complet dans son installation.



Fig 9. Photo du Black Maria de Thomas Edison

Plus que cela, Georges Méliès a développé la création de décor pour les plateaux de tournage. Le cinéma empruntant directement au théâtre, il s'est servi de son expérience du spectacle pour travailler les décors factices. Ses pratiques ont été énormément utilisées au cours de l'histoire du cinéma car leur liberté de création et leur accessibilité permettait un très grand champs de possibilité.

10 Mémoire Art de l'exposition et Scénographie *Le décor factice : réalisme et modernité*, Steffin E., Université de Metz, p 43.

11 Article du site *Apprendre le Cinéma: Réalisme et cinéma*, janvier 2012, source : www.apprendre-le-cinema.fr

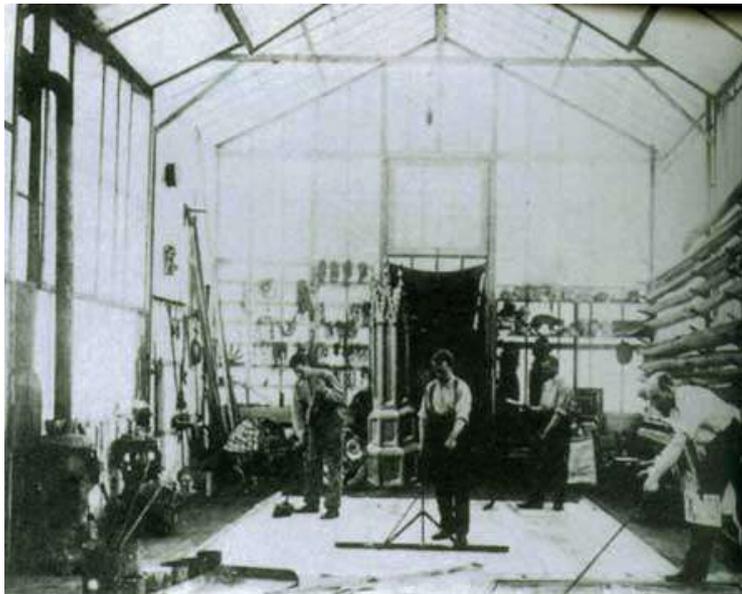


Fig 10. Studio de George Méliès à Montreuil¹²

Dans le cas du cinéma, on se retrouve dans une problématique presque à l'opposé de celle de la peinture car, tournant initialement en noir et blanc, ce n'est pas les couleurs mais la forme qui va importer. Pour donner sa crédibilité au sujet, ce sont davantage la silhouette et les volumes qui seront travaillés. Ainsi, le métier de décorateur et même architecte décorateur, prend tout son sens. Son but est de trouver des installations et des matériaux qui vont en simuler d'autres.

Pour les roches, qui sont un élément très lourd et quasi impossible à transporter, l'approche était tout d'abord à base de carton-pâte. Sa constitution à la fois souple et ferme fait qu'en le froissant on peut obtenir une surface aux formes spontanées mais assez angulaires. Avec des architectures utilisant des charpentes en bois et des grillages en métal souple, il est possible de former des façades entières de roche factice comme les falaises de *La Ruée vers l'or* de Charlie Chaplin.¹³

12 Source : google image

13 Charlie Chaplin, *La ruée vers l'or*, Etats-Unis, 1925, 96 min, fiction, noir&blanc



Fig 11. Décor de roche du film *La ruée vers l'or* de Charlie Chaplin (1925)¹⁴

Deux aspects du travail vont guider la création : le choix des matériaux et leur modelage. Les premiers modelages dans l'histoire étaient réalisés en carton-pâte tenus par des structures en bois et fibres métalliques. Cette installation avait l'avantage d'être peu onéreuse, facilement transportable, montable et démontable. Mais on voit apparaître au fil du temps les techniques de moulage en silicone et le thermoformage. « Un moule en silicone peut reproduire des textures extrêmement fines, jusque dans la granulation de la pierre ou les veines du bois, explique Charles Wood, chef décorateur sur le tournage de *Thor, Age of Darkness*, pour réussir à tromper les yeux des spectateurs, qui sont de plus en plus avisés, il faut devenir un illusionniste. »¹⁵ Le Thermoformage est aussi beaucoup utilisé dans le modelage de décors. Cette technique consiste à chauffer un matériau pour profiter de sa ductilité, c'est à dire la capacité du matériau à se déformer plastiquement sans se rompre, afin de lui faire épouser les reliefs d'un moule pour créer les formes que l'on souhaite. Pour le tournage des premiers films de la saga *Star Wars*¹⁶ par exemple, les maquettes sont faites en polystyrène avec moulage par injection et résine thermoformée.

14 Source : google image

15 *Thor, le monde des ténèbres : Entretien exclusif avec le chef-décorateur Charles Wood*, article du site effets-speciaux.info

16 Georges Lucas, saga *Star Wars*, 1977



Fig 12. Construction d'un décor du film Star Wars¹⁷

Le choix des matériaux va impliquer d'analyser les propriétés surfaciques de diverses matières souples et légères pour les accorder avec la matière à simuler. Un des matériaux phares, notamment pour le moulage, est le plâtre. « Le plâtre est le matériau que l'on utilise le plus dans les décors, parce qu'on se le procure facilement, qu'il est très solide, et qu'il permet de reproduire des surfaces avec une grande qualité de définition. Il est également très facile à peindre et très durable. Notre équipe de plâtriers utilise ce produit depuis plusieurs décennies, et ils arrivent à obtenir des rendus incroyablement différents [...] »¹⁸ Ce matériau peut donc être moulé et enduit d'un produit hydrofuge (gomme ou laque) pour boucher les pores et l'empêcher de se dégrader rapidement.

L'arrivée de la couleur au cinéma introduit plus tard le travail de la couleur sur les éléments du décor et la définition des caméras devient de plus en plus précise ce qui oblige un travail plus minutieux dans la simulation des surfaces et donc le choix des matériaux. Mais en parallèle, l'évolution des techniques de construction de décors connaît un essor notamment après les années 1950 grâce aux progrès de l'industrie chimique. Ainsi, les plastiques et les peintures à séchage rapide commencent à être employés. A l'aube des années 1970, on voit apparaître des matériaux comme le polystyrène expansé et les résines thermoformées de qualité telle que les décors carton-pâte se voient remplacés par ces derniers. « Aujourd'hui, le plâtre polymère à base de gypse et de latex est une des utilisations les plus courantes dans la construction de décors et d'accessoires. Sa structure simule parfaitement l'aspect de la pierre et sa légèreté en fait un matériau pratique pour les tournages de film. Outre sa légèreté qui permet le transport, sa résistance au feu et à l'eau permet un tournage en extérieur »¹⁹.

17 Source : <http://www.plastic-lemag.com>

18 *Thor, le monde des ténèbres : Entretien exclusif avec le chef-décorateur Charles Wood*, Op Cit.

19 Article *Les plastiques font leur cinéma*, du site internet plastique-lemag.com



Fig 13. Construction de décor du film *Le Seigneur des Anneaux : La Communauté de l'Anneau* de Peter Jackson (décor en plâtre et polystyrène).

Bien évidemment, l'émergence des technologies numériques change complètement l'approche des créations de décor et permet un champ de possibilités bien plus étendu. Les éléments en carton-pâte laissent place à des *tracking*²⁰ et intégrations 3D que l'on peut travailler plus librement et les projections de décors de fond sont remplacées par des fonds verts.

Ainsi, le challenge dans la création de décor factice est de simuler un matériau par d'autres matériaux en utilisant leurs propriétés et en les moulant de diverses manières. Contrairement à la peinture, la création de décor au cinéma a été et continue d'être dépendante des évolutions techniques. On retrouve beaucoup d'approches dans la création 3D analogues à celles du décor factice de cinéma. Le fait de se servir d'une surface de pierre comme d'un tampon pour « imprimer » les pores et grains de la surface sur un plâtre ou un latex par exemple peut s'apparenter à la technique de *bump map* que l'on retrouve en 3D et sur laquelle je reviendrai plus tard. Aussi, le fait que le volume prend le pas sur la couleur nous pousse à nous pencher sur les enjeux de la forme et sur la mise en lumière qui va révéler le volume.

²⁰ Le tracking 3D ou match moving est une technique numérique permettant d'extraire les informations de mouvements depuis une séquence vidéo et notamment d'en reproduire le mouvement de caméra.

Mais revenons-en à notre problématique principale qui s'intéresse plutôt aux techniques 3D qui tendent vers une esthétique réaliste de la roche. Tout d'abord, définissons le réalisme : le Larousse nous dit « Attitude qui tient compte de la réalité telle qu'elle est. Caractère de ce qui est une description objective de la réalité. » Dans l'art pictural, pour aller plus loin dans le réalisme, on peut évoquer le photo-réalisme : le terme « photo-réalisme » apparaît pour la première fois en 1968. Il est employé par Louis K. Meisel, auteur américain et businessman dans le milieu de l'art, qui cherche à évoquer la qualité photographique visuellement réaliste d'une œuvre visuelle. Le photo-réalisme (ou hyperréalisme) définit un courant artistique des années 1960-1970 qui caractérise des œuvres par leur interprétation quasi photographique du visible, sans intention critique.

Il est important de préciser qu'il ne faut pas confondre une image photo-réaliste et une image dite crédible. C'est-à-dire qu'un visuel peut-être crédible sans pour autant être réaliste. Voilà effectivement le premier questionnement auquel nous faisons face dans le milieu de l'image. Qu'est ce qui est photo-réaliste et qu'est ce qui est simplement crédible ? Le photo-réalisme, par sa volonté de coller au mieux à l'aspect visuel d'une prise de vue réelle, se doit de travailler sur tous les critères qui définissent ce qu'une photo a de réel. Que ce soit dans la lumière, le détail, les couleurs, chaque élément est nécessaire pour nous donner l'illusion que ce que l'on voit est le produit d'une photo réelle. La crédibilité, elle, va jouer sur un ou quelques détails essentiels pour simplement susciter le réel chez le spectateur. Par ces simples touches supplémentaires, le spectateur va « accepter » de croire en la crédibilité du sujet et comprend alors rapidement que le visuel qui lui est présenté correspond à une roche, un arbre ou quelque autre élément qu'il soit. S'en suit alors un cheminement de pensée qui fait que ce dernier va se laisser emporter dans l'univers qu'on lui montre. (Il est à noter que le regard du spectateur a beaucoup évolué en fonction des progrès techniques. Pour un spectateur d'aujourd'hui, les trucages et les décors carton-pâte de Méliès sont très datés alors que pour un spectateur de l'époque c'était la pointe de la technologie. La perception du réalisme et de la crédibilité n'était donc pas la même.) L'image de synthèse crée souvent cet amalgame car, se rapprochant d'avantage de notre conception du réel, on a plus de mal à faire la distinction entre ce qui va être objectivement photo-réaliste et ce qui va être crédible. Surtout avec l'avancée constante des technologies de l'image virtuelle (moteurs de rendu, résolution des écrans, corrections colorimétriques, etc...) Prenons l'exemple de *L'Âge de Glace 3 : Le temps des dinosaures*²¹ : comme le récit se déroule durant l'ère glaciaire et que donc les décors sont naturels, la roche y est très présente. On remarque que les rochers qui y sont présentés ne sont pas réalistes dans leurs formes, trop géométriques, leur manque de détail dans la matière, les ombres et les couleurs.

21 Carlos Saldanha, *L'Âge de Glace 3*, États-Unis, 2009, 94 min, animation, couleurs

En effet, transposée dans un film en prise de vue réel, les roches dénoteraient très probablement.



Fig 14. Image tirée du film *Ice Age : Dawn of the dinosaurs* de Carlos Saldanha et Mike Thurmeier (2009)

Pourtant, on sent tout de suite le matériau de pierre au premier regard et le sujet prend sa place dans le décor qui prend alors tout son sens. Une vraisemblance a été donnée à l'objet, notamment par le traitement des *normal map*²² qui va donner cette impression de surface granuleuse de la roche, les subtiles nuances et tâches de couleur, et l'éclairage global que cette crédibilité est possible.

Ici, la crédibilité visuelle de la roche est tout aussi intéressante car, selon l'univers que l'on va développer ainsi que son style, il faut adapter le traitement du rendu de tel sorte que notre matière rocheuse fasse partie intégrante du reste de notre décor.

Nous venons donc de voir comment les matériaux et leur réalisme ont été représentés au cours de l'histoire dans les approches picturales et comment l'œil du spectateur a évolué au cours de l'histoire et modifie son concept du réalisme selon les techniques de représentation. Cette remise en contexte nous amène à nous questionner sur la manière dont l'œil du spectateur conçoit le réalisme des matériaux dans le domaine de l'image de synthèse 3D. Nous allons donc à présent nous concentrer sur la manière dont notre œil perçoit le réalisme et la crédibilité du matériau de roche dans ses diverses phases de traitement visuel.

22 Technique de rendu 3D qui s'apparente à celle du bump map

CHAPITRE I:Esthétique des surfaces :

Les diverses approches de silhouette :

Lorsque j'ai abordé la représentation de roche dans mes projets, je me suis tout d'abord intéressé à la forme. Donner une silhouette convaincante à mes modélisations me semblait une priorité pour que les volumes des surfaces parlent d'elles-mêmes. J'ai donc observé et expérimenté diverses techniques de création de forme qui sont apparues au fil du temps depuis l'émergence des arts numériques. En effet, avec l'arrivée de la 3D, les modes de représentation repartent en quelque sorte de zéro. Les premiers rendus ne permettent pas de représenter correctement les environnements naturels, surtout pour ce qui est des matériaux naturels comme la roche. On le voit très bien dans le premier court-métrage des studios PIXAR intitulé *Les aventures d'André et Wally B*²³ où la roche est représentée par une sphère légèrement déformée et sur laquelle une simple texture en basse résolution²⁴ est appliquée.



Fig 15. Image tirée du court métrage *Les aventures d'André et Wally B* de Alvy Ray Smith (1984)

Dans la peinture, on peut ajouter des variations de teintes de façon aléatoires par des à-coups de pinceaux brosses pour imiter le grain de la pierre et créer des masses sombres pour simuler les ombres propres et projetées et ainsi donner des impressions de volume, de perspective. Mais ici, on parle de 3D et c'est donc le volume qui va nous être essentiel.

Cependant, le fait qu'on ne puisse travailler qu'avec des formes primitives (cube, sphères, cônes, pyramides) on ne peut pas reproduire les surfaces aléatoires de pierres. On est donc facilement restreint par la technologie de l'époque (carte graphique, processeur, algorithmes de traitement d'images, tablette graphique encore inexistante).

23 Alvy Ray Smith, *The adventures of André & Wally B*, États-Unis, 1984, 2 min)

24 Particularité d'une image de basse qualité visuelle

Le *texture mapping* introduit par Ed Catmull en 1974 permettait initialement de donner des effets de matière façon trompe l'œil sur des formes qui, en soit, restent basiques. Le *texture mapping* permet de transposer une image sur la surface de notre objet 3D selon des valeurs appelées coordonnées UV qui permettent d'attribuer un *texel* (partie de notre image) à une position sur la surface de notre modèle. Pour vulgariser le processus, c'est comme enfiler une peau sur notre objet nu. Ainsi, les pixels de notre image 2D vont recouvrir notre élément 3D en suivant son volume et lui donner une apparence supplémentaire de bois, métal, roche ou tout autre aspect que l'on souhaite. Cette possibilité est cependant très facilement limitée car notre œil sent très rapidement les défauts de l'image et l'effet cache-misère de la technique révèle son imposture. Car le fait d'apposer une image de roche sur une modélisation ne lui en donne pas pour autant les propriétés surfaciques du matériau. La texture appliquée restant une simple image 2D, l'aspect restera plat et la réaction de la lumière à la surface du volume ne correspondra pas à une matière rocheuse. On ne peut donc utiliser ce procédé que sur des formes plus plates, régulières et sur des cadrages éloignés.

C'est là que le bump mapping prend tout son intérêt. Introduite par James Blinn, cette technique ajoute un niveau de détail supérieur car elle va jouer sur la simulation des reliefs de la surface en déplaçant les normales²⁵ de la surface selon des valeurs de pixels qu'on lui indique. Modifier les normales de la surface a pour effet de détourner la trajectoire du vecteur de lumière qui la touche, créant par la suite des effets d'assombrissement et d'éclairci sur la surface comme le ferait un relief plus complexe.

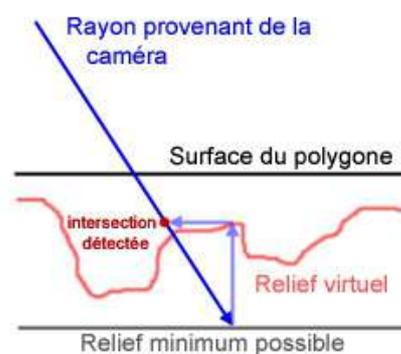


Fig 16. Schéma de fonctionnement du bump mapping

25 Vecteur perpendiculaire à la surface de chaque polygone qui constitue l'objet 3D

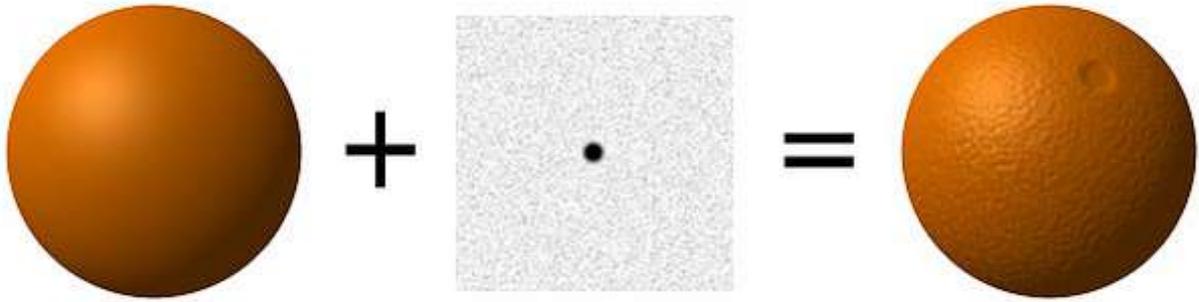


Fig 17. Exemple de l'effet du bump mapping²⁶

Plus tard le normal mapping fait son apparition et ajoute un niveau de qualité supérieur au rendu de relief simulé. Le principe va modifier plus précisément l'angle de trajectoire du vecteur lumière. Sa constitution en canaux RGB²⁷ (différentes valeur de Rouge, Vert et Bleu pour chaque pixel de l'image) va indiquer une valeur respective XYZ au vecteur de normale de la surface. Pour calculer plus précisément, les vecteurs vont être considérés dans le plan dit Tangent c'est à dire que pour chaque face de notre maillage (ou « mesh »), on va avoir la normale de la face, perpendiculaire à cette dernière, qui va correspondre à l'axe Z, sa tangente qui correspondra à l'axe X et enfin la dite bi-tangente qui, elle, sera l'axe Y.

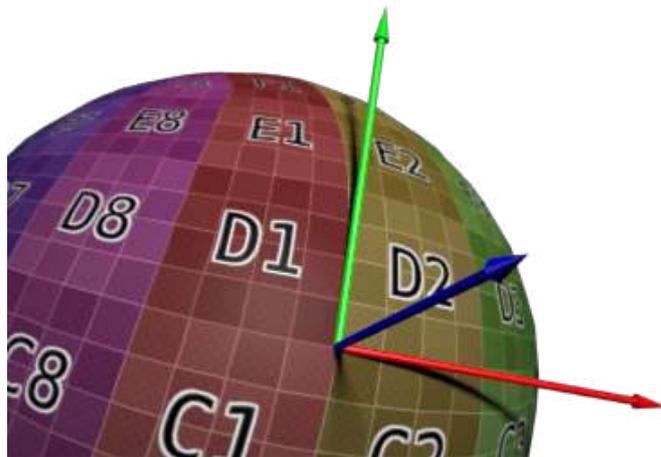


Fig 18. Illustration du plan Tangent²⁸

26 Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Bump_mapping

27 En imagerie numérique, les couleurs sont définies par des valeurs de trois canaux de couleurs rouge, vert et bleu (dans cet ordre)

28 Source : www.opengl-tutorial.org

De plus, le bump mapping de base fonctionne avec des images en niveau de gris ce qui limite les valeurs de modification à 256 possibilités²⁹ tandis que la normal map qui, elle, est en niveau RGB en propose bien plus.

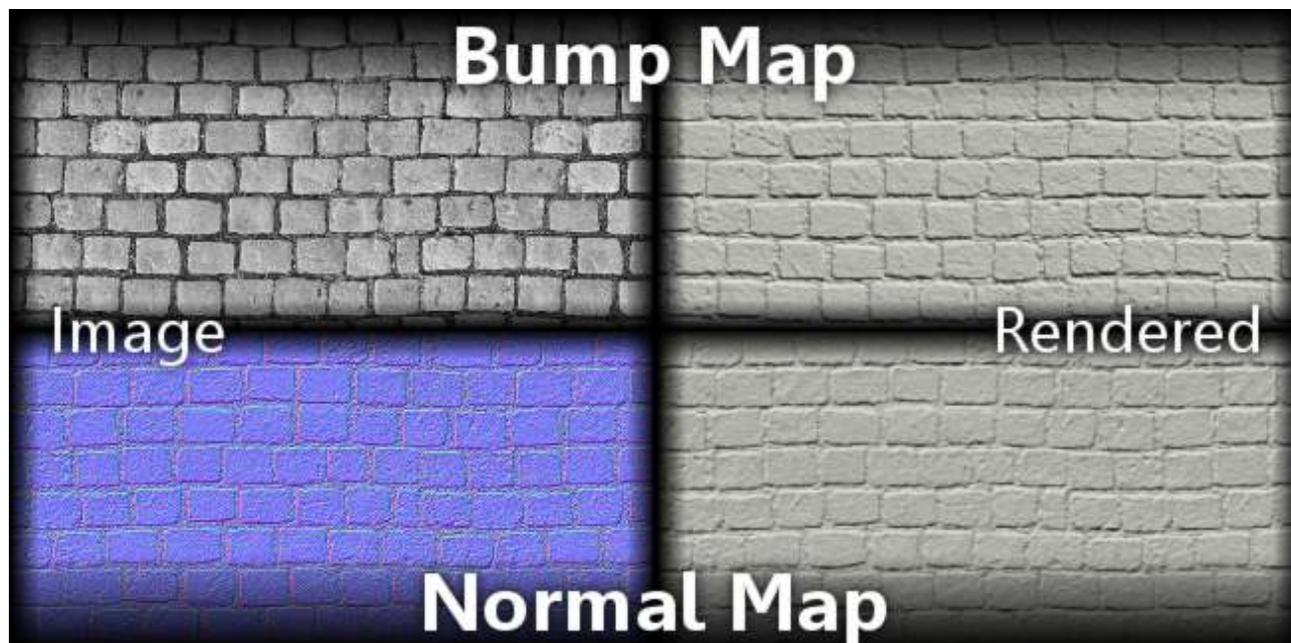


Fig 19. Comparatif bump mapping et normal mapping³⁰

Ceci dit, le médium reste lui aussi limité car n'agit que sur les normals de la surface et donne seulement un effet de relief. Les volumes du relief simulé n'existent donc pas et les ombres paraissent facilement fausses et trop marquées. Lorsqu'un regarde une surface à laquelle on a appliqué un bump mapping d'un angle de vue quasi parallèle à cette dernière, on ne remarque effectivement aucun vrai relief et la silhouette du modèle reste plane.

Bien que des techniques tel que le Parallaxe Mapping ait été introduites pour renforcer ces effets de volume en jouant sur les décalages de textures selon l'angle de vue et les diverses niveaux de hauteurs indiquées par la texture, on obtient pas un réalisme suffisant.

29 En imagerie numérique, chaque canal de couleur a un panel de valeur allant de 0 à 255

30 Source : google image

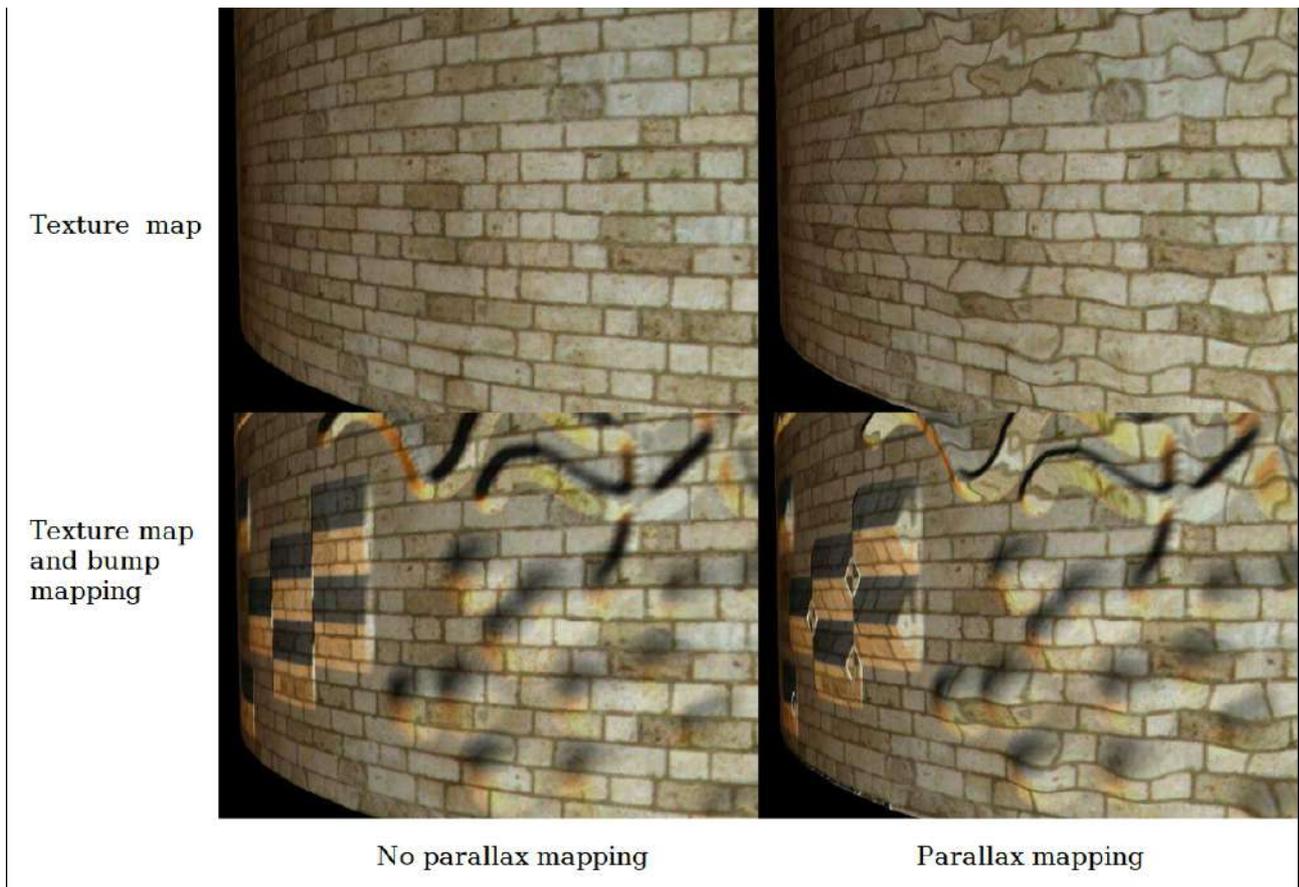


Fig 20. Exemple de l'effet du parallaxe mapping

Ce procédé va alors plus servir pour renforcer légèrement certains volumes mais surtout pour donner plus de réalisme dans les très petits reliefs. Il va nous être très utile ici notamment pour évoquer l'aspect granuleux de la roche due aux micro-imperfections et aux multitudes de petits cristaux de minéraux qui constituent la pierre.

Le displacement mapping, une génération de forme :

C'est avec le principe du displacement map que l'on va pouvoir travailler plus librement le volume de notre modèle. Cette technique va jouer sur les valeurs de hauteur des points du maillage de notre modélisation (appelés vertex ou vertices)³¹ en les « déplaçant » - d'où le terme « displacement » - selon des valeurs indiquées par une map. Dans la fonction basique, le point (ou vertex) déplacé est égale au point d'origine plus la valeur de déplacement indiqué selon le vecteur de la normal qui lui est propre :

$$Pd = P + hN.$$

h étant la valeur de déplacement indiqué par le texel de la map appliquée, et N la normal du point de base. Ensuite un autre calcul intervient pour définir les nouveaux vecteurs de normal des points « déplacés » (Nd) basé sur le même principe que le bump mapping.

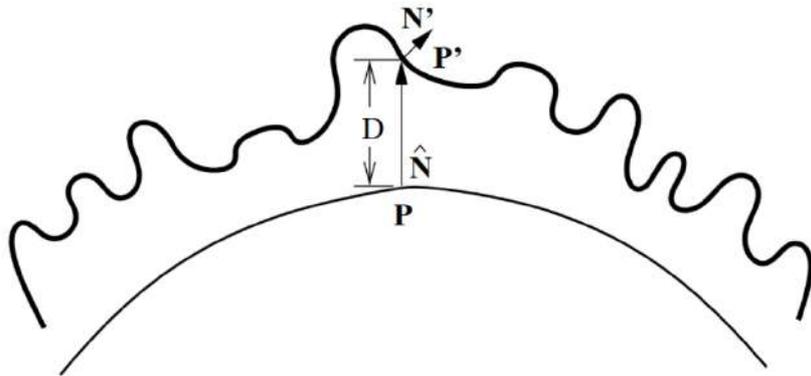


Fig 21. Schéma du fonctionnement de l'algorithme du displacement mapping

31 Un objet 3D est composé de polygones délimités par des arêtes (edges) qui s'entrecroisent en points (vertices), ces trois composants forment un maillage (ou mesh).

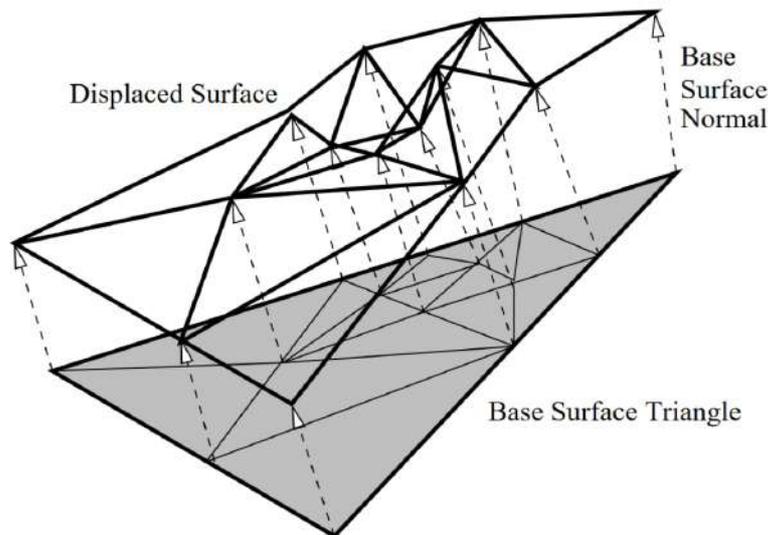


Fig 22. schéma de l'action du déplacement sur le maillage d'une surface

Le procédé du *displacement* ne va agir que lors du rendu pour optimiser la vitesse et la dynamique de travail en ne chargeant pas trop notre *viewport*³² qui, lui, supporte moins les multiples manipulations et les grands nombres de polygone. En plus de déplacer les points, certains algorithmes de *displacement* vont effectuer ce que l'on appelle une **tesselation**³³ **adaptative**. Pour résumer, notre modèle de base, que l'on appelle aussi dans ce genre de situation un *control mesh*, va être subdivisé pour atteindre une précision optimale afin de correspondre aux valeurs de volumes de la texture. On parle de *tesselation adaptative* car la subdivision s'effectue selon certains critères comme l'angle de vue, la distance par rapport à la caméra, ou encore le niveau de « platitude » du volume afin de ne pas surcharger inutilement les calculs.

Grâce à ce procédé, on peut obtenir d'après un mesh dit « basse résolution » c'est à dire avec peu de complexité et de polygones, un modèle haute résolution aux formes complexes et précises. Comme les indications de déplacement des points sont indiquées par une *map*³⁴ en niveau de gris, on peut créer facilement nos propres complexités de forme.

32 Anglicisme qui désigne la vue numérique de notre espace de travail dans le logiciel utilisé

33 La tesselation est un procédé permettant de décomposer les polygones d'un maillage en plusieurs sous-polygones

34 Une map désigne une matrice de pixels (comme une image) qui va avoir une autre utilité que son simple aspect visuel. Il s'agit d'une image dont les informations vont être interprétés par des algorithmes.

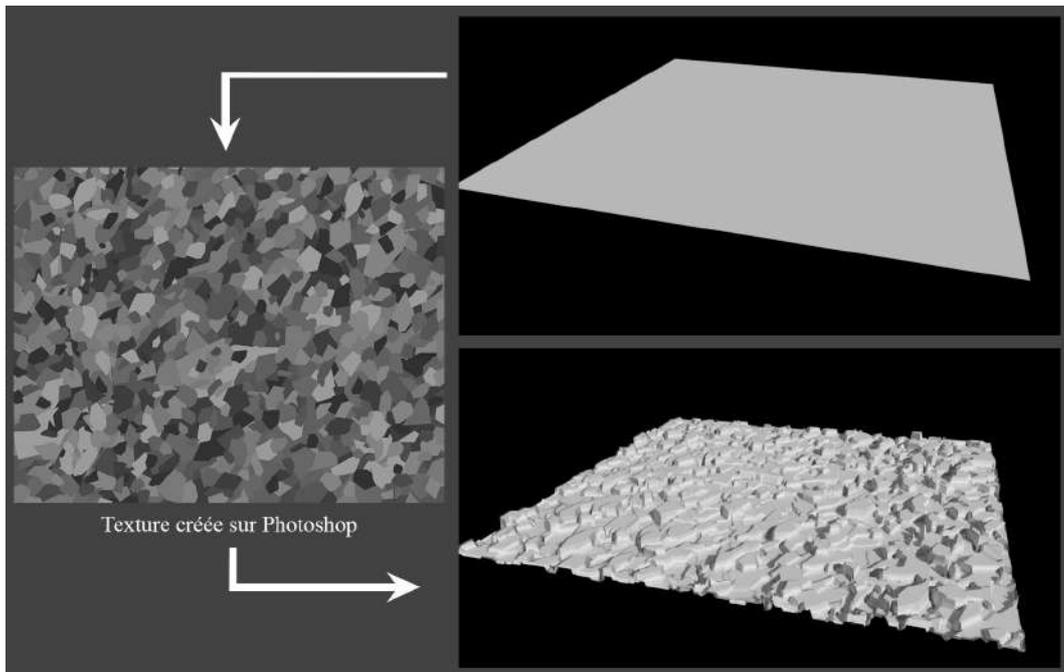


Fig 23. Exemple displacement map créée par photoshop.

Il existe même des manières procédurales pour appliquer une *displacement map* à un modèle. La méthode la plus connue, et qui va nous intéresser ici, est l'application d'un « bruit » (ou *noise* en anglais). Les bruits les plus massivement utilisés sont le bruit Perlin et le bruit Fractal. Le principe de bruit, en infographie, fait écho à la génération aléatoire ou plutôt pseudo-aléatoire de valeurs. Ken Perlin³⁵, en 1984, a été le premier à développer ces algorithmes de bruits.

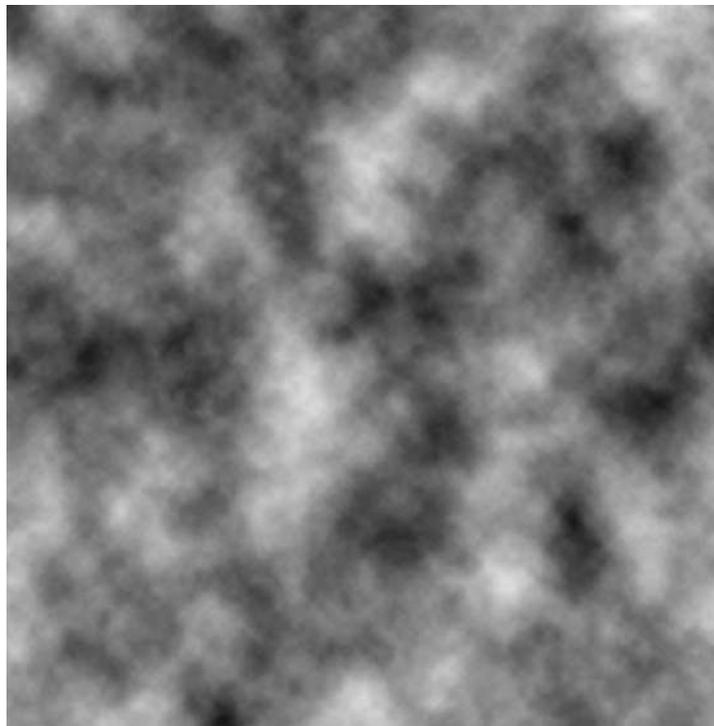


Fig 24. Exemple de bruit Perlin³⁶

35 Kenneth H. « Ken » Perlin, ingénieur informatique et professeur à l'Université de New York

36 Source : google image

L'idée est de générer une grille de taille et de dimension définie et d'y choisir des points pseudo-aléatoirement. Pour chacun de ces points, nous allons considérer les sommets (c'est à dire les intersections des lignes et des colonnes de la grille) les plus proches. A chaque sommets, va être attribué un vecteur lui aussi choisi pseudo-aléatoirement. Enfin, les valeurs des vecteurs des sommets en question seront interpolées les unes les autres pour définir la valeur des points initiaux choisis dans la grille.

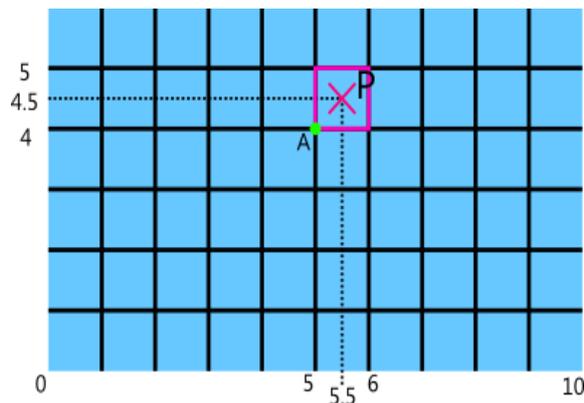


Fig 25. Représentation de la grille de valeur; on choisi un point aléatoirement (en l'occurrence de coordonnées (5.5, 4.5))

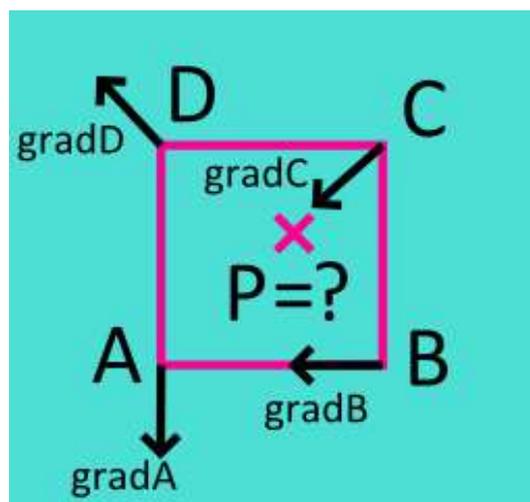


Fig 26. Le vecteur du point choisi est évalué selon l'interpolation des valeurs de vecteur adjacents³⁷

Cet ensemble de valeur peut alors être convertie en matrice de pixels en niveau de gris, par exemple, pour donner les textures procédurales de bruits Perlin que l'on retrouve dans tous les outils de modélisations ou de rendu 3D.

On parle de pseudo-aléatoire car les valeurs sont tirées au hasard dans un tableau de valeurs mises en désordre mais ces fonctions qui vont « piocher » les valeurs suivent des règles définies ce qui n'en fait pas un aléatoire parfait.

³⁷ Source : <https://openclassrooms.com/courses/bruit-de-perlin>

Ce bruit procédural est d'ailleurs extrêmement utilisé pour les gestions de terrain du fait de son aspect visuel plus proche du naturel.

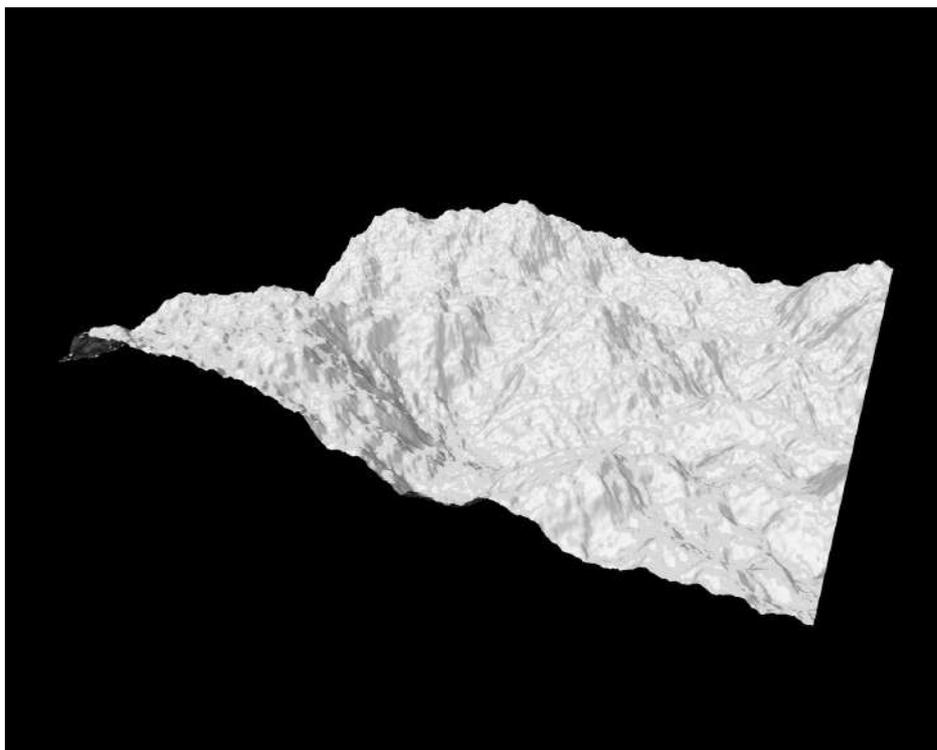


Fig 27. exemple de terrain fractal généré par un bruit³⁸

Ainsi, suivant le principe du *displacement*, les *maps* de bruit procédural rendent de façon très convaincante les surfaces vallonnées, granuleuses et poreuses de la pierre naturelle.

On peut alors jouer avec des superpositions de bruits procéduraux à des échelles différentes pour varier les niveaux de déformations et de détail. Cette série de manipulation permet de mieux évoquer le principe « fractal » des surfaces rocheuses.

C'est Benoit Mandelbrot³⁹, en 1974, qui introduit le principe de « fractal » pour parler de surfaces irrégulières dont l'irrégularité a pour spécificité de résulter d'une fonction dite récursive impliquant l'homothétie d'une forme définie. En d'autres mots, il s'agit d'une forme répétée un grand nombre de fois et qui, à chaque répétition, va changer d'échelle. On obtient alors une forme constituée de cette même forme à des échelles diverses. Ce principe se retrouve dans beaucoup de formations naturelles comme les feuilles des fougères ou le *choux romanesco*. On peut donc apparenter la particularité de la surface rocheuse à un schéma fractal par le fait qu'une montagne est formée de roche, constituées de plusieurs formations qui elles mêmes sont formées de cristaux.

38 Source : google image

39 Mathématicien franco-américain

Photogrammétrie, copie du réel :

Une autre méthode, elle plus procédurale, pour obtenir une forme naturelle de roche est la photogrammétrie. C'est Aimé Laussedat⁴⁰ qui en 1849 a eu l'idée de se baser sur des photographies de paysage pour effectuer des mesures. Cette idée a ensuite été développée pour aboutir à ce qu'on appelle la photogrammétrie. Fondée sur un principe de stéréoscopie, cette méthode permet de reproduire un volume 3D dans une scène à partir d'images 2D. Cette technique repose sur les propriétés de l'œil humain qui se base sur deux points de vue différents, l'œil gauche et l'œil droit, pour capter les informations de distance et profondeur. Le principe est de calculer la parallaxe obtenue entre les images acquises selon des points de vue différents. Pour mes tests je me suis alors muni de plusieurs types de roches, d'un plateau pivotant et d'un appareil photo avec un trépied. J'ai aussi posé un fond vert pour certaines prises de vue afin que la complexité du fond ne vienne pas trop parasiter l'image et que le fond puisse être facilement retiré en *post process* dans le but de se concentrer vraiment sur le sujet de la roche.

Ici la mise en place sert à garder le même axe de prise de vue. Il faut rester le plus fixe possible pour faciliter les interprétations des images par le logiciel. A l'image des tournages avec *tracking* 3D pour intégration dans de la prise de vue réelle ou d'intégration sur fond vert, le travail se fait en amont du traitement numérique pour éviter le plus possible les artefacts et autres mauvais résultats. Pour en revenir au test, le trépied va donc permettre de garder un axe fixe pour capter les images. De plus on peut changer la hauteur du trépied pour réaliser la prise de vue sous différents angles d'incidence de la caméra (en contre-plongée, de face, et en plongée) ce qui va améliorer la précision du résultat. Pour la photogrammétrie, le moyen le plus efficace est de prendre le plus de photos possible autour de l'objet en gardant ce dernier le plus au centre possible de l'objectif, ce que va nous permettre le plateau pivotant. Ici, ça nous est bien utile car on est dans la captation de petites roches .

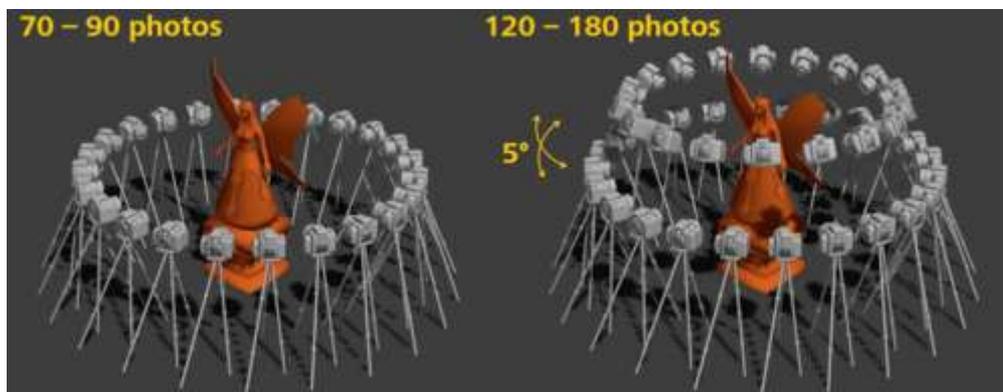


Fig 28. Schéma de prise de vue circulaire⁴¹

40 Astronome, géomètre, photographe, topographe, arpenteur et cartographe français

41 Source : google image

En effet, s'il s'agissait d'un gros massif, il aurait fallu tourner autour, l'appareil à la main en marchant ou même avec un hélicoptère pour le cas de très gros volumes comme il a été fait dans le film *Seul sur Mars*⁴². N'ayant pas ces outils à disposition, je m'en suis tenu aux petites roches.



Fig 29. *Seul sur Mars* de Ridley Scott (2015), extension du décor par photogrammétrie⁴³

Encore une fois pour permettre un meilleur calcul, il faut que chaque photo contienne en moyenne 30% de ce que la photo précédente a captée de sorte que les photos puissent être superposées à la suite sans créer de discontinuité ou de trop grandes différences les unes par rapport aux autres. J'ai donc effectué plusieurs séries de prises de vues sous plusieurs angles d'incidence. Chaque série capte la roche sur 360° en pivotant le plateau d'environ 15° à chaque photo pour permettre leur superposition.

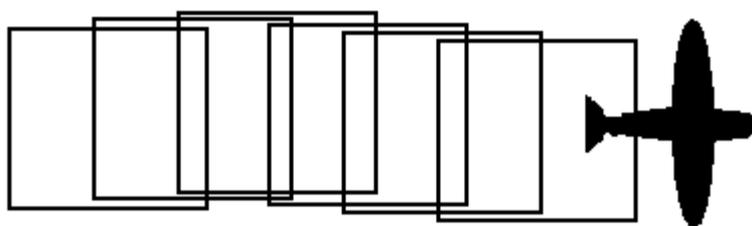


Fig 30. Schéma de Superposition des photos⁴⁴

42 Ridley Scott, *Seul sur Mars*, États-Unis, 2015, 141 min.

43 Source : www.youtube.com – MPC The Martians VFX breakdown

44 Source : google image

Un autre critère à prendre en compte est la luminosité de notre espace de captation. Mes premiers tests étaient en intérieur et la luminosité était alors très sombre et créait du grain ce qui était loin d'être idéale pour la lecture des images. N'ayant pas de matériel d'éclairage professionnel type mandarine ou autres réflecteurs, j'ai d'abord tenter un éclairage avec les moyens du bords. Les lampes utilisées diffusaient une lumière de teinte orange ce qui altérait encore une fois la photo. De plus, les points d'éclairage étant très marquées, je me retrouvais avec des ombres croisées qui brouillaient à leur tour le sujet.

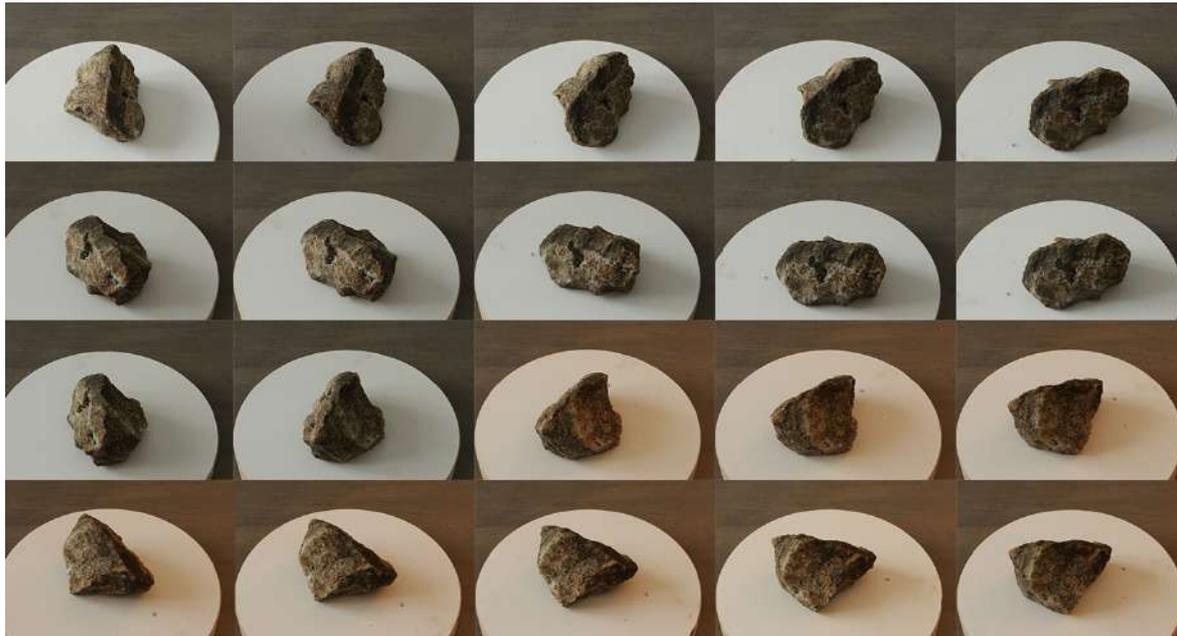


Fig 31. Échantillons de photos en intérieur

Je me suis alors décidé à effectuer des tests en extérieur. La luminosité y était donc bien meilleure. Attention ceci dit à ne pas se faire avoir car le soleil, bien qu'il confère une grande luminosité, apporte aussi des ombres fortes qui ne sont pas bienvenues dans ce genre d'expérimentation. Le beau temps n'est donc pas idéal pour la photogrammétrie, d'autant plus que le soleil hivernal est très intense. J'ai pu profiter des temps nuageux de l'hiver qui cachent le soleil et diffusent sa lumière pour l'aplatir. Qui dit lumière plate dit ombres douces et diffuses ce qui m'a bien servi pour la prise de vue. La lecture des photos était bien plus évidente.



Fig 32. Installation de prise de vue pour photogrammétrie.

L'appareil de prise de vue n'est pas à négliger non plus. Comme pour la captations de textures, il faut un appareil qui puisse prendre des photos de bonne résolution et le piqué d'image y est d'avantage important car pouvoir discerner les pixels de l'image va permettre de dissocier le sujet du reste de la photo et de bien définir sa silhouette et ses détails. Enfin dernier léger détail à considérer est la particularité visuelle du sujet photographié. En effet, un objet présentant beaucoup de réflexions et d'éclats spéculaires va moins convenir car les éclats vont changer à presque chaque prise de vue ce qui, encore une fois, ne facilitera pas les interprétations des images.



Fig 33. Illustration pierre basique (à gauche) et pierre réfléchissante (à droite)

La photogrammétrie est un procédé relativement sensible et tout est une question de détail. Chaque critère est à prendre en compte pour obtenir un meilleur résultat lors des calculs que va effectuer le logiciel.

J'ai donc effectué plusieurs sessions de prises de vue avec plusieurs roches de formes et de particularités visuelles différentes dans le but de commencer à me constituer une banque de roches 3D. Pour chaque sujet, j'améliorais au fur et à mesure l'installation de la prise de vue et les modèles les plus convaincants comportaient environ 600 photos.

Le logiciel que j'ai utilisé ici est le logiciel Photoscan Pro, utilisé notamment dans l'archéologie. Une fois les photos prises, je les ai importé dans le logiciel et lancé un calcul qui va, à partir de chaque photo et en se plaçant dans l'espace global de la scène, reconstituer les différents angles de vue par rapport au sujet.

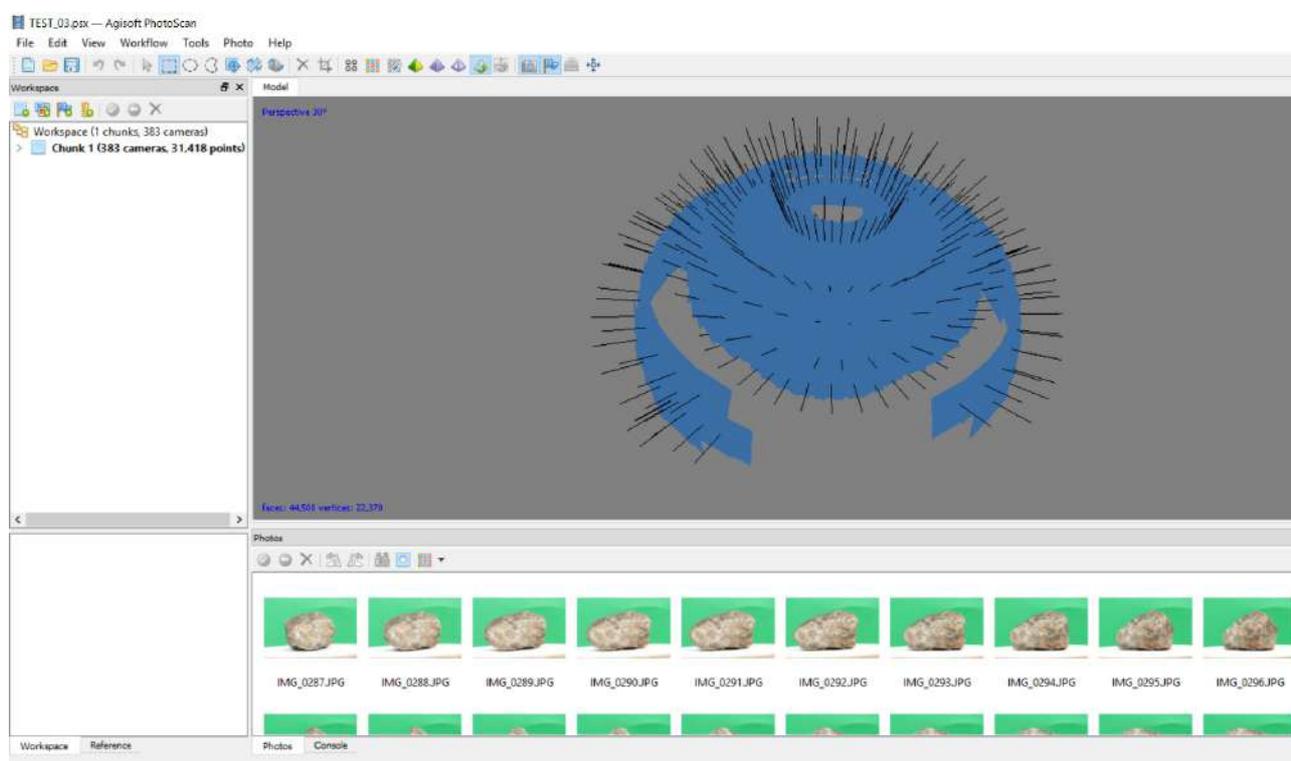


Fig 34. Viewport Photoscan étape 1

Une fois les angles de vue identifiés, on lance un autre calcul qui va se baser sur ces multiples caméras ainsi que les photos importées pour générer un champs de points visant à reconstituer plus ou moins précisément l'espace 3D de notre prise de vue. A ce stade, il m'est possible de sélectionner et supprimer les points erronés ou inutiles de façon à brouiller le moins possible le reste du processus. Pour affiner la précision, on peut lancer un second calcul, cette fois plus complet, pour étoffer le champs de points.

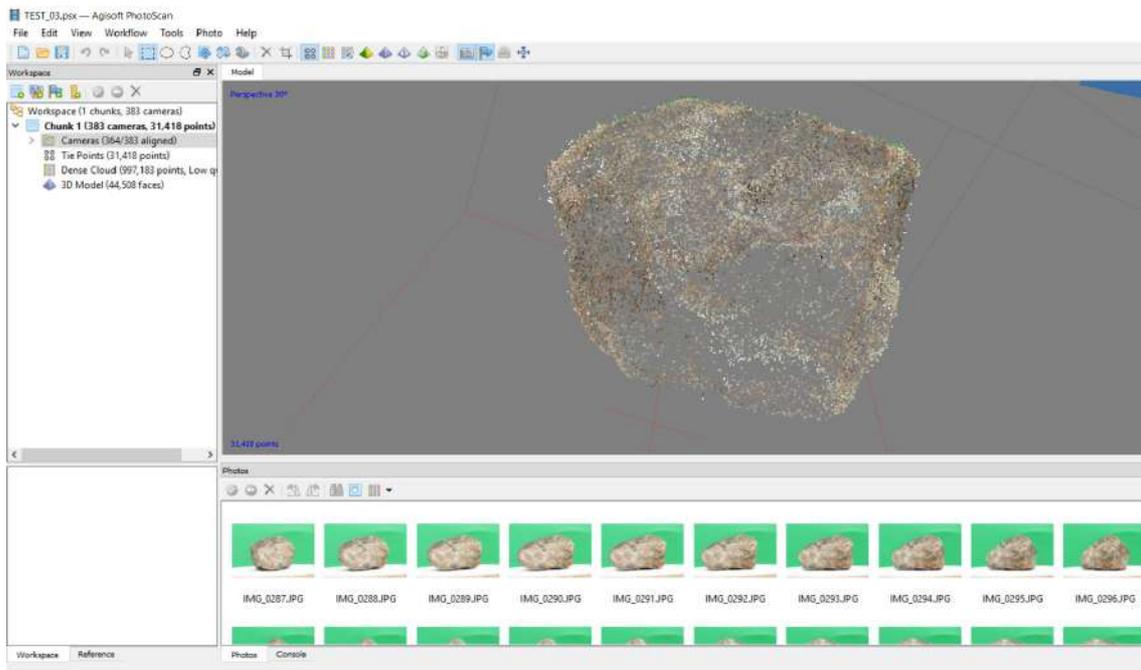


Fig 35. Viewport Photoscan, résultat du premier calcul de nuage de points

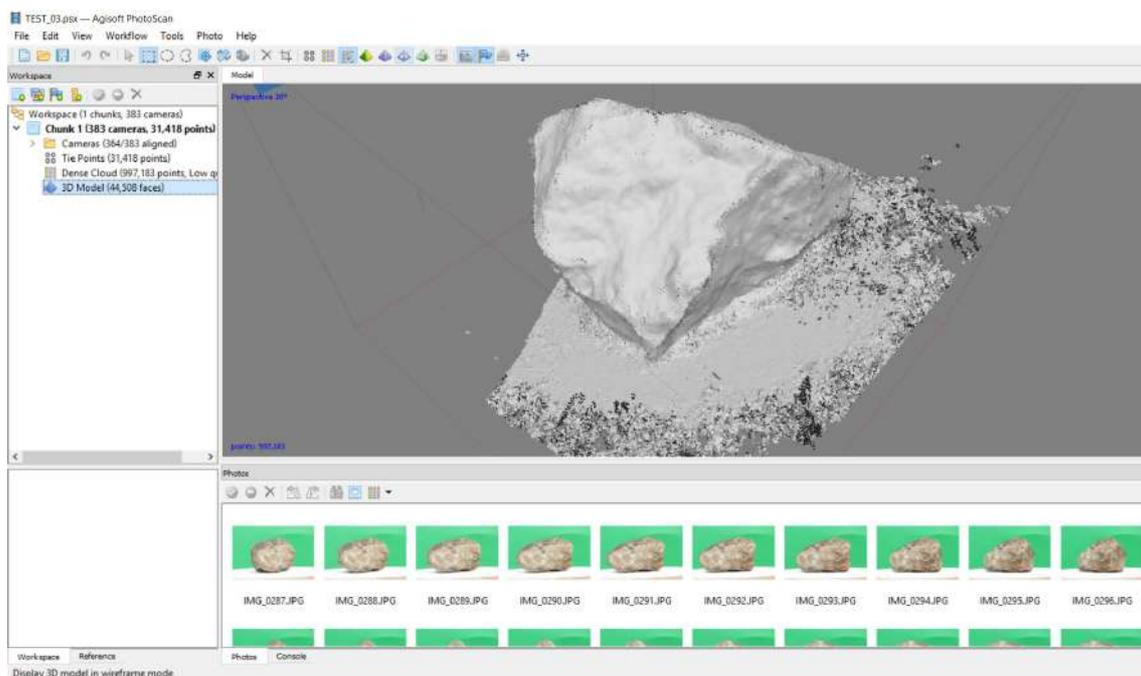


Fig 36. Viewport Photoscan, résultat du deuxième calcul de nuage de points

Une fois mon champs de points considéré comme convenable, je lance un calcul qui va convertir le champs de point en un *mesh* pour reconstituer notre modèle en objet 3D.

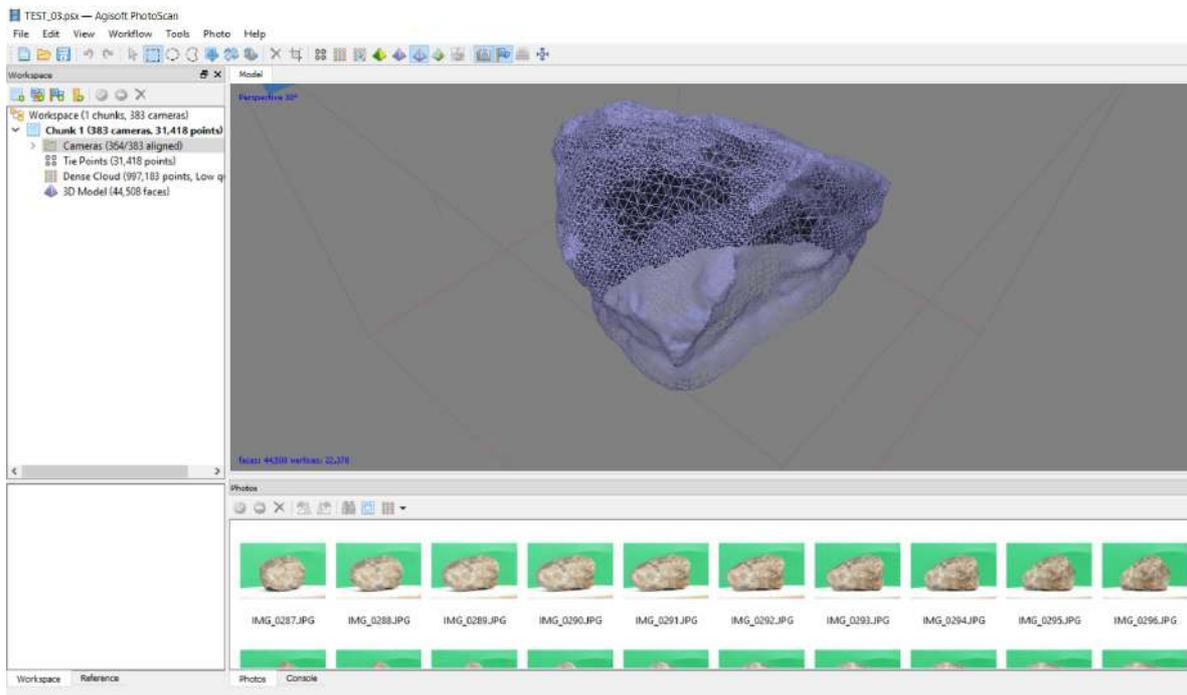


Fig 37. Viewport Photoscan résultat du mesh généré (vue filaire)

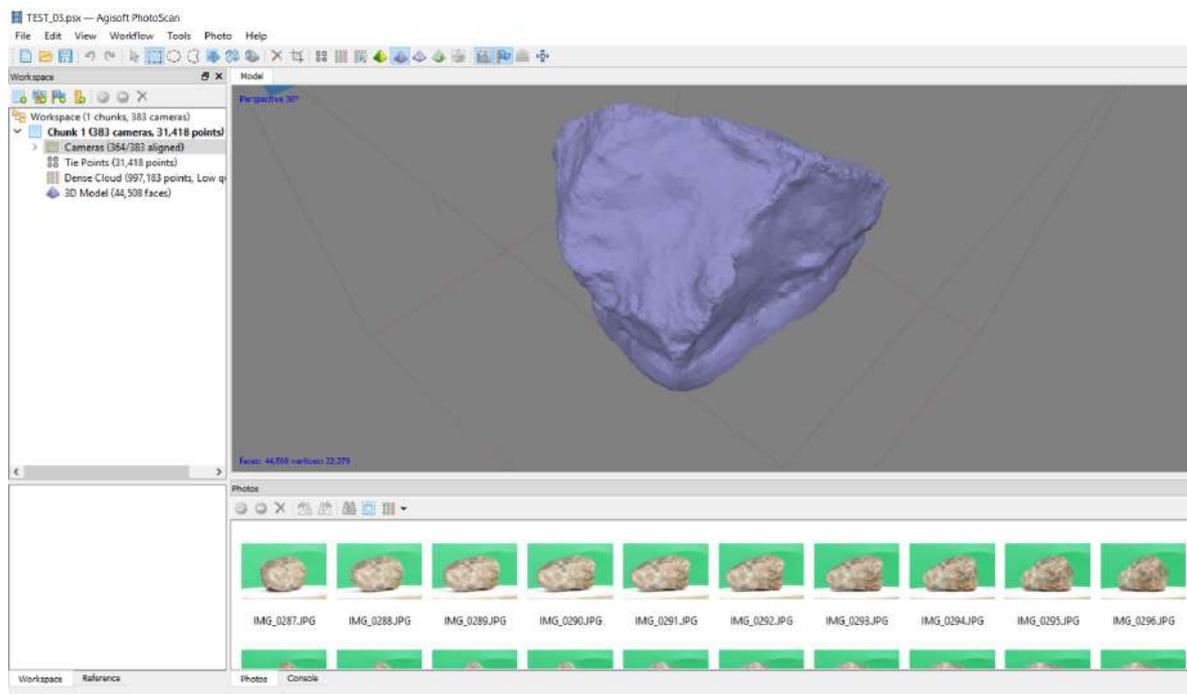


Fig 38. Viewport Photoscan résultat du mesh généré

Enfin, et c'est là que l'avantage de la photogrammétrie arrive à son paroxysme, un dernier calcul est lancé pour reconstituer la texture de la roche réelle et l'appliquer correctement sur le modèle reconstitué. C'est là aussi que l'on perçoit l'importance du travail de prise de vue et de la qualité de notre appareil car on peut facilement obtenir une texture de basse qualité ce qui rend le modèle beaucoup moins réaliste et la technique de photogrammétrie moins intéressante.

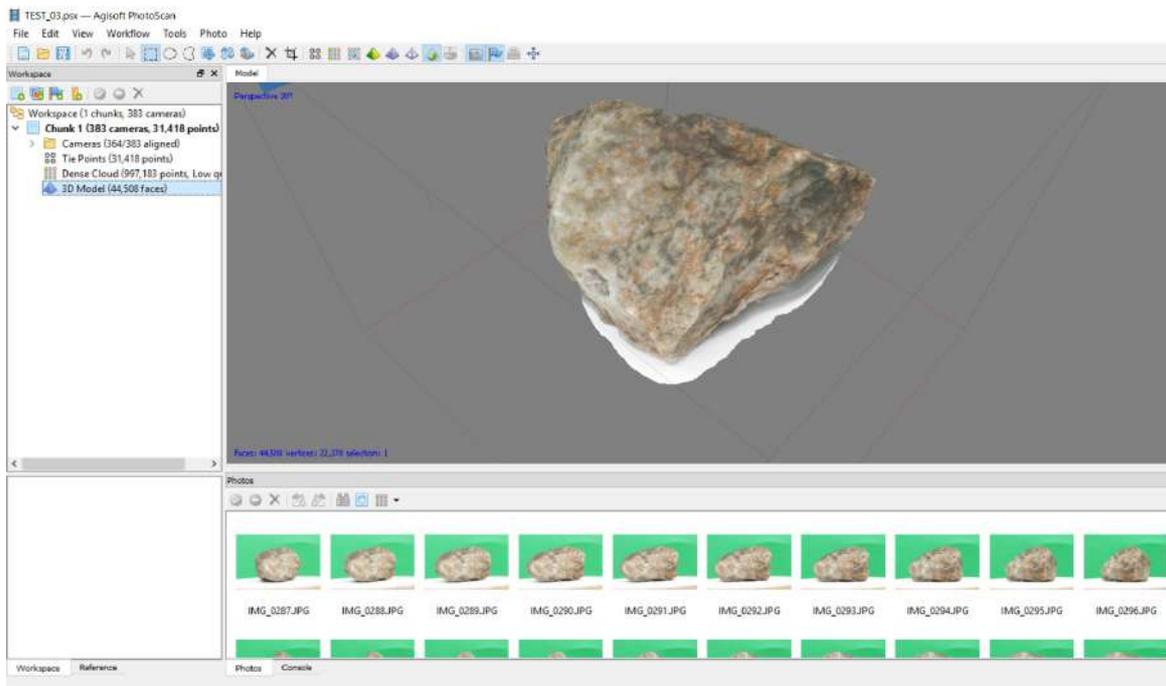


Fig 39. Viewport Photoscan résultat du mesh avec texture

J'ai donc obtenu des modèles plutôt proches des roches photographiées et avec une texture qui leur est propre. La qualité des résultats reçus n'est pas encore suffisante, en effet, on a que la forme global avec les gros volumes mais on obtient pas les plus petits détails de la surface comme les cristaux présents dans le creusé de la roche ou encore les multitudes de pores de la pierre volcanique.

De plus, la qualité des textures des modèles n'est pas si bien définie, légèrement floutée, ce qui me pousse à revoir mes paramètres de prise de vue sur mon appareil. L'utilisation de fond vert n'était pas si judicieuse car le fond a projeté des reflets verts qui ont parasité le résultat notamment sur la texture.



Fig 40. Rendu des calculs de photogrammétrie

Il est à noter cependant que les calculs étant assez complexes et longs (près de 1h30 pour certaines phases de calcul), j'en vient à me demander s'il est possible d'obtenir un résultat bien plus qualitatif sans surcharger les calculs. Il s'agit ici de premiers tests me permettant d'aborder les bases de cette techniques ce qui explique la qualité peu optimale des rendus mais ces expérimentations me poussent à explorer d'avantage le médium. Il est donc bon de se demander quels sont les avantages et les inconvénients de cette technique ?

La technique de photogrammétrie nous permet d'obtenir un modèle issu du monde réelle en le reconstituant en 3D pour pouvoir le manipuler et l'utiliser à notre convenance dans nos projets. L'avantage y est donc considérable car, comme je l'ai expliqué ci-dessus, une fois la prise de vue effectuée, il suffit de lancer une série de calculs qui vont nous générer le modèle. Il n'y a donc aucune modélisation à faire et le gain de temps y est important. De plus, le modèle obtenu est déjà texturé comme le modèle réel donc pas de *texturing*⁴⁵ non plus et gain de temps supplémentaire. Pour des volumes complexes ou des objets que l'on veut au plus proche de leur aspect réel, cette technique est précieuse.

45 Phase de production de rendu qui consiste à coloriser nos éléments 3D

Mais à y regarder de plus près, on voit que le résultats reste trop approximatif par rapport au sujet de base. Par ailleurs le gain de temps sur la modélisation et le *texturing* se perd un peu sur l'installation et la prise de vue, mais cette perte reste plutôt négligeable. De surcroît, les calculs pour générer les modèles sont assez lourds et demandent un temps et des ressources conséquentes.

Enfin le dernier inconvénient est la manipulation du modèle obtenu. En effet, le *mesh* issu de la photogrammétrie n'est pas vraiment modifiable aussi bien dans sa forme que dans sa surface. Ce problème vient principalement du fait que la texture suit les coordonnées UV du modèle généré qui sont généralement assez chaotiques car organisés en plusieurs morceaux éparpillés. La modification devient alors quasi impossible, on se retrouverait rapidement avec des textures incohérentes.

Il reste cependant la possibilité de manipuler la topologie du *mesh* à l'aide de logiciels comme Zbrush ou d'outils de retopologie⁴⁶ puis de refaire son dépliage UV⁴⁷. Mais cette manipulation entraîne d'autres soucis comme le fait de devoir refaire le *texturing* ou de faire des aller-retours entre plusieurs logiciels. L'avantage de la technique devient alors très confus.

46 Procédé permettant de réorganiser le maillage définissant la forme d'un objet.

47 Procédé permettant d'« étaler » et ordonner les coordonnées UV d'un objet afin d'éviter tous problèmes d'artefacts lors de la phase du *texturing*

Une liberté des volumes avec la sculpture digitale :

J'aborde enfin une technique qui, je pense, est la plus utilisée pour tout ce qui est de la modélisation en tous genre, même pour les modélisations de roches.

Les logiciels de sculpture numériques sont capables de supporter des niveaux de subdivision très élevés (de l'ordre de plusieurs millions de polygones). Certains logiciels fonctionnent par niveaux de subdivisions de polygones tandis que d'autres travaillent en *voxels*⁴⁸ pour une plus grande possibilités de modification de notre volume et de sa topologie. On peut donc, à l'aide de plusieurs "outils" (ou méthodes de déformations), travailler notre sujet comme on travaillerait une masse d'argile.

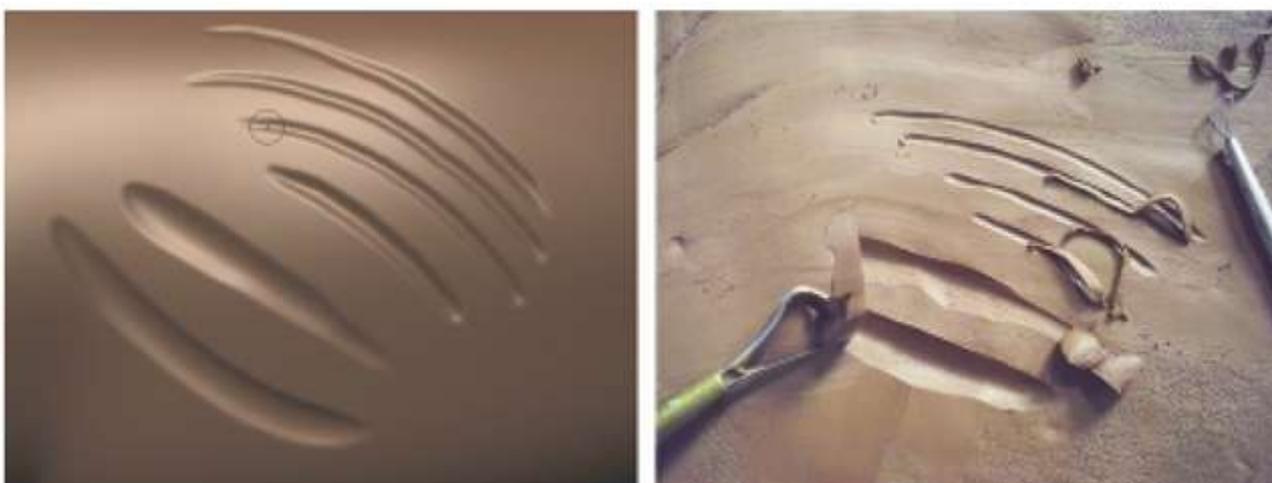


Fig 41. Comparatif sculpture numérique / sculpture réelle⁴⁹

Creuser, biseauter, lisser, pincer, aplanir, gonfler, ajouter, les possibilités de création sont infinies. Les seules limites sont notre propre maîtrise des outils et de l'interface du logiciel ainsi que notre propre créativité et sens artistique.

Une fois le modèle abouti, on compresse les informations de volume du maillage (par rapport à notre maillage initial) dans une *displacement map* (voir plus haut) que l'on pourra appliquer ensuite dans un autre logiciel de 3D destiné à mieux travailler le rendu.

Il existe plusieurs logiciels de sculpture digitale, les plus connues étant MudBox, 3D Coat, et Zbrush. Parmi ces logiciels, le plus utilisé et référencé est Zbrush, c'est donc sur celui-ci que je vais me concentrer. Je n'ai pas encore pris le temps de m'intéresser à 3D Coat mais j'ai commencé mes expérimentations de sculpture sur MudBox et bien que son interface soit très intuitive, j'ai assez rapidement heurté les limites de capacité de ce logiciel ce qui m'a fait me rediriger vers Zbrush.

48 Contraction de « volumetric pixel ». S'apparente à un pixel mais dans un espace 3D

49 Source : google image

Ce logiciel peut supporter un très grand nombre de polygone en convertissant les maillages importés en *polymesh* et en considérant leur base (que l'on peut considérer comme le *controle mesh* dont on a parlé plus tôt) comme fixe ce qui permet de l'enregistrer comme telle sur la carte graphique et de ne calculer que ce qui est modifié en plus sur ce modèle (subdivisions, déformations, etc..). De plus, il s'agit d'un outil spécialisé, il n'a donc pas à prendre en compte les informations d'animation et autres fonctions lourdes implémentées dans les logiciels plus « complets » comme Maya ou 3DsMax. Cette abstraction allège grandement le programme qui peut alors plus se concentrer sur sa tâche initiale, la sculpture. Zbrush nous propose donc un grand panel de modifications et d'outils de sculpture numérique.

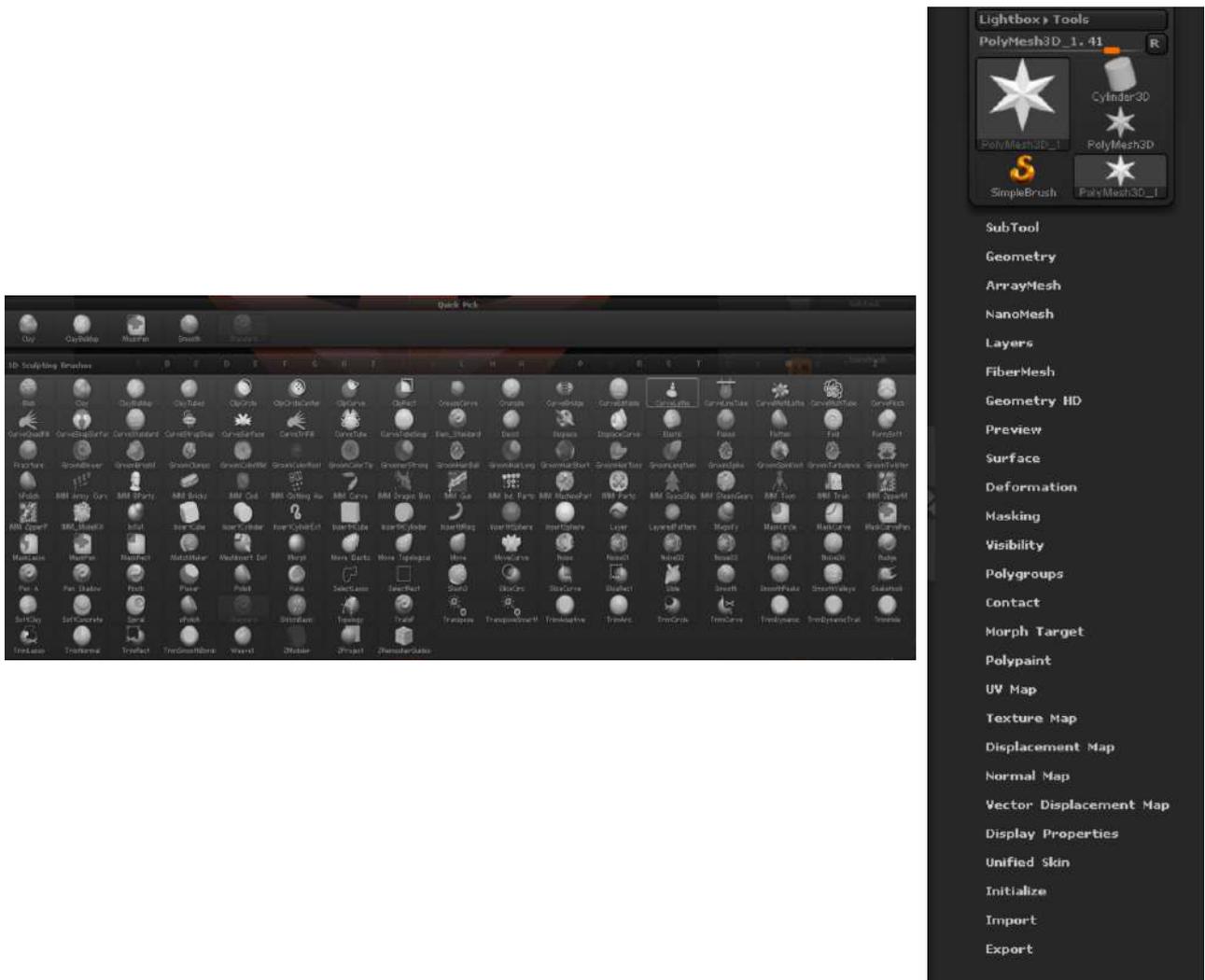


Fig 42. Zbrush :Gauche : Panel de pinceaux / Droite : Panel d'outils

Ceux qui vont particulièrement nous intéresser pour modeler une silhouette rocailleuse sont les outils *Clay*, et *TrimSmoothBorder*. L'outil *Clay* permet d'ajouter et creuser du volume de façon régulière avec une forme carré comme des couches qu'on viendrait ajouter ou retirer en sculpture réelle.

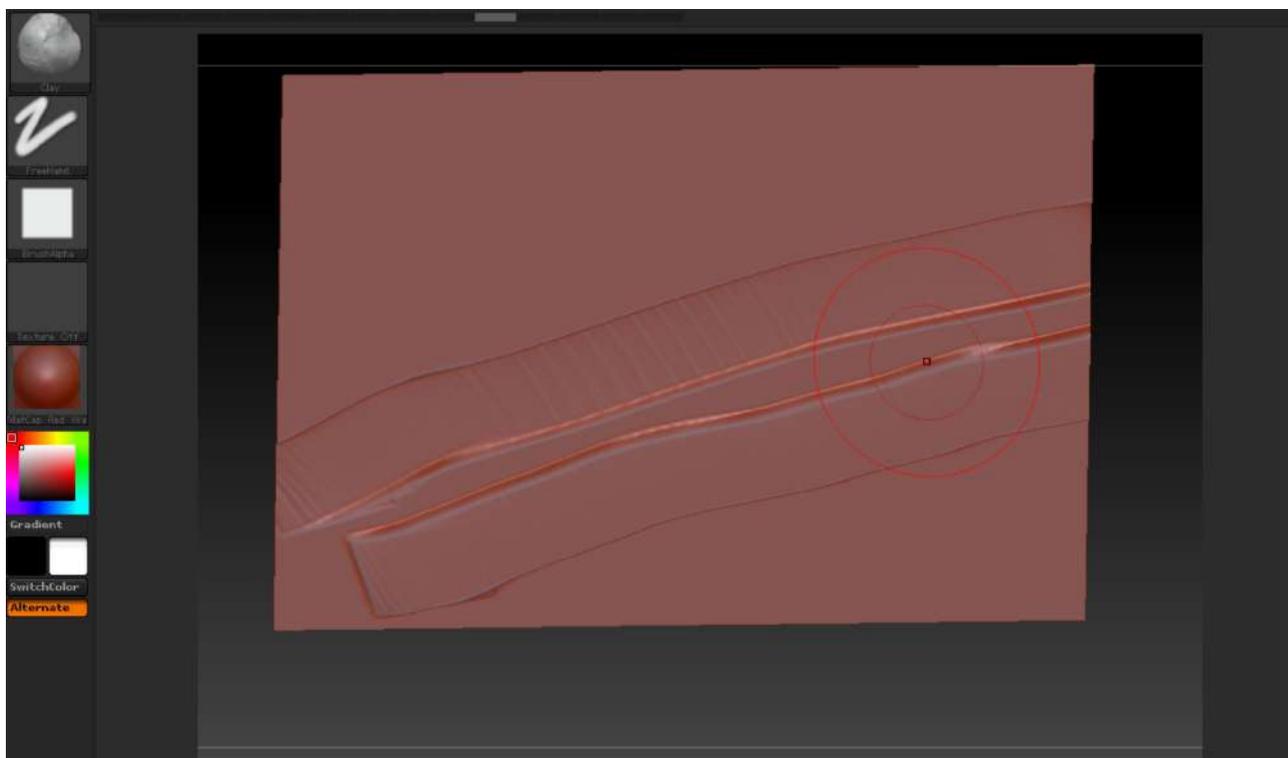


Fig 43. Exemple de l'outil Clay

Le *TrimSmoothBorder*, lui, fonctionne de manière plus complexe. Cet outil (ou *Brush*⁵⁰, dans le jargon technique) est basé sur le principe de fonctionnement de la *brush* « Planar ». Pour résumer, cet outil va « aplatir » les volumes en abaissant tous les points de la zone prise en compte par notre pinceau à la même hauteur que le point situé au centre de notre clique et en suivant l'inclinaison de notre pinceau par rapport à la surface. Le *Trim*, lui, diverge légèrement car il va en plus suivre la normale des points de la surface et prendre en compte l'angle de vue de notre caméra.

Il permet donc entre autre de biseauter les angles du relief de façon adaptative et ces multiples biseaux ajoutent des formes géométriques de façon quasi-aléatoires, donnant une plus forte impression de surface rocheuse. De plus, il agit sur les surfaces planes en ajoutant ou retirant du volume de façon plus naturelles et angulaires donnant rapidement des effets « escalier » que l'on retrouve dans la roche comme les multiples cassures ou les couches de minéraux présents dans sa structure.

50 En infographie, on utilise le terme brush pour désigner un outil à l'image d'un pinceau qui va nous aider à peindre ou déformer notre sujet

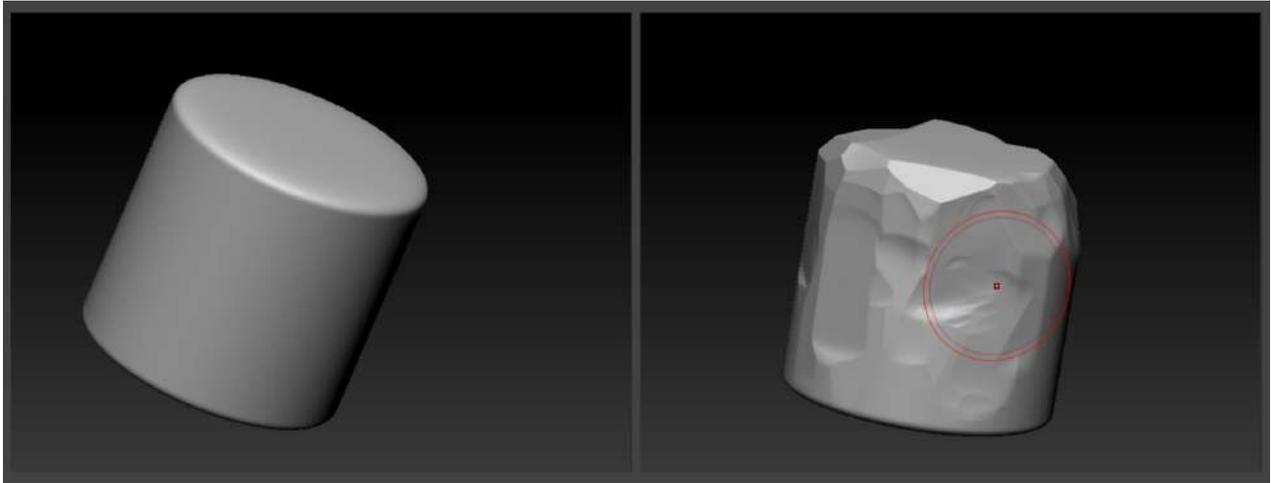


Fig 44. Effet de l'outil *TrimSmoothBorder*

Lors de mes premiers test effectués, je ne connaissais pas le logiciel et les outils que je viens de mentionner. Le *TrimSmoothBorder* notamment m'était alors inconnus. Les résultats que j'obtenais n'étaient pas satisfaisants car il manquait cette géométrie chaotique et ces effets de cassures dans mes modèles qui restaient encore trop courbes et réguliers.

Le principe des outils de sculpture digitale est le fait de travailler en différents niveaux de détail, allant toujours de plus en plus dans la précision des formes et des surfaces. On part alors d'un modèle grossier qui va donner les volumes très globaux de notre modèle pour finir par travailler les reliefs précis sur les niveaux de subdivisions les plus hauts.

Lorsque j'ai travaillé les parois des falaises dans les décors de mes scènes, j'ai indiqué par les outils standards les masses principales par des creux et des bosses grossières. J'ai, par la suite précisé les volumes en renforçant les creux puis en taillant plus les courbes à l'aide d'outils d'aplanissement comme le *flatten* ou le *planar*. On a alors des volumes plus tranchés et géométriques qui se rapprochent plus des particularités de la pierre.

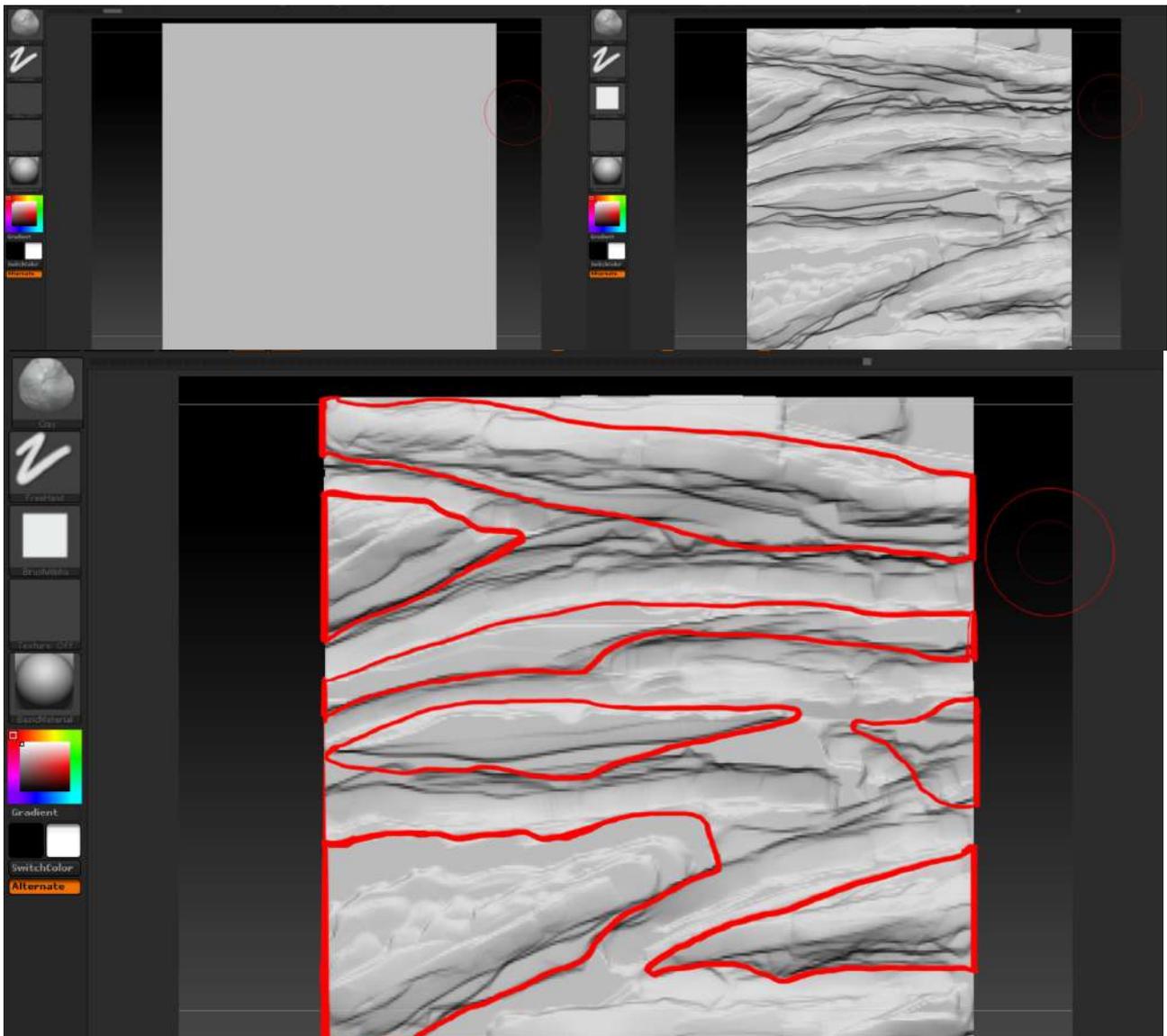


Fig 45. Étape 1 de la sculpture de falaise. Mise en évidence des volumes principaux

Je me suis appliqué ensuite à rajouter des volumes sur les grosses masses mais cette fois plus petits. L'outil *Clay* m'a permis d'avoir ces effets de cassures nets en escalier réparties sur l'ensemble de la surface mais le rendu reste encore trop régulier à ce stade. Pour briser cette régularité, le *TrimSmoothBorder* entre en jeux. Plus adapté au volumes du *mesh*, on a un rendu plus spontané.

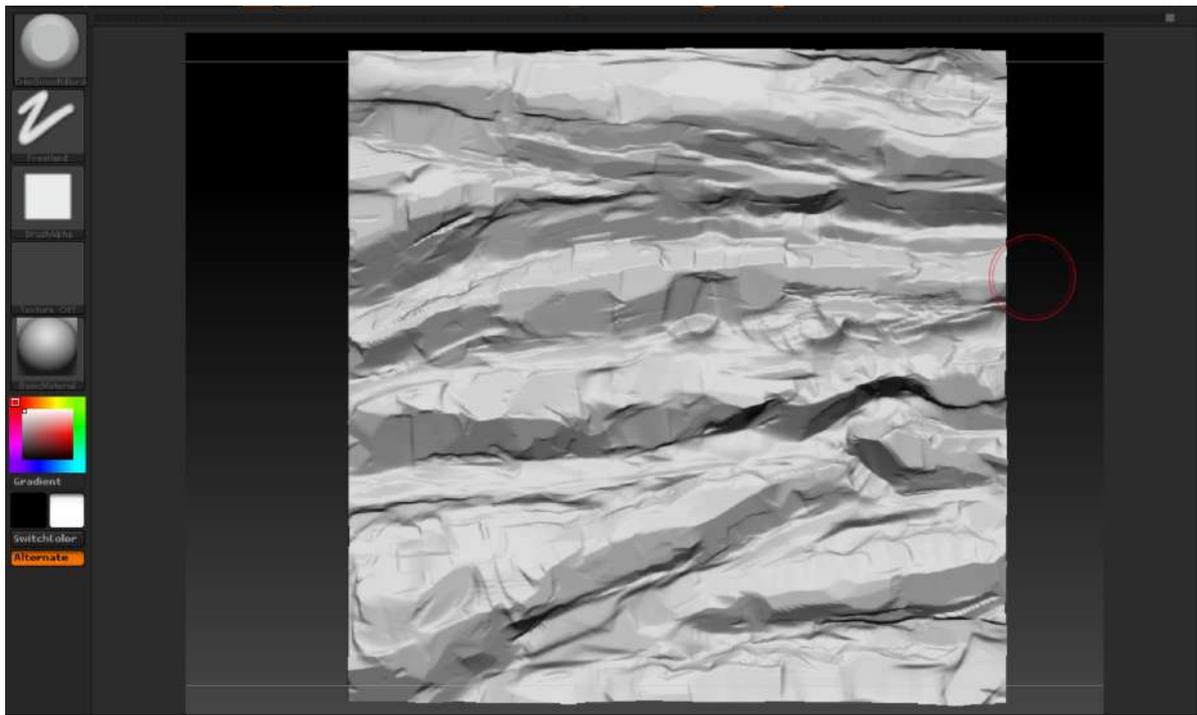


Fig 46. Étape 2. Effet de l'outil Trim

Cette étape m'a demandé une plus grande minutie car l'outil *Trim* est relativement sensible et difficile à contrôler de par son adaptation au relief. J'ai donc procédé par des à-coups de pinceau progressifs. A chaque échelle de précision, j'ai bien évidemment augmenté le niveau de subdivision. Enfin, pour continuer dans le travail de la roche, je ne pouvais pas travailler manuellement les formes. Mes premiers tests utilisaient l'outil modificateur *noise* proposé par Zbrush qui consiste à appliquer un bruit fractal que l'on paramètre pour déformer le modèle et appliquer ce relief granuleux et bosselé qui définit la roche brute. Travailler sur plusieurs applications du modificateur avec des paramètres différents permet de renforcer l'aléatoire du volume mais cette technique présente certains problèmes. Son rendu reste encore trop indéfini et régulier et il arrive souvent que l'application de la modification (en cliquant sur « Apply Noise to Mesh ») déforme trop l'ensemble du *mesh* et arrondisse les volumes qui, pour certains, ont besoin de rester assez abruptes.

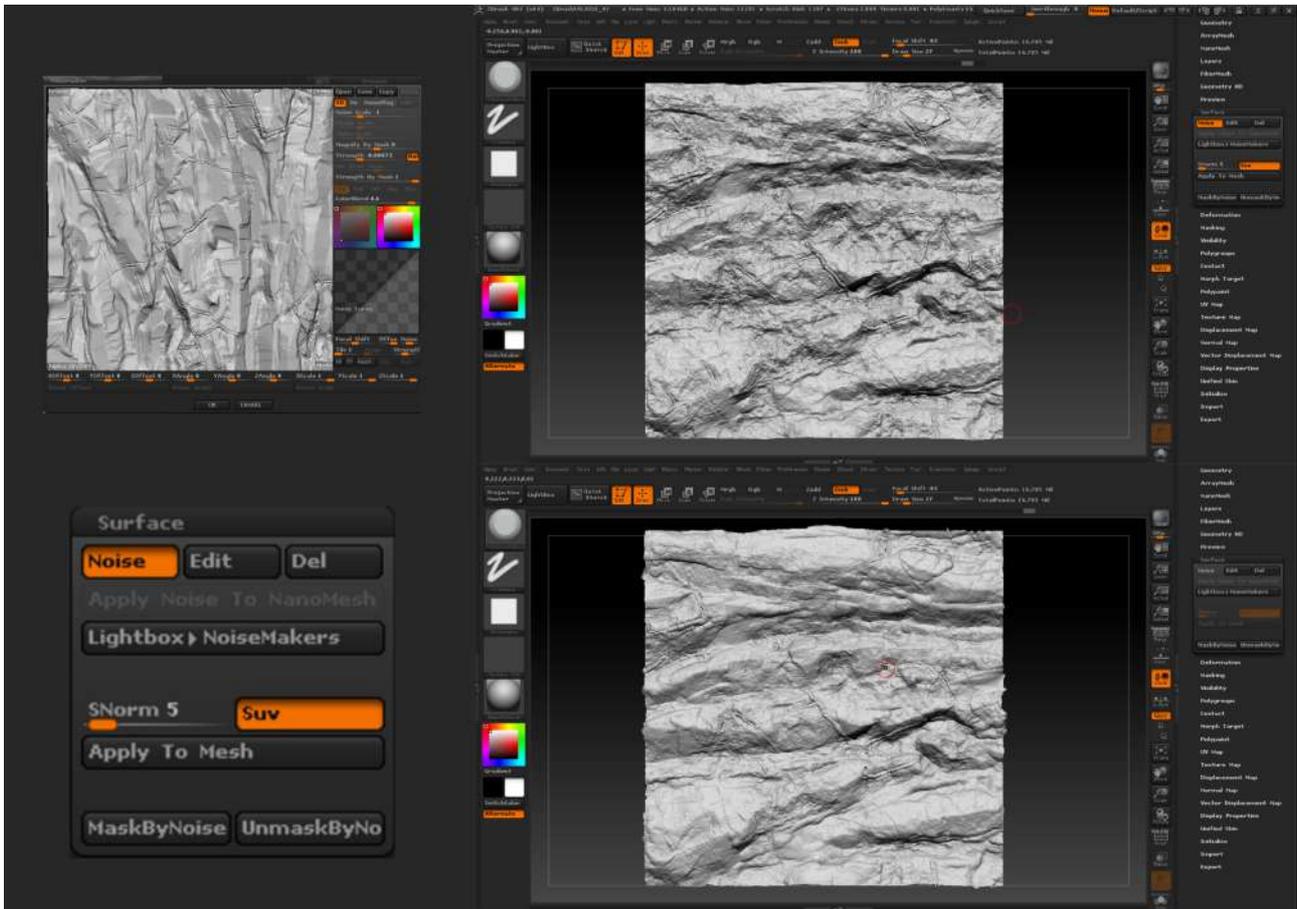


Fig 47. Modificateur Noise avant et après « Apply to Mesh »

Certains cas ce sont également présentés où je me retrouvais avec des artefacts dus au fait que le bruit était trop précis pour le niveau de subdivision lors de son application. Je suis alors passé par l'usage de textures alpha. Les alphas, dans ZBrush sont des textures de masque qui vont définir, là aussi par des niveaux de gris, les zones d'actions du pinceau. Les zones blanches correspondent à 100% de l'action du pinceau et, inversement, les pixels noirs n'auront aucun effet sur la surface. Travailler et importer des alphas à partir de textures de roches permet donc d'appliquer, à l'image d'un tampon ou d'un pochoir que l'on applique de-ci, de-là, des reliefs plus précis et spécifiques au matériau sur notre surface. Le principe du tampon fonctionne sur une base de projection de texture où l'on projette l'alpha sur l'axe de notre angle de vue et de l'inclinaison de notre pinceau virtuel.

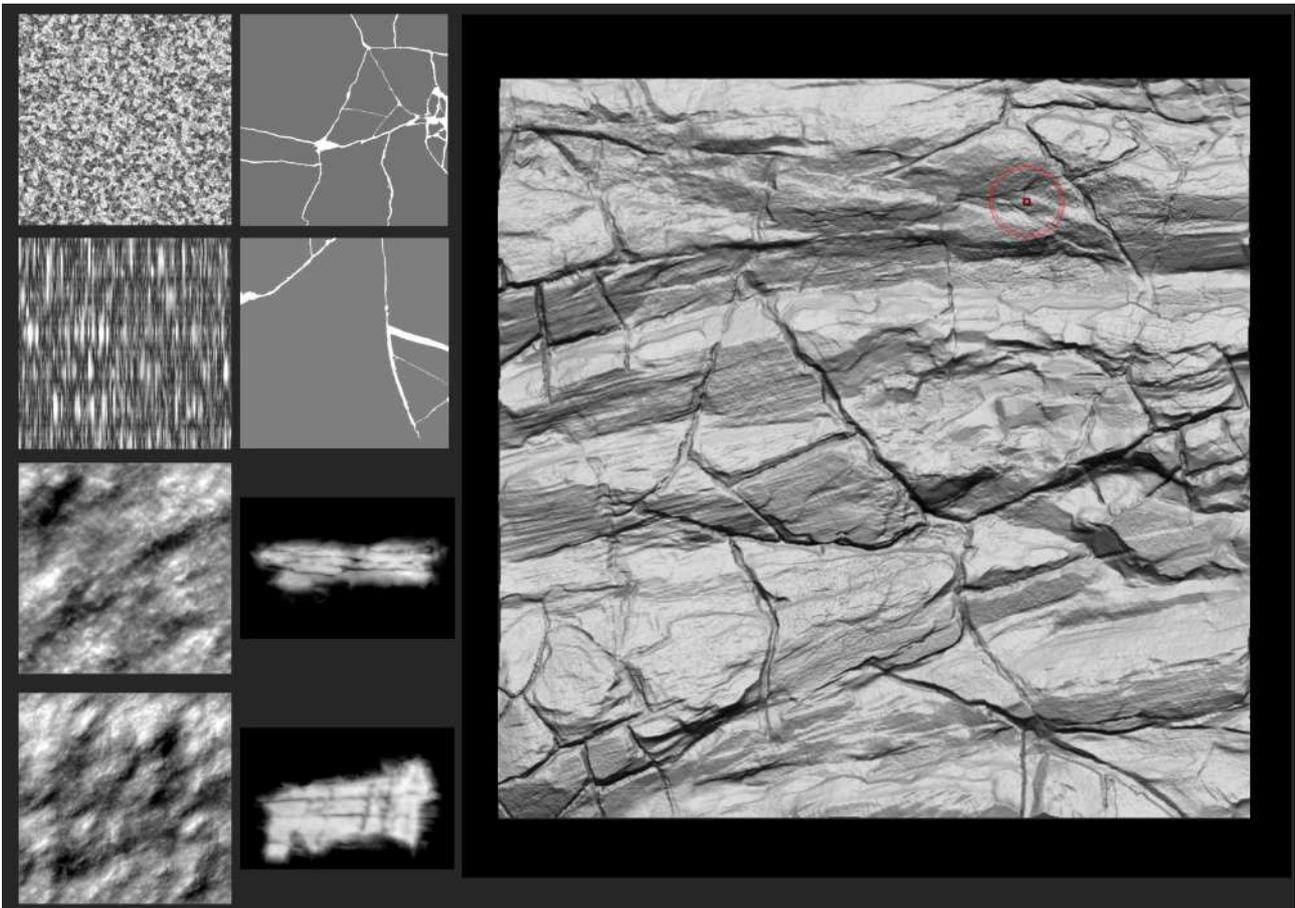


Fig 48. Échantillons d'Alpha utilisés et résultat sur le modèle ZBrush

Pour travailler ces alphas, on peut passer par Photoshop en convertissant nos textures de roche en niveaux de gris puis en jouant sur les contrastes selon ce que l'on veut garder comme informations. Pour éviter des trop grandes différences de hauteurs et ne pas avoir d'artefacts, il est conseillé de flouter très légèrement l'image pour simuler une certaine interpolation des pixels. L'outil *CrazyBump*⁵¹, permet cependant plus de possibilités dans la manipulation de la texture pour des alphas car l'échantillonnage de pixel y est plus développé. On se retrouve plus souvent avec un meilleur résultat, plus précis et qui présente moins d'artefacts.

⁵¹ Programme informatique permettant de modifier des images importées pour être plus adaptées au rendu 3D

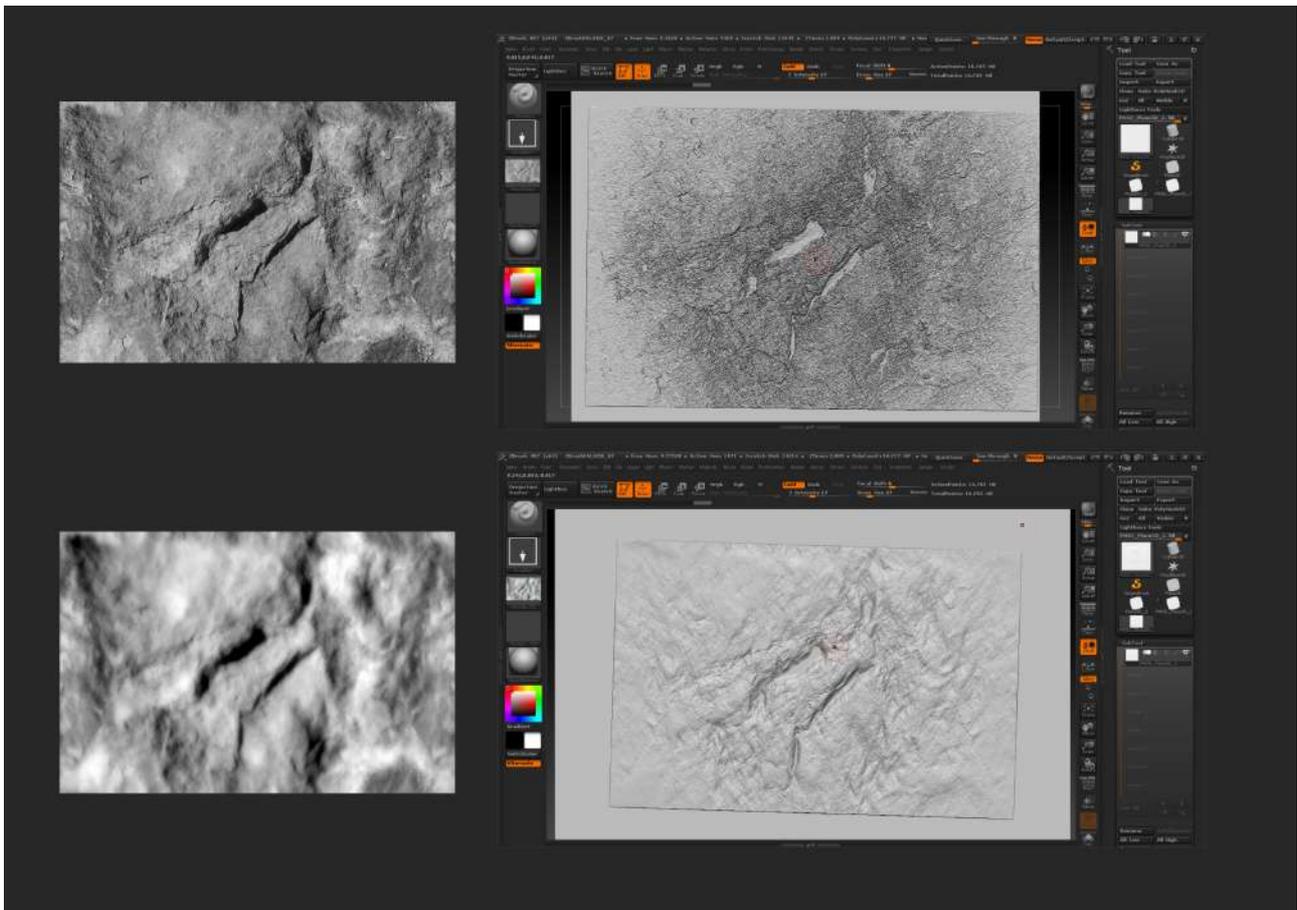


Fig 49. Comparatif Alpha Standard (en haut) et Alpha issu de CrazyBump (en bas)

L'avantage de cette technique dans un pipeline de production est la liberté de création et de modification. Comme tout se fait numériquement, on peut revenir facilement sur notre sculpture. Surtout que le fonctionnement en niveau de subdivisions nous donne la liberté de circuler entre les niveaux de détails pour retravailler les gros volumes ou revenir sur nos reliefs. Il est également possible de transférer les détails de surfaces sur un autre *mesh* ou encore de changer complètement la topologie du *mesh* final pour repartir d'un modèle plus basique mais qui garde les mêmes lignes de formes dans le but de le retravailler différemment. Pour se faire, j'ai utilisé l'outil *Project* et l'outil *ZRemesher* qui permettent cette option.

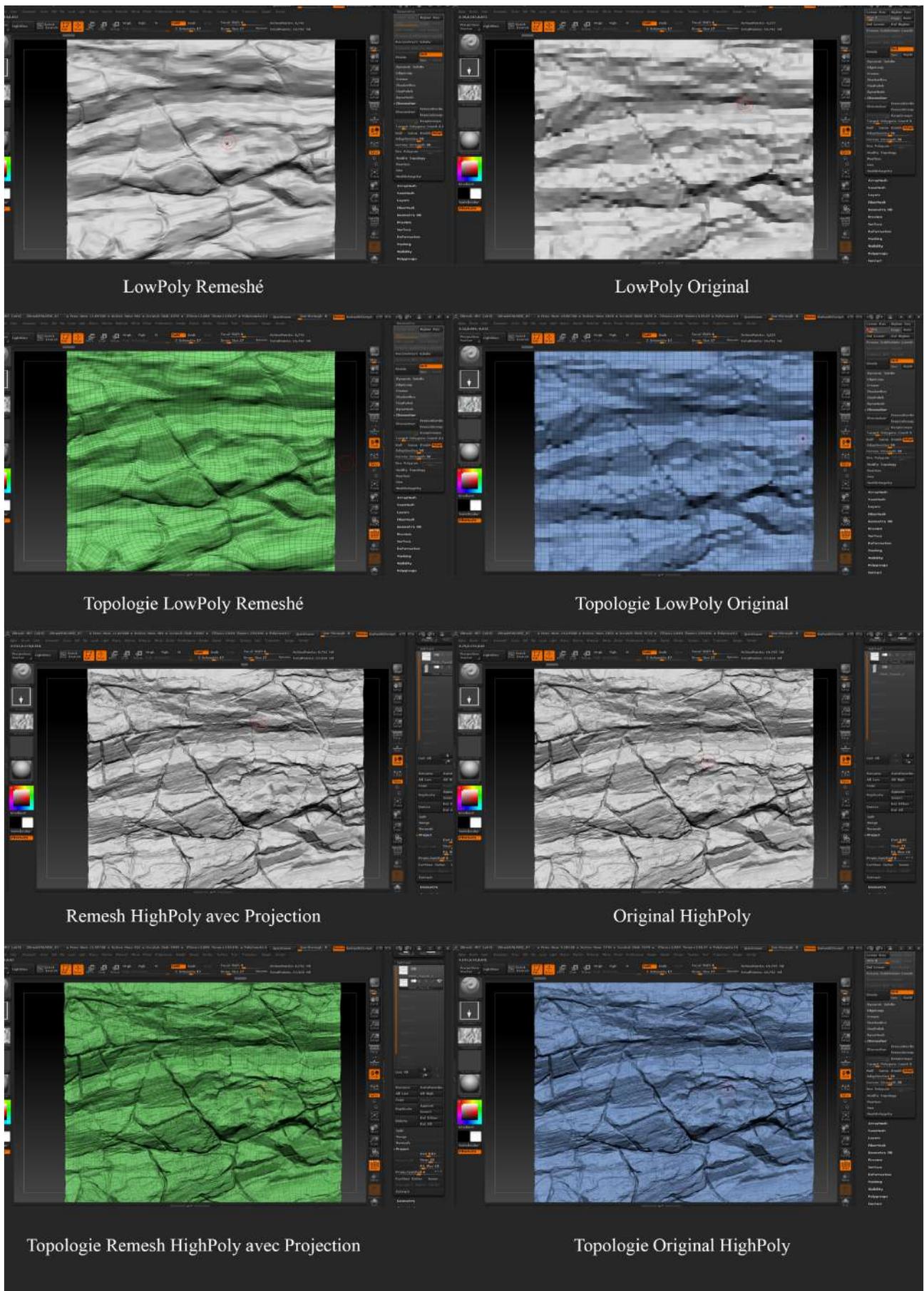


Fig 50. Comparatif et effet des techniques de Zremesher et Project combinées

Ces deux outils vont souvent de pair car j'ai souvent eu à refaire la topologie de mon *mesh* pour partir d'un modèle plus léger mais qui gardait la silhouette globale du modèle précédent, puis j'ai projeté à plusieurs reprises les détails de *sculpt* du modèle final sur le nouveau modèle *remeshé* en augmentant à chaque itération le niveau de subdivision pour fournir plus de détails précis de relief. Une autre manipulation à laquelle j'ai eu souvent recours était de simplement prendre le modèle *remeshé* comme modèle de base pour refaire une toute autre surface mais gagner du temps avec les volumes principaux déjà présents. Enfin, les différents outils additionnels que propose le logiciel permettent de modifier les paramètres d'exportation des *displacement map* ce qui permet une plus grande adaptation de nos *map* en fonction du projet. Il est donc possible d'affiner la qualité de la *displacement map* pour retranscrire le plus d'informations de volume possible. Pour y parvenir, les paramètres que j'ai indiqués sont les suivants : tout d'abord, indiquer une résolution de *map* de *displacement* d'au moins 2048x2048 si ce n'est plus. Je reviendrai sur l'importance de ce paramètre dans le second chapitre. L'option Flip V permet de compenser la manière dont Zbrush gère en interne l'orientation des UV des *mesh* qu'elle exporte. En effet, comparé aux logiciels comme Maya, Zbrush inverse verticalement (donc sur l'axe V des coordonnées UV) les coordonnées du *mesh*. Il nous est donc bien utile ici puisque je vais effectuer mes rendus sur Maya. Ceci m'évitera de passer constamment sur Photoshop⁵² pour corriger cette différence. Le SubDiv est un paramètre qui va prendre comme repère le niveau de subdivision le plus bas qu'on lui indique pour calculer l'écart d'information qu'il y a par rapport au niveau le plus haut et incorporer cette différence d'informations dans la *map*. Pour un maximum d'informations, il faut donc indiquer le niveau de subdivision le plus bas. Le DPSubdivPix correspond à la définition des pixels de la *displacement map*. En d'autres mots, elle va agir sur la précision des informations de volume. Ce paramètre va donc de pair avec le paramètre de résolution de la *map* exportée ainsi qu'avec la complexité de notre sculpture. En gros, plus il y a d'informations à stoker, plus il faut être précis. Comme ici je traite des surfaces complexes avec des niveaux de détails précis nécessitant des niveaux de subdivision de l'ordre d'une vingtaine de millions de pixels, il faut que ce paramètre soit au plus haut. Les paramètres Adaptative et SmoothUV me paraissent encore flou. Le SmoothUV va lisser (donc subdiviser) les coordonnées de texture du modèle basse résolution (niveau de subdivision le plus bas) en se basant sur le modèle final. Cela dit, ayant fait un test avec ces deux paramètres activés puis désactivés, je n'ai remarqué aucune différence. Pourtant, plusieurs sites et forums divers conseillent de les laisser désactivés sans quoi il serait possible de se retrouver avec des textures altérées. Pour éviter tout risque, j'ai préféré laisser comme cela.

52 Logiciel de peinture et d'édition d'images 2D

Le paramètre Mid est assez important car il va définir à quelle valeur de pixel l'algorithme de *displacement* va considérer le point 0 c'est à dire le point où aucun déplacement de point n'est à effectuer. Ce paramètre est directement lié au paramètre suivant que je vais exposer car il dépend du champ de valeur que la *map* va contenir. En effet, si la *map* ne traduit que des valeurs positives (de 0 à 1 par exemple), le Mid devra être à 0,5. Si la *map* prend en compte les valeurs négatives (de -1 à 1), le Mid sera plus correct à 0. Je l'ai donc laissé à 0. Le Set 32Bit va permettre de stocker un plus grand nombre d'informations dans la *map* en tenant compte des valeurs négatives. Un des formats qui traduit et stocke le mieux les informations 32Bits est le format EXR c'est pourquoi il est tout aussi important de l'activer à son tour. Comme les *maps* 32Bits n'ont besoin que d'un canal de couleur pour stocker les informations, décocher l'option 3 Channels va transférer les informations seulement dans le canal Rouge de la *map* allégeant ainsi le poids du fichier.



Fig 51. Panneau des options d'exportation de displacement map

Ainsi, dans mes modélisations, j'ai effectué des allers-retours entre ces différents outils pour aboutir à mes résultats. Cette liberté de création peut cependant demander du temps surtout si l'on travaille des représentations réalistes ou photo-réalistes car le travail du détail nécessite plus de délicatesse et de ressources dans les subdivisions. L'exportation des textures peut elle aussi être très gourmande en ressource et donc en temps de calcul. Les modélisations que j'ai travaillé au cours de l'année m'ont pris beaucoup de temps dans le travail des formes pour obtenir des effets qui se rapprochent des surfaces rocheuses et l'exportation de chaque *map* m'a pris en moyenne 50 minutes ce qui représente un temps considérable. Mais sa liberté de création et les avantages qu'elle confère font de cette technique la plus souvent adaptée à une production.

Enjeux des approches de formes, un questionnement du relief :

Après avoir exploré différentes techniques de créations numériques de roche, j'ai développé mes recherches dans l'axe de la sculpture digitale. J'ai été davantage convaincu par sa diversité de forme, son fonctionnement modulable et par la qualité des résultats obtenus que j'ai trouvé plus satisfaisants. Je vais donc aborder les enjeux de créations de forme de surface rocheuses dans la sculpture numérique. La roche brute, celle que l'on trouve partout dans les décors naturels, a cette particularité de relief multiple. Cette multitude de reliefs présente un aspect plutôt géométrique, angulaire. Je parle donc de « géométrie chaotique » : peu de courbes ou de formes lisses (sauf si l'on est dans la représentation d'une roche érodée).



Fig 52. Exemple de roches brutes⁵³

Cet aspect angulaire de la surface rocheuse brute est dû aux faces cristallines et aux plans de clivage de leur structure. En cristallographie, le clivage ou plan de clivage définit des zones de fractures souvent planes, suivant une direction privilégiée. Ces zones sont liées à des plans de faiblesse dans la structure cristalline qui forme la roche. Ces clivages sont d'ailleurs révélateurs des types de minéraux qui constituent la roche.

53 Source : google image

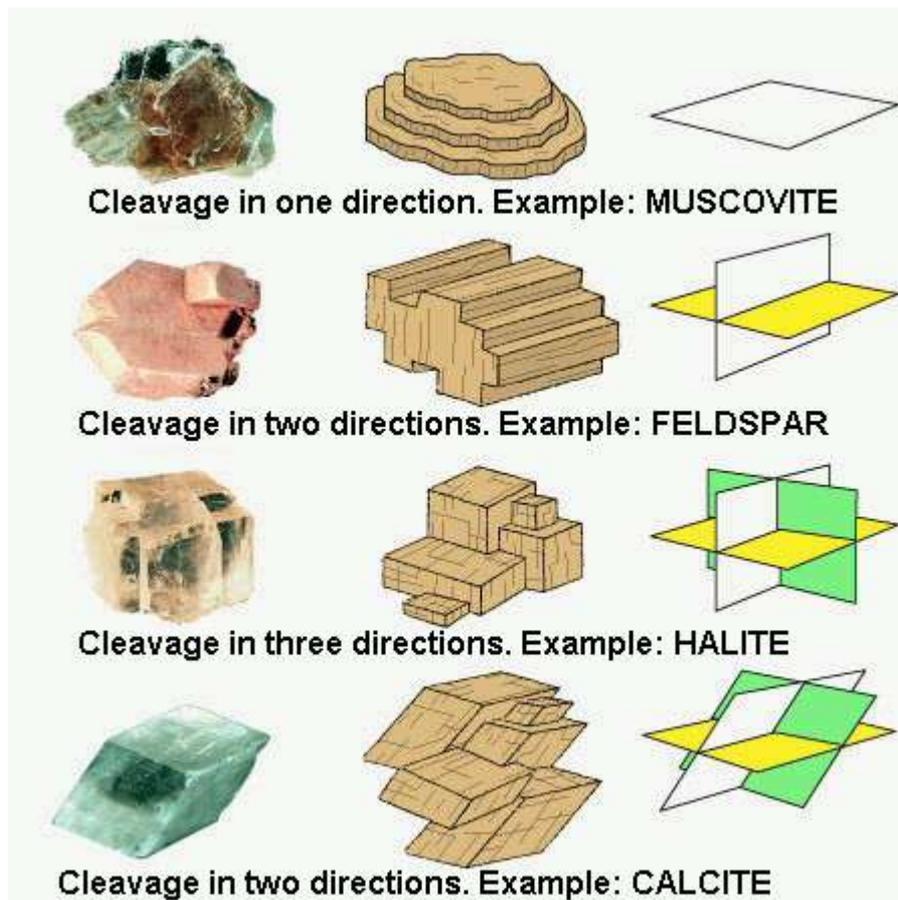


Fig 53. Exemples de plan de clivage⁵⁴

Dans la forme rocheuse, le but est de créer le plus d'aléatoire possible. Comme la modélisation manuelle ou la sculpture digitale ne traduit pas le même aléatoire que ce que la nature peut créer, il faut essayer de multiplier les manipulations pour que les schémas de répétition soient brouillés dans ce flot de modifications de *mesh*. Il faut donc sculpter sur plusieurs niveaux de subdivision, rajouter des détails de plus en plus précis.

Pour aller plus loin, certaines modélisations ont été faites en dupliquant le modèle. Son clone est par la suite manipulé en rotation, translation et/ou en taille pour enfin être fusionné avec son parent. Cette technique permet d'évoquer l'empilement des roches que l'on trouve dans les décors naturels.

⁵⁴ Source : google image

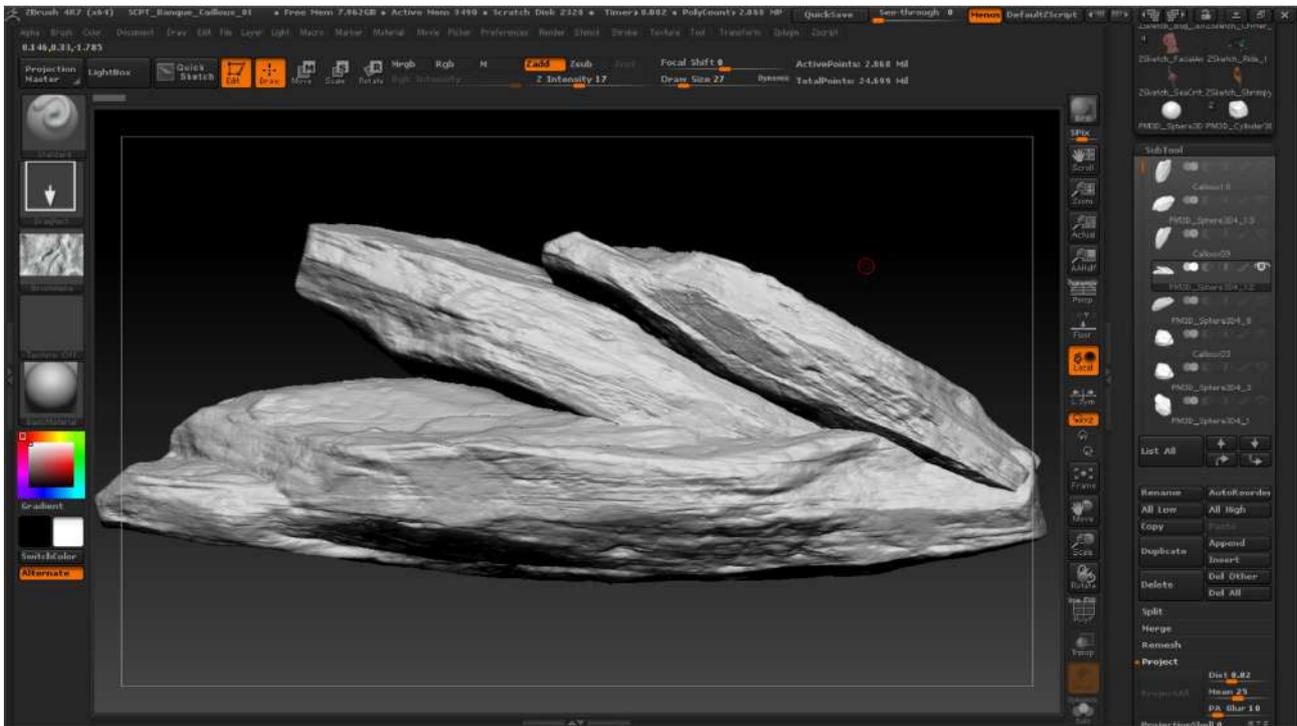


Fig 54. Modèle créé avec la fusion de plusieurs meshes

Les roches que l'on peut observer autour de nous sont le résultat de coulées de lave ou d'écrasements de masses rocheuses dans une autre. Ainsi, la notion d'enchevêtrement y est essentielle pour donner cet effet de roche qui s'interpénètre. Comme il a été évoqué à plusieurs reprises, la roche suit un schéma de forme fractale. A plusieurs échelles différentes on observe les mêmes détails et chaque volume est constitué d'autres volumes similaires mais plus petits. Mais les plus gros volumes observés vont donner la forme basique du monolithe.

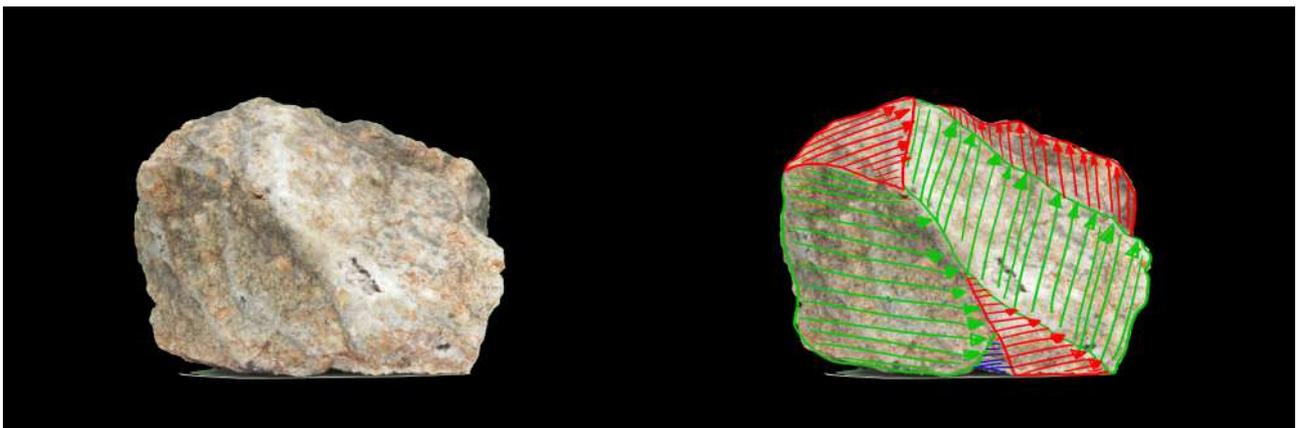


Fig 55. Mise en évidence des volumes principaux d'une roche

Les formations rocheuses qui constituent les environnements naturels suivent alors des lignes directrices. On peut observer des volumes plus imposants qui vont donner une direction aux reliefs de la roche. Pour la roche brute, on observe presque systématiquement une direction plutôt horizontale car sa formation résulte d'une multitude de couches sédimentaires superposées et compactées les unes sur les autres. Pour des surfaces de types falaises, j'ai donc travaillé les parois par des lignes directrices horizontales pour reproduire ces différentes couches de sédiment.

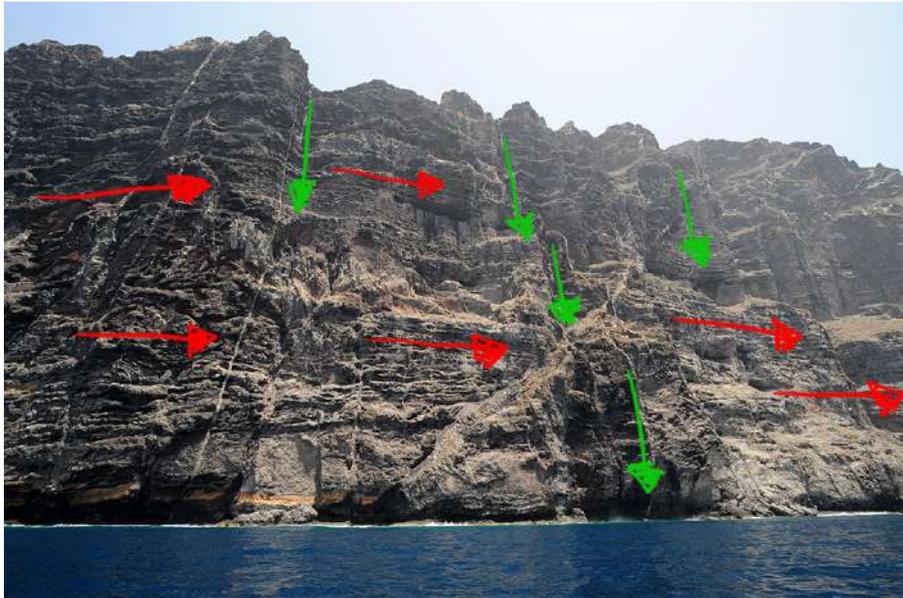


Fig 56. Exemple de paroi rocheuse et du sens qu'imposent les principaux volumes⁵⁵

L'approche du volume est relativement quadrillée car j'ai d'abord disposé les couches horizontales plus ou moins droites par des creux et des bosses puis ajouté des volumes plus irréguliers qui dessinent des lignes verticales ou diagonales afin de compenser cette certaine régularité des lignes horizontales. Les lignes horizontales évoquent les couches de roche superposées et les volumes plus verticaux correspondent plus aux cassures du massif au cours du temps.

55 Source : google image

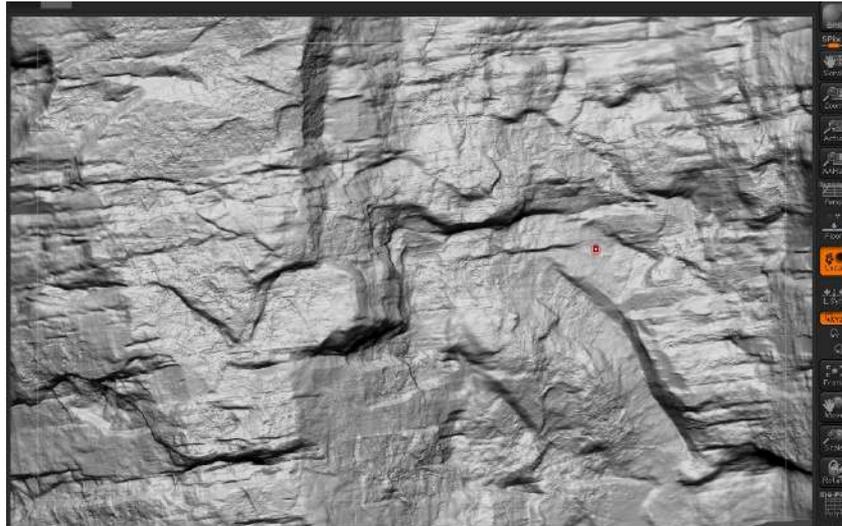


Fig 57. Retranscription de la direction horizontale de la falaise sur le mesh sculpté

Pour mieux identifier ces enjeux inhérents à la surface rocheuse, j'ai entrepris une modélisation de roche sur une forme d'avant-bras, une forme très différente des formations naturelles que l'on peut observer. Il m'a semblé intéressant de travailler l'élément à la fois comme un objet rocheux en travaillant la surface d'après les propriétés analysées, une partie de corps que l'on peut rattacher à un personnage en gardant les formes de l'avant-bras, de la main et des doigts, mais aussi comme un paysage en sculptant des vallées et des volcans. Ce jeu d'échelle révèle d'ailleurs la dimension fractale de la roche. J'ai donc préservé les volumes principaux de la main tel que les phalanges, les tendons extenseurs des doigts, le creux et les lignes de la paume, l'éminence thénar en les grossissant et en les taillant pour qu'ils soient toujours identifiables. J'ai également renforcé l'implantation des volumes en taillant des crevasses à leurs bases.

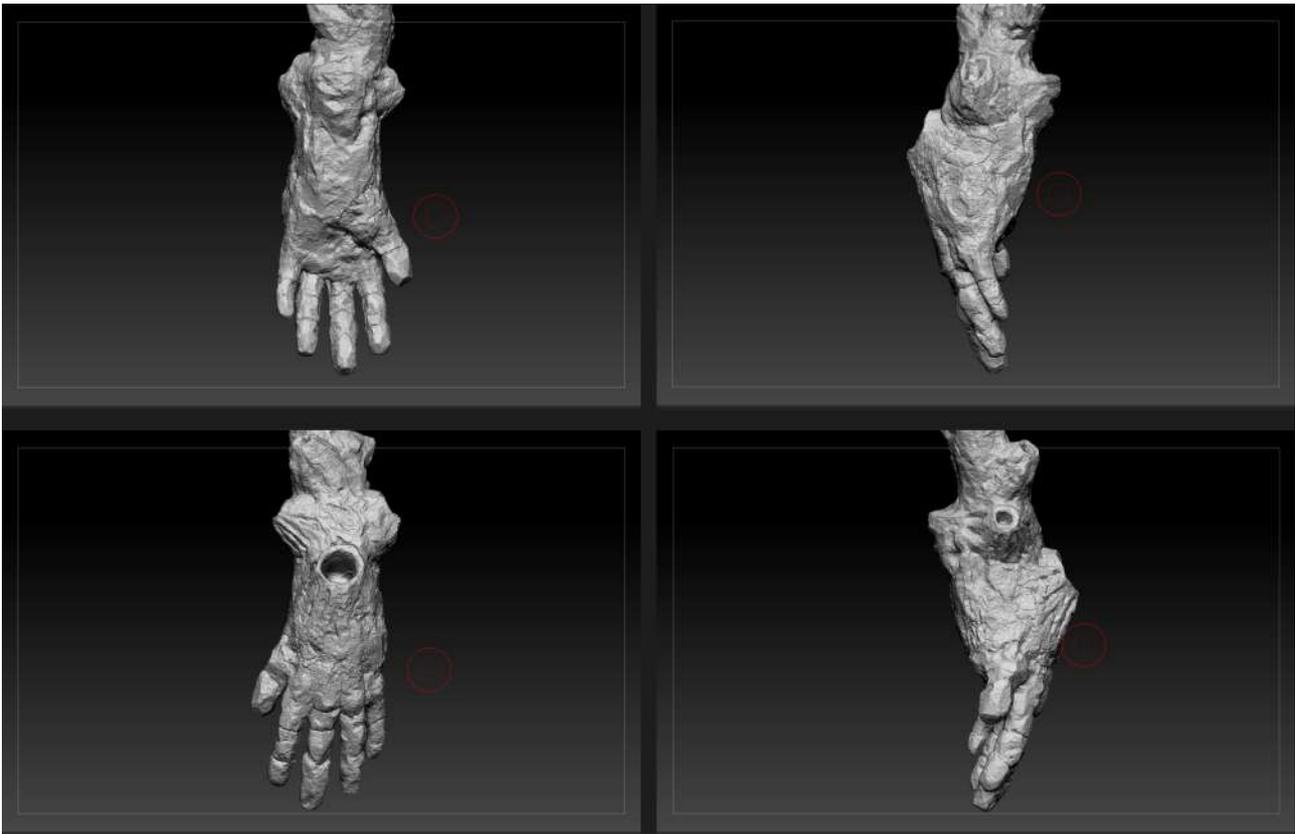


Fig 58. Résultat de la sculpture de bras rocheux

Le travail de la forme de la surface n'était pas vraiment différent des parois et roches que j'ai travaillées et décrites précédemment mais le fait de devoir garder une forme globale de bras m'a contraint à me restreindre dans les manipulations de forme pour garder l'essentiel de ce qui définit la roche.

Mes expérimentations m'ont aussi poussé à explorer des formes autres que la simple roche brute en m'intéressant aux formations cristallines de type calcite⁵⁶. Les formes de type cristaux ont une direction plus verticale et un aspect bien plus régulier et géométrique car le plan de clivage de la plupart des cristaux est de forme cubique ou prismatique. D'où leur formation en pylônes droits ou penchés. Ici, l'idée est donc de travailler verticalement et de s'émanciper de l'idée d'irrégularité qu'exprime la roche brute. J'ai travaillé des formes plus simples et géométriques avec un relief lisse et traité en « escalier ». L'aspect spontané des formations cristallines réside dans leur structure « éclatée » où plusieurs prismes vont partir d'un même « noyau » mais dans des directions différentes. Pour retranscrire ce type de structure, je suis passé par la technique énoncée plus tôt qui consiste à partir d'un même volume basique dupliqué, modifié puis fusionné.

⁵⁶ Le calcite est un minéral transparent ou semi-transparent

La forme a, selon moi, une place primordiale dans le processus de création d'une roche réaliste. Le volume est ce qui fait par essence l'expression plastique de la roche de par son aspect brut et angulaire. Analyser structurellement comment la roche est constituée m'a permis de travailler différemment la sculpture de mes surfaces et explorer les outils qui permettent l'approche de leur création a permis d'identifier les diverses problématiques et enjeux qui découlent du procédé de modélisation. Qu'il s'agisse d'une question d'intégration dans le pipeline, de logistique, de possibilités de manipulation, ou de crédibilité dans le rendu. Il y a bien évidemment une infinité de formes de roche que l'on peut trouver : roche polie, érodée, cristaux, différents types de minéraux etc. Le fait de traiter plusieurs modélisations différentes m'a permis d'isoler un schéma redondant de création. Une fois les surfaces créées, il faut leur rendre hommage au rendu en conservant et en traduisant au mieux leurs volumes et en introduisant leurs autres propriétés surfaciques.

CHAPITRE II : magnifier la forme par la couleur :

Une fois l'étape de la modélisation aboutie, il faut pouvoir appliquer des couleurs qui permettront de révéler les volumes et de donner un niveau supplémentaire d'informations sur la matière de la surface.

Méfiance sur les textures :

Avant toute chose il faut se questionner sur la pertinence des images que l'on va utiliser pour colorer notre surface. Lors de mes premières expérimentations, les textures que j'appliquais cachaient les détails de reliefs et les volumes devenaient moins cohérents, réduisant à néant les efforts fournis en amont. Le problème étant que la texture choisie n'était pas adaptée à mon objet. Il est vrai que la plupart des images que l'on trouve fournissent déjà beaucoup d'informations de volumes, notamment des ombres propres qui vont marquer les creux et bosses de la matière. Cependant, comme il a été dit précédemment, la texture reste une simple image 2D et les informations de volumes fournies dans cette image ne conviennent ni au point de vue de notre caméra, ni aux informations de volume du modèle traité.



Fig 59. Exemple de textures de roches trop fournies en détails de volume⁵⁷

57 Source : www.texture.com et www.texturemate.com

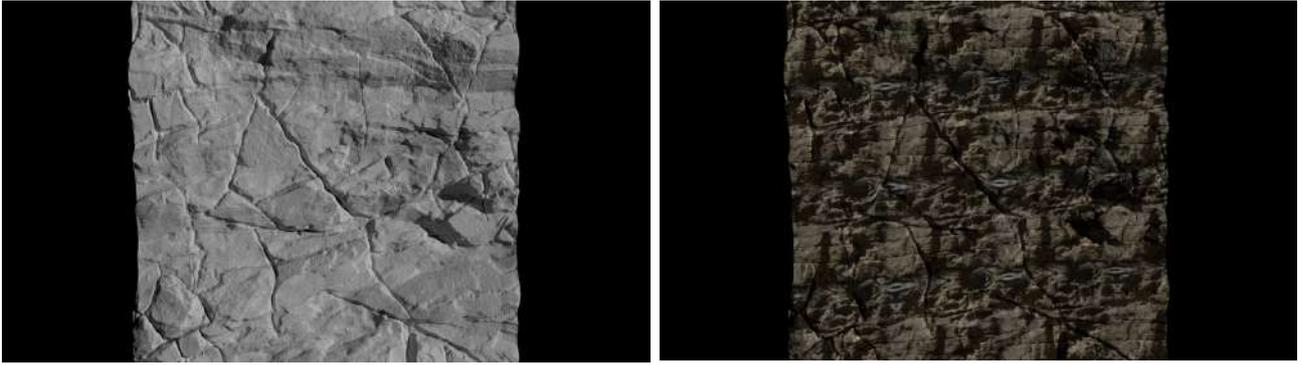


Fig 60. Résultat au rendu

L'enjeu est donc de trouver un bon équilibre entre le niveau de détail de surface que l'on va indiquer dans la texture et les reliefs créés sur notre maillage. Il nous faut donc une image qui va apporter des détails que l'on ne peut apporter dans le travail de la forme. Une image qui nous indique uniquement des informations de matières sans informations de relief ou de lumière. Par exemple en n'affichant que la microflore se développant à la surface de la pierre ou les variations de couleur créées par les milliards de cristaux minéraux qui constituent l'objet.

Pertinence des pixels :

La question du détail est importante. Mais il faut faire attention à la possibilité d'un amalgame entre détail de relief et détail de pixel. La notion de piqué d'image et de résolution intervient alors. Trois critères sont à prendre en compte lorsqu'on cherche une texture, à savoir le piqué de l'image, sa définition et sa résolution. Le piqué de l'image fait référence aux détails de pixels que l'on va trouver dans notre texture. Un bon piqué d'image va donc nous montrer des variations de couleurs bien marquées sans aberrations chromatiques ou autres défauts.

La résolution indique le nombre de pixels qui vont constituer notre image. Elle définit la taille de l'image. Grossièrement parlant, plus il y a de pixels, plus les détails de couleurs vont être facilement reconnaissables. Une image de trop petite résolution (mettons 256x256 pixels), même avec un bon piqué d'image, va brouiller les détails de couleurs et ne pourra pas suffisamment recouvrir la surface de notre modèle. A moins de l'étirer, ce qui altérerait fortement sa qualité, ou de la répéter un grand nombre de fois, ce qui donnerait un côté trop factice à la surface.



Fig 61. Résultat du rendu après application de texture en 640 x 427

Il nous faut donc une image de grande résolution c'est à dire 2048x2048 pixels (aussi appelé 2K) ou 4096 x 4096 pixels (aussi appelé 4K) avec un bon piqué d'image. Il n'est pas évident de repérer une image de bonne qualité au premier coup d'œil car les tailles d'écran et les outils d'affichages brouillent la lecture. On peut vérifier la qualité de l'image en zoomant dessus et en observant à quelle puissance de zoom la qualité de l'image se dégrade considérablement.

Dans la plupart des cas, j'ai trouvé des textures sur internet indiquées comme étant du 4K mais qui,

en zoom 100% (soit sa taille normale) sont déjà dégradées.

Il s'agit en réalité d'une image qui, comme dit plus haut, était de plus petite résolution mais a été étirée pour faire une taille 4K ce qui donne une image de mauvaise qualité. J'ai par la suite essayé de prendre mes propres images de référence en photo pour voir si j'obtenais un meilleur résultat. Il faut bien sur un bon appareil de prise de vue capable de prendre des photos de bonne définition et de grande taille avec un bon piqué d'image. Ici, j'ai utilisé un Canon EOS 700D qui me semble être suffisant pour ce genre d'exercice. Pour des textures plus adaptées au *surfacing*⁵⁸ de roche, j'ai pris des surfaces rocheuses peu vallonnées avec une lumière plate pour ne garder que les informations de couleur de la matière sans informations de volume ou de lumière.



Fig 62. Textures « faites maison »

Il me semble donc plus judicieux de prendre ses propres textures en photo si tant est que notre équipement de prise de vue nous le permette. On s'évite alors bien des soucis quant au temps de recherche passé sur le choix d'images préexistantes (notamment sur internet) ou encore la vérification et le tri de leur qualité.

58 Synonyme de « texturing »

La couleur dans tous ses états :

La notion de texture est très vaste, surtout de nos jours avec les évolutions des technologies de l'image. Parler de texture ou de *map* signifie en réalité parler de matrices de pixels qui vont détenir et apporter des informations sur lesquelles vont se baser une multitude de fonctions. Dans les paragraphes précédents, je n'ai évoqué la notion de texture que pour parler de la couleur brute de la surface. Dans le milieu de la 3D, on parle alors de couleur « diffuse ». Mais il existe d'autres couleurs et d'autres propriétés de surfaces que l'on peut travailler avec les textures et que nous avons évoqués plus haut. Tout d'abord nous avons le *bump mapping* ou *normal mapping* qui donne du relief à notre surface. Un autre traitement de texture important est le *specular mapping* qui a pour effet de jouer sur les rebonds spéculaires de la lumière. Les rebonds spéculaires correspondent aux fortes zones de lumières réfléchies vers notre œil qui vont révéler le côté brillant d'une surface.

Deux paramètres importants entrent alors en compte : la couleur et l'étendue. La couleur du rebond spéculaire va impacter directement sur l'intensité de brillance du matériau ainsi que sur ses propriétés surfaciques. L'étendue, quant à elle, joue sur la brillance en elle-même. Plus la zone de rebond spéculaire sera précise, plus la surface paraîtra lisse et brillante tandis qu'un rebond spéculaire diffus évoquera plutôt une aspérité de la surface.

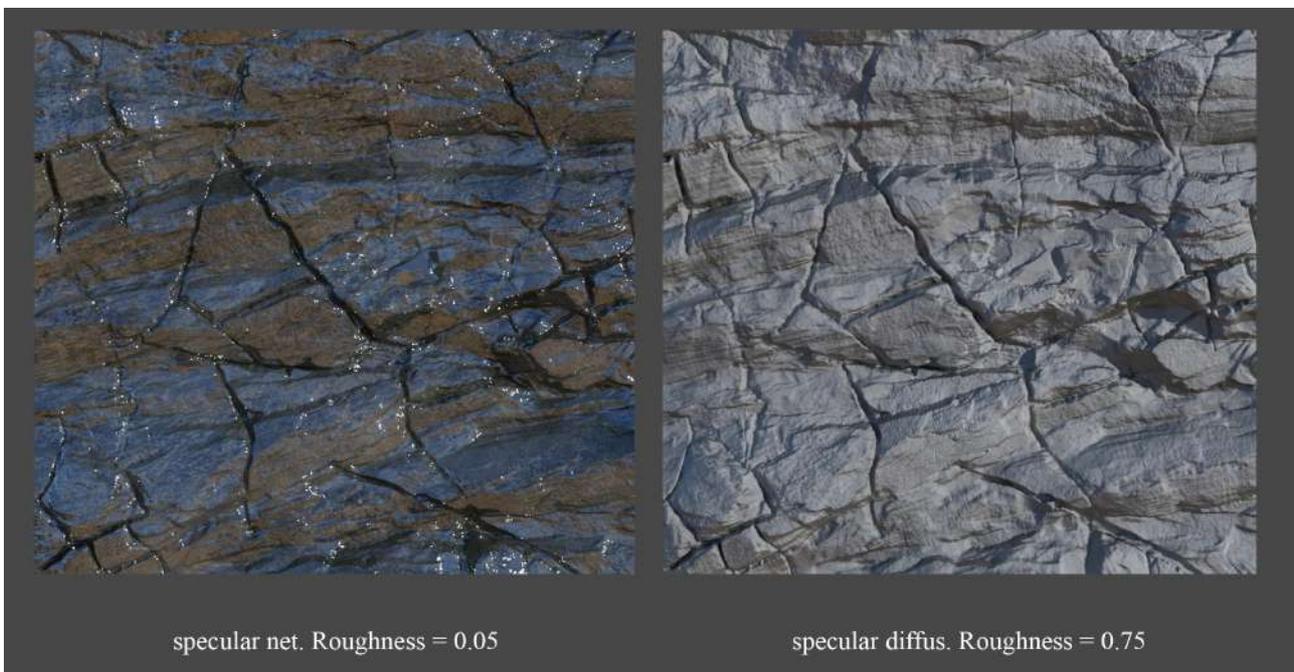


Fig 63. Comparatif de l'étalement du reflet spéculaire

Travailler ces paramètres avec des textures présente selon moi beaucoup plus d'intérêt visuel et de réalisme à notre matériau, surtout ici avec la matière rocheuse. En effet, la roche n'est jamais vraiment lisse, ses petits reliefs qui se traduisent par une surface granuleuse étendent la lumière qui se dépose dessus et les grandes différences de volumes font que la surface n'est pas uniforme donc les intensités de lumière ne sont pas les mêmes partout sur notre modèle. Apposer une texture sur l'intensité des rebonds spéculaires de lumière permet de renforcer cette notion et de donner un côté plus brut et « sali » au matériau.



Fig 64. Comparatif de l'application de la SpecMap

Les *cavity maps* permettent de ne garder que les informations précises de reliefs et de mettre l'accent sur les petites cavités de notre surface. Pour la matière rocheuse, cette texture va nous permettre de renforcer les creux des sillons pour appuyer les microfissures de la roche. L'utilisation de cette texture se fait généralement par sa multiplication avec la texture diffuse de notre modèle.

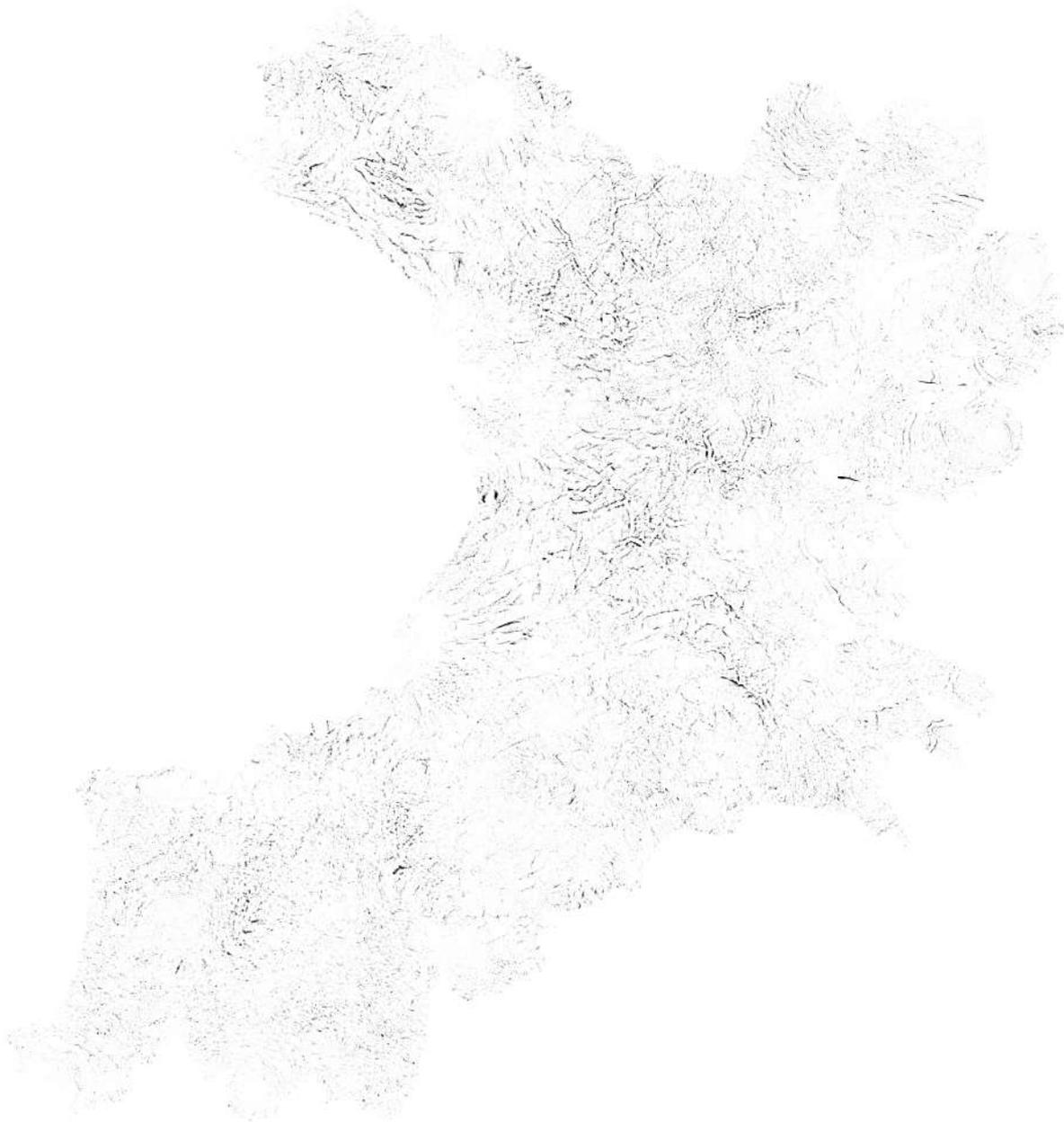


Fig 65. Exemple de CavityMap

La peinture numérique, un habillage interactif :

Le choix des textures est une chose, le *texturing* en est une autre. Appliquer simplement une texture sur le modèle ne suffit généralement pas. Surtout lorsqu'on traite des surfaces de type matière rocheuse comme ici. Pour appliquer les textures au *mesh*, on se base comme il a été énoncé plus haut sur ses coordonnées UV. Il nous est possible dans Maya d'extraire l'image résultant du dépliage UV de notre modèle (appelée « UV Snapshot ») pour peindre dessus à l'aide d'un logiciel de peinture 2D numérique comme Photoshop.

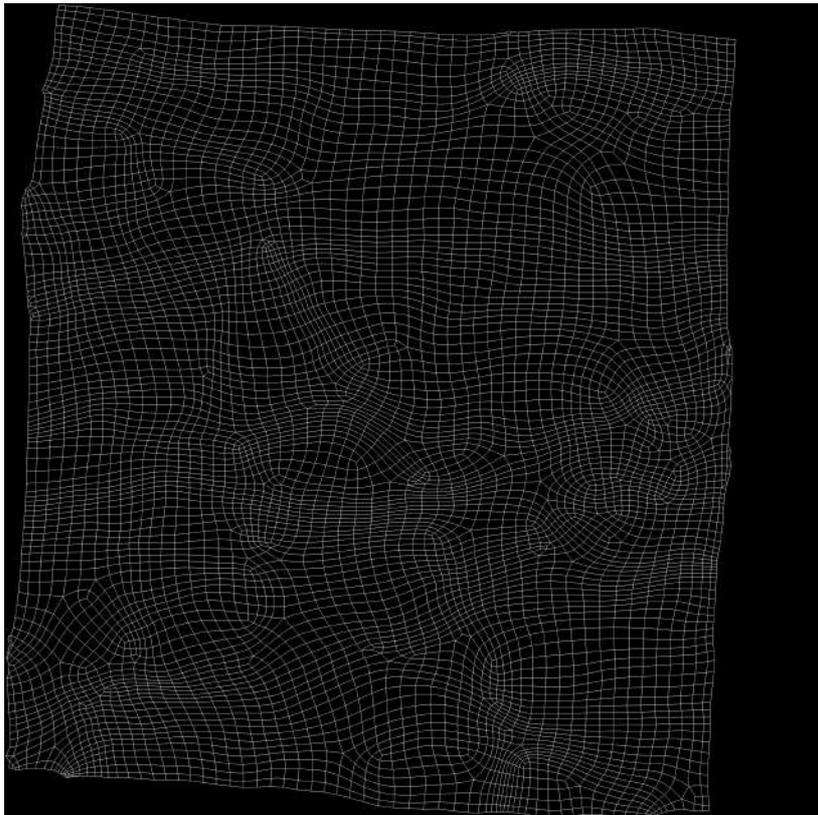


Fig 66. Exemple d'UV Snapshot

Une approche plutôt limitée car on répartit notre/nos texture(s) sur une image 2D sans savoir exactement où et comment les pixels vont apparaître sur la surface. Autre obstacle, les bordures UV. En effet, avec cette technique basique de peinture sur Photoshop, on se retrouve avec une texture discontinue car les pixels présents sur les bords gauches de nos coordonnées UV ne correspondent pas à ceux des bords droits et toute l'illusion réaliste de notre texture se perd.

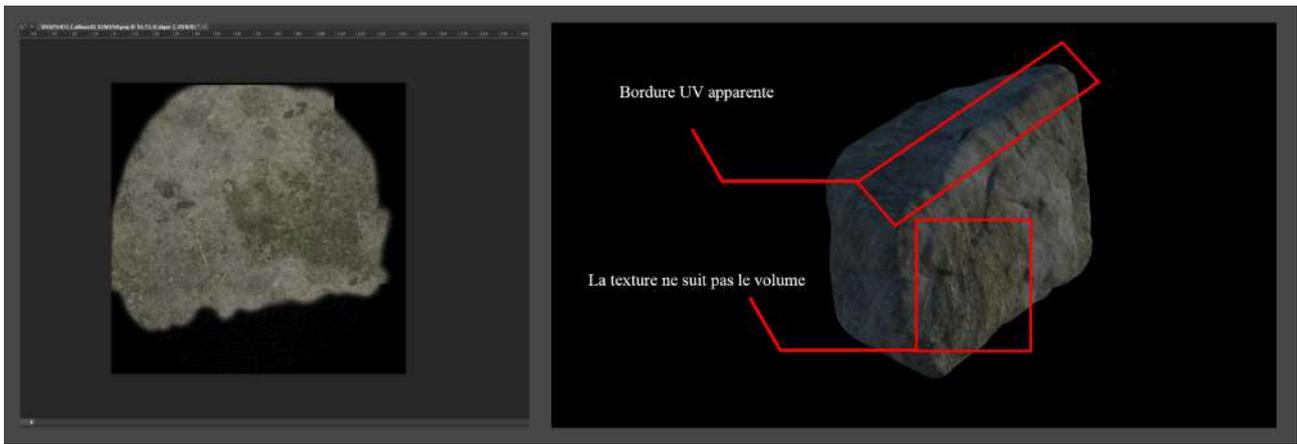


Fig 67. Résultat peinture de texture sur Photoshop
(mise en évidence des bordures UV visibles et de l'étirement de texture)

Sur la scène du canyon que j'ai travaillée lors du projet intensif *The other side*, les roches sont revêtues d'une simple texture rendue *seamless*, c'est-à-dire que les pixels du bord haut de l'image correspondent à ceux du bord droit. De même pour les bords haut et bas. Cette manipulation, qui s'apparente aux corrections des bordures UV dont je viens de parler, permet ici de répéter la texture X fois afin de remplir la surface sans trop faire remarquer l'étirement de l'image. Cette technique a l'avantage d'être rapide mais on sent tout de suite la répétition des *texels* ce qui trouble l'œil. De plus, la texture n'étant pas adaptée à la surface, on obtient quand même des étirements de texture ou de légères incohérences car la texture reste la même tandis que le volume change. Ces soucis brouillent le réalisme et la crédibilité de la matière.



Fig 68. Scène travaillée sans texturing adaptatif sur les parois

Le *texturing* de la roche nécessite souvent un travail adaptatif car les variations de couleur de leur surface sont généralement directement liées à leur volume. On va donc plutôt opter pour l'usage de logiciels de peinture 3D comme Mari, Mudbox ou Zbrush.

Ces logiciels permettent, contrairement à la technique Photoshop, de peindre interactivement sur notre *mesh* 3D. Ces outils sont favorisés car ils compensent les problèmes de bordure UV en copiant les pixels d'une bordure pour les retranscrire sur les bordures opposées. De plus, les textures peintes vont bien mieux suivre les courbes du volume en se basant sur les normales des faces peintes ce qui évite grandement les étirements de pixels.

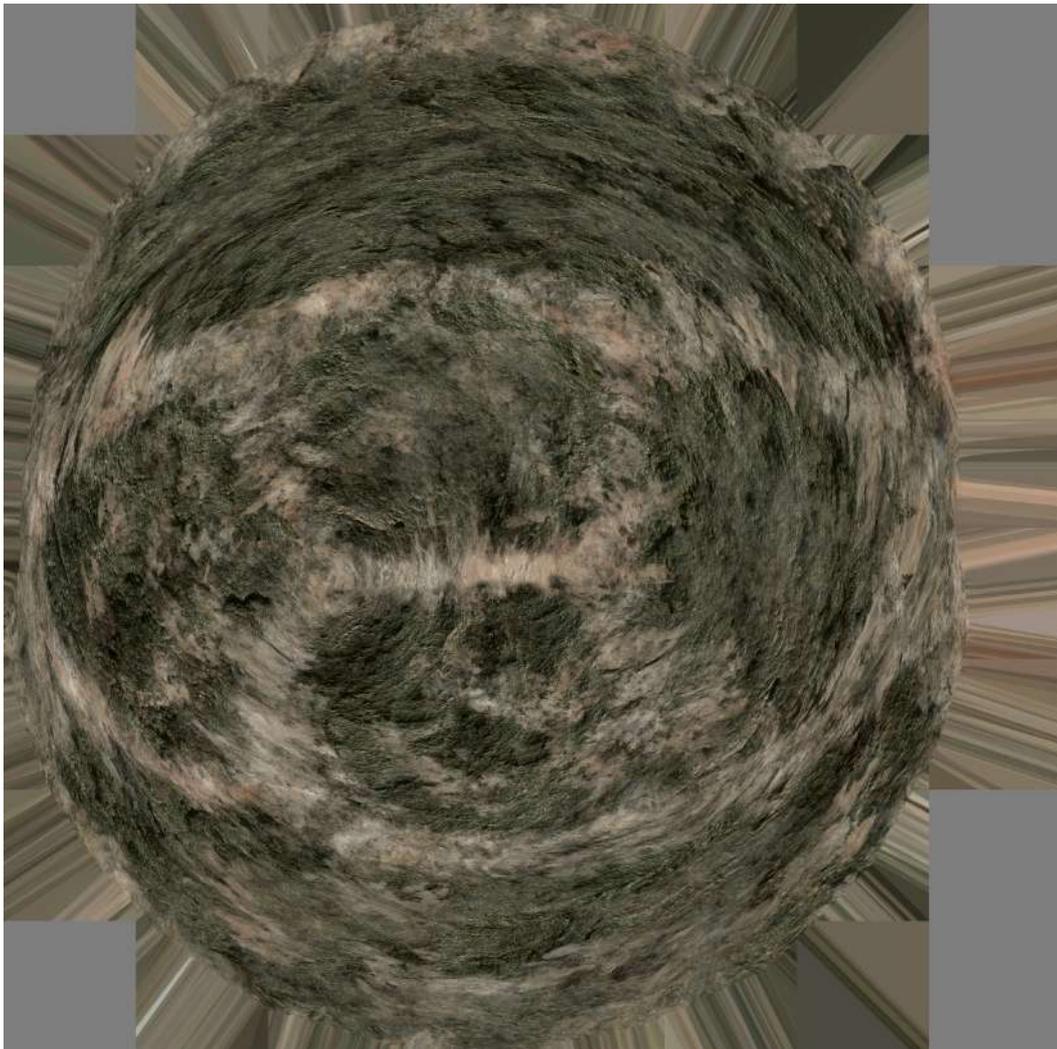


Fig 69. Texture générée par Mari (2048 x 2048)

Mes premiers tests effectués étaient concentrés sur le logiciel Mari ce qui m'a permis d'en apprendre les bases. Le logiciel est pratique mais crée des problèmes au niveau de la définition des textures qui sont souvent altérées dans notre espace de travail. Après m'être heurté à ces défauts de résolution qui ternissaient la qualité du rendu, j'ai expérimenté le *texturing* sur Mudbox. J'espérais ainsi avoir moins de problèmes au niveau des compatibilités de fichiers, d'autant plus que le logiciel est issu de la même firme qui détient le logiciel Maya que j'utilise comme point central de mes projets pour gérer et rendre mes scènes. Il s'est finalement avéré que le défaut de résolution se fait aussi sentir sur ce logiciel. Je me suis alors demandé si le problème ne vient pas en amont du logiciel et serait donc dans le choix des textures directement. Ce qui impliquerait l'obtention de textures en résolution 4096x4096 avec un piqué d'image excellent.

C'est, à ma grande surprise, avec Zbrush que j'ai eu plus de possibilités et de rendus convaincants. Zbrush est avant tout un logiciel utilisé pour la sculpture digitale et dans ses nombreuses options, il permet des manipulations de masquages qui vont, selon certains critères définis, agir sur seulement certaines zones de notre modèle. Là où cette option nous est très utile c'est que les critères de masquages en question sont principalement liés au volume du modèle. On peut ainsi masquer les sillons de notre surface rocheuse ou inversement les sommets ; travailler sur les gros volumes du maillage ou au contraire sur les petits détails de la surface. L'utilisation d'*alphas*⁵⁹ entre en jeu ici aussi car elle sert de masque pour la texture, donnant encore plus d'aléatoire dans la couleur et, par des *alphas* basés sur des images de roches, d'effets de matière.

Il existe donc un grand panel de création de masques dont beaucoup que l'on peut retrouver dans les autres outils de peinture 3D. Mais ceux qui vont nous intéresser sont dans l'outil présent sur le côté droit de notre *viewport*, intitulé *Masking*. J'ai, pour ma part, utilisé les options de *mask* « Mask by AO », « Mask by Cavity », « Mask by Smoothness », « Mask by PeaksAndValleys » car ils ont la particularité de se baser sur la géométrie du modèle 3D.

59 Images en niveaux de gris utilisées pour masquer les zones d'action des outils.



Fig 70. Panel outil masking

Mask by AO se base sur l'algorithme d'Ambient Occlusion, utilisé plus couramment dans les passes de rendus⁶⁰, qui dit que plus deux faces vont être proches, plus elles vont créer d'ombre (occlusion). Le calcul est basé sur les paramètres globaux de la scène à l'image de l'illumination ambiante qui s'oppose aux illuminations ponctuelles (une seule source précise de lumière) comme une *spotlight*⁶¹. Traduit en option de masque : plus des faces de notre géométrie seront proches, plus le masque aura d'effet. Il est possible de modifier la « tolérance » du masque, en quelque sorte son intensité, ainsi que son étendue avec les paramètres *Occlusion Intensity*, *AO ScanDist* qui est un seuil de distance pour créer l'occlusion, et *AO Aperture* qui gère plus l'étendue.

60 Pour le rendu 3D, il est plus courant de décomposer notre image en passes pour les travailler séparément en post-production. Ces passes sont des images qui vont contenir chacune une information précise de l'image finale (ombres, profondeur, couleurs seules, reflets, couleur indirecte, occlusion, etc...)

61 La *spotLight* est un type de lumière virtuelle beaucoup utilisée pour la mise en lumière des scènes 3D, elle s'apparente à la mandarine pour les studios de photographie.

J'ai, cela dit, eu peu recours à cette option car elle demande beaucoup de temps de calcul et le calibrage est donc assez fastidieux surtout qu'elle présente des similitudes avec les autres options citées qui sont plus interactives.

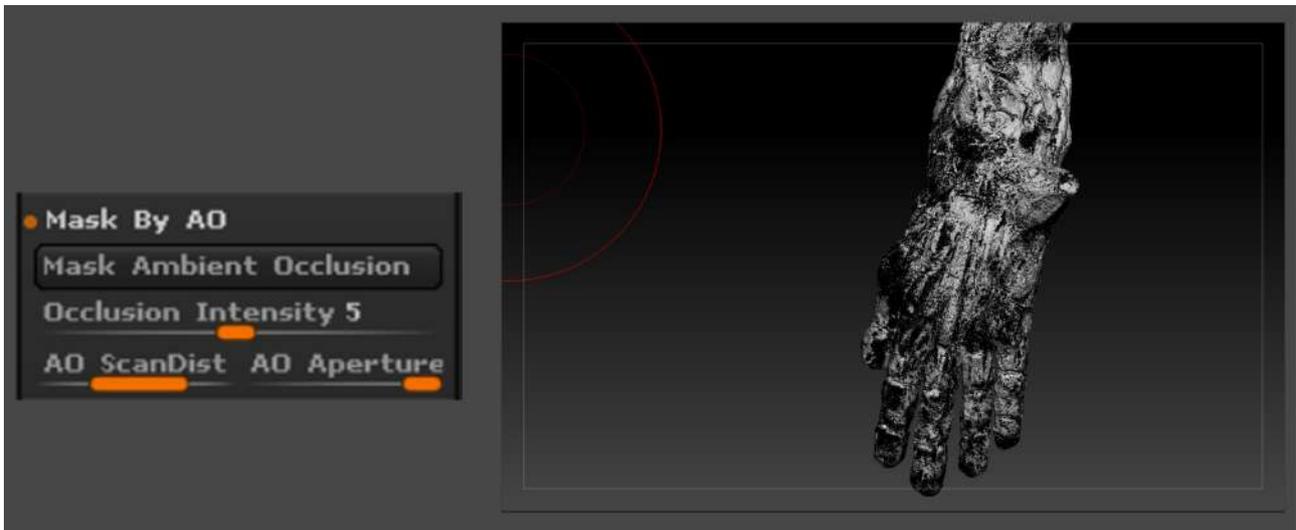


Fig 71. Illustration de l'effet du masque « by AO » (les zones sombres représentent les zones masquées)

Mask by Smoothness permet de masquer le volume en fonction de la courbure de ses reliefs. Cette option est donc pratique si l'on veut mettre l'accent sur les angles tranchants de notre surface afin d'indiquer des cassures plus récentes par des teintes plus claires. Le *range* définit le seuil de courbe à prendre en compte pour définir le masque tandis que le paramètre *falloff* va adoucir les bordures du masque pour éviter un certain crénelage ou autres coupes trop franches dans les teintes.

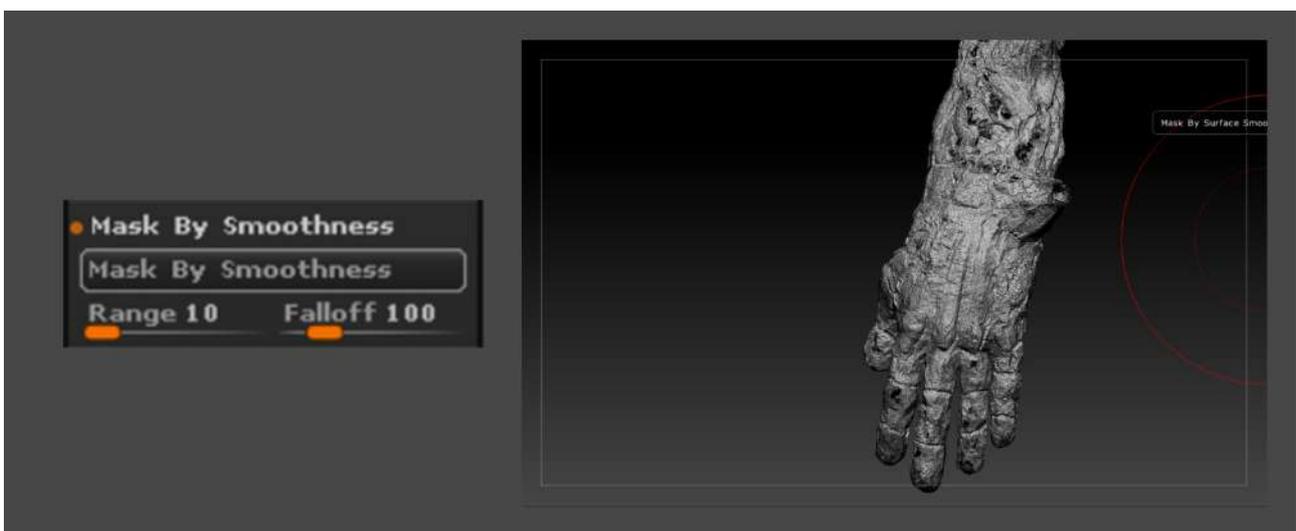


Fig 72. Illustration de l'effet du masque « by smoothness »

Les deux options restantes ont le plus attiré mon attention. Mask by Cavity se base sur les différences de hauteurs entre les points du *mesh* pour repérer les cavités (les trous et sillons) et les masquer. On obtient alors une isolation de zones très précises du modèle, quasi impossible à travailler manuellement. L'aspect irrégulier et sillonné des surfaces rocheuses en font une option extrêmement utile. La courbe permettant de définir le champ d'action de l'algorithme (*Cavity Profile*) autorise un contrôle plus instinctif. Comme le masque agit sur des reliefs précis, l'option *blur* devient presque indispensable pour flouter et ainsi, adoucir le masque qui, sans cela, paraîtra crénelé.

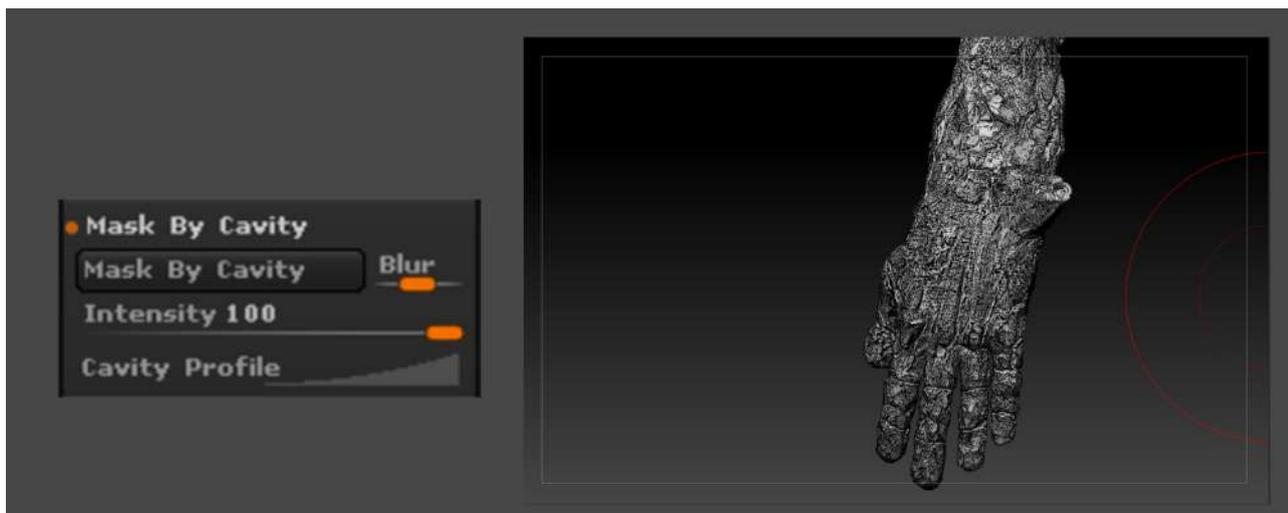


Fig 73. Illustration de l'effet du masque « by Cavity »

A l'instar de ce dernier, *Mask by PeaksAndValleys* cible des zones globales de contrastes de hauteur pour créer le masque. Ces zones restent cependant précises dans leurs contours et toujours plus adaptées au volume qu'un masquage « manuel » (au pinceau numérique). *PVRange* et *PVCoverage* servent respectivement à définir la tolérance et l'étendue du masque sur le volume.



Fig 74. Illustration de l'effet du masque « PeaksAndValleys »

Après avoir exploré le fonctionnement des masques, j'ai réadapté le *texturing* du modèle. En effet, comme ces masques se basent sur le volume, l'approche du *texturing* est similaire à celle de la sculpture. On part du plus général pour aller vers le plus précis. Ainsi, j'ai posé une teinte moyenne sur l'ensemble du *mesh* puis, l'option *Mask by PeaksAndValleys* a permis de définir des zones particulières de la surface, dessinant ainsi les monts du relief. Enfin, *Mask by Cavity* va agir sur les craquelures et sillons de la roche pour mettre l'accent sur leur profondeur en les assombrissant.

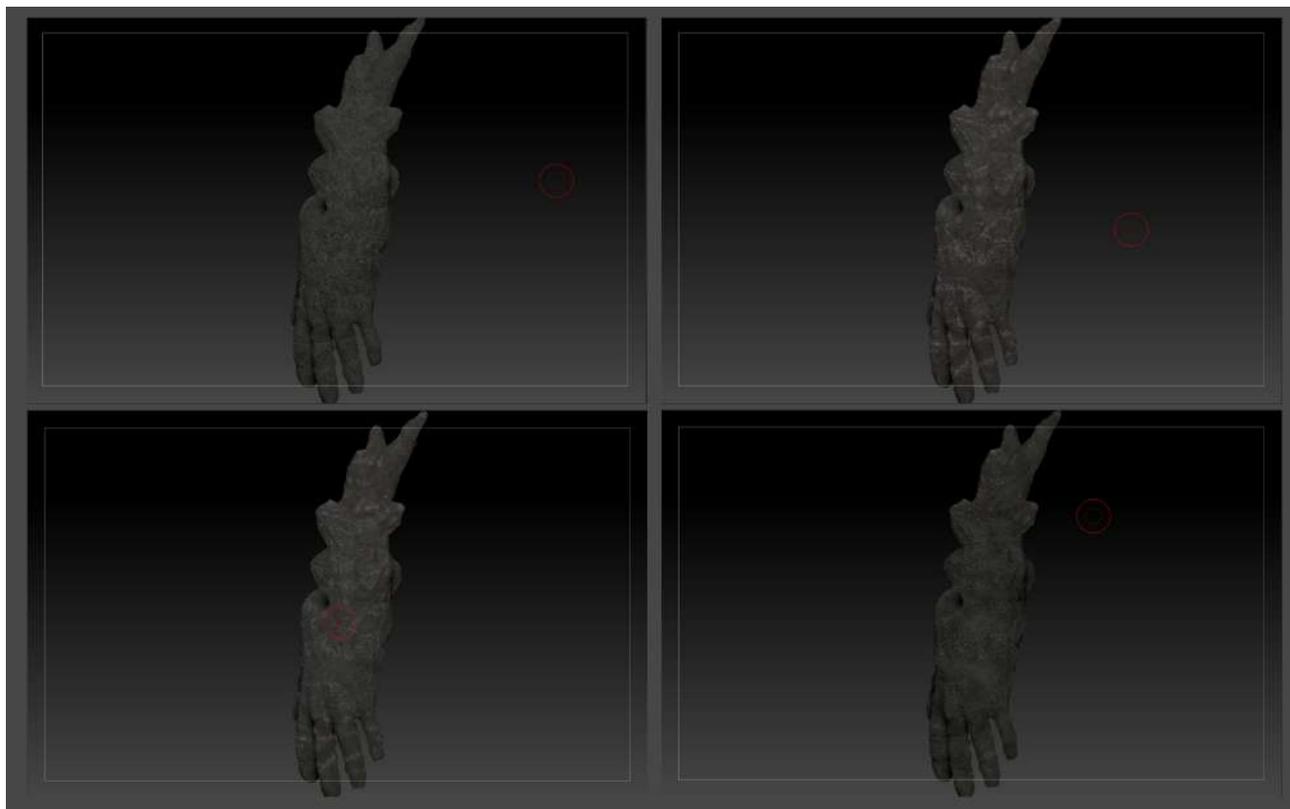


Fig 75. Décomposition des étapes du *texturing* avec les masques

Par ailleurs, le paramètre *Inverse* permettant de permuter le masque m'a permis un travail en champs/contre-champs de la couleur. Ainsi, il me devient plus rapide et instinctif d'utiliser des textures claires sur les sommets et divers coins marqués pour définir l'usure due aux chocs que la roche a pu subir au cours du temps. Inversement, les crevasses assombries pour indiquer la formations de micro flore, l'humidification ou encore accentuer l'effet d'occlusion des crevasses de la roche renforce le contraste des volumes. J'ajouterais par ailleurs que cette option de masquage permet, elle aussi, de palier les problèmes d'étirement de texture. En effet, comme il s'agit d'une projection de texture selon l'angle de vue de notre espace de travail, les zones quasi-occultées de notre objet sur lequel on projette l'image vont aussi recevoir une partie de cette projection. Mais comme ces zones sont dans un angle qui n'est pas face au point de vue, l'image suivra le volume et sera alors déformée.



Fig 76. Exemple d'étirement de texture d'après le point de vue

Les modélisations de surfaces rocheuses présentent beaucoup de variations abruptes de volumes. Cette déformation apparaît donc souvent et de manière éparse sur le modèle ce qui devient rapidement chaotique. Le fait de pouvoir masquer ces forts contrastes de relief réduit grandement l'apparition de ce genre de soucis. On obtient alors, en comparaison des textures de la scène du canyon évoquée plus haut, un modèle dont les couleurs révèlent mieux les contrastes de relief et lui confèrent un réalisme qui me paraît plus convaincant.



Fig 77. Illustration comparatifs des textures.

À gauche, modèle texturé avec simple application d'une texture seamless répétée 4 fois.

À droite, modèle texturé avec Zbrush et les techniques décrites ci-dessus.

Durant mes projets, j'ai été surpris de voir l'importance de la texture sur des surfaces rocheuses. Je parlais, à la fin du premier chapitre, de « rendre hommage » au volume et le travail de *texturing* est dans la continuité directe de cette recherche car, comme le volume est primordial, il va guider la texture ce qui nous force à opter pour une approche plus minutieuse et adaptative. On ne doit donc pas s'en tenir à une simple texture que l'on applique mais définir une cohérence dans le modèle. La matière est liée à la lumière et la lumière donne la couleur. Toute l'articulation de ce réseau volume-couleurs-matière-lumière va apporter son sens à la plastique réaliste de la roche.

CHAPITRE III : Une mise en scène de la roche :

Contextualisation de la matière :

La matière que l'on traite a une origine, elle est révélatrice du milieu dont elle est issue. Ainsi, un arbre vient d'une forêt, une goutte vient d'un océan. La roche est le matériau qui constitue bon nombre de décors et chacun de ces décors suit des schémas visuels liés à la structure et à la matière rocheuse. Lors de mes expériences je me suis donc essayé à traiter la mise en lumière des diverses surfaces rocheuses créées pour observer leurs enjeux propres. La mise en lumière du modèle est très importante pour révéler la matière. Elle indique les spécificités de l'environnement et contextualise la scène. Dans le second chapitre je parlais des textures de roches qui affichaient déjà des informations d'ombre et qui ne servaient pas à la crédibilité de la surface. Cette pratique de révélation des volumes se déroule dans la phase de *lighting*⁶² où l'intention lumineuse va servir à projeter les ombres, éclairer les volumes, appuyer les couleurs, et ainsi indiquer les contrastes de relief des roches.

Dans les bas fonds du canyon :

On reconnaît une certaine symbolique dans la pierre. Ces formations cristallines aux formes brutes qui se sont constituées durant des millions d'années, se cassant, s'entremêlant, se lissant, fusionnant, évoque une notion de force, de résistance et d'intemporalité. Ces notions se traduisent visuellement par un accent sur l'aspect massif des environnements rocheux. Pour des décors de canyon, par exemple, on va beaucoup jouer sur les rapports d'échelles et les effets de profondeur dans les cadrages pour signifier une sensation d'écrasement, d'immensité. Dans mes projets j'ai aussi enfermé le cadrage avec des parois rocheuses pour appuyer l'effet de couloir et d'étroitesse en jouant sur une verticalité dans la composition des volumes.

62 Le *lighting* est un terme anglais pour désigner la phase de mise en lumière de notre scène ou de notre sujet.



Fig 78. Cadrage de la scène

Le travail de la profondeur de champs en *compositing*⁶³ (à l'aide d'une passe de *Zdepth*⁶⁴) ajoute par ailleurs un degré supérieur dans les effets de profondeur du décor.



Fig 79. Scène du canyon avec profondeur de champs

Les paysages de gorges ou de canyon apparaissent à la suite de déplacements des plaques tectoniques ou de forts écoulements d'eau. J'ai donc voulu retranscrire l'idée d'un environnement tourmenté en ajoutant des gravas sur le sol et des grosses roches bloquées les unes sur les autres entre les parois du couloir. Ainsi, on exprime la dimension dangereuse et instable du décor.

63 Le *compositing* est une pratique permettant d'assembler et d'éditer différents éléments visuels pour habiller l'image finale d'un projet. C'est dans cette phase là que l'on ajoute des effets visuels 2D et/ou 3D, des corrections colorimétriques, etc.

64 La *Zdepth* est le nom donné à la passe de rendu qui va contenir les informations de profondeur de l'image par rapport à la caméra.

Par ailleurs, les massifs à l'entrée du canyon permettent d'enfermer le regard et d'assombrir l'atmosphère pour se concentrer sur une mise en lumière plus spécifique à l'étroitesse des couloirs du décor.



Fig 80. Composition de l'image, ajout de l'amas de roche à l'entrée du canyon.

Concernant la mise en lumière, j'ai travaillé une lumière globale assez douce et mis l'accent sur un point de lumière principal venant du dessus et créant des ombres plus marquées. On obtient donc une zone plus sombre des deux côtés de l'image et une arrivée de lumière du haut vers le bas plus au centre pour signifier l'ouverture de gorges. Cette arrivée de lumière vient alors rebondir sur les parois et intensifier leurs volumes et leur matière. On sent d'ailleurs la direction de la lumière par les impacts directs de cette dernière qui se dépose sur les différents volumes. On signifie donc la lumière par la matière.



Fig 81. Scène du canyon avec lumière ambiante seulement

Une seconde entrée de lumière, bien plus légère, vient contrebalancer la luminosité unidirectionnelle du cadrage et créer une ouverture dans la zone basse du côté droit de l'image. J'ai adoucis les ombres de la scène pour indiquer une arrivée relativement lointaine de la lumière et ainsi renforcer l'idée de profondeur de la gorge. Une lumière globale transmise par un *aiSkyDome*⁶⁵ connectée à une *map* HDR⁶⁶ sphérique permet d'éclairer et teinter la scène de manière uniforme, de façon à donner plus de cohérence vis à vis du ciel et du décor hors champs. Sans cela, il est plus difficile de situer et contextualiser le décor, ce qui génère une perte en réalisme. Pour appuyer la direction de la lumière, j'ai utilisé tout d'abord une *directionnalLight*⁶⁷ sur l'ensemble de la scène mais cette fois dans une direction plus affirmée. Ainsi, la *DirectionnalLight* s'engouffre dans la gorge du canyon et vient projeter les ombres de la paroi gauche du canyon sur la paroi droite et l'intérieur de la gorge. La notion de profondeur et d'enfermement y est alors plus évidente.

65 L'*aiSkyDome* est un type de lumière spécifique au moteur de rendu Arnold. Cette lumière virtuelle illumine l'ensemble de la scène sans direction de lumière et crée des ombres douces.

66 Les images HDR (High Dynamic Range) ont la particularité d'enregistrer de nombreux niveaux d'intensités de lumière. Elles sont généralement utilisées en tant que IBL ou Image Based Lighting qui est une technique permettant d'illuminer globalement une scène en utilisant une image pour donner l'intensité, la teinte, et le fond à l'image d'un ciel que l'on pimporte dans notre scène.

67 Autre lumière virtuelle permettant d'illuminer l'ensemble de la scène dans une direction donnée.

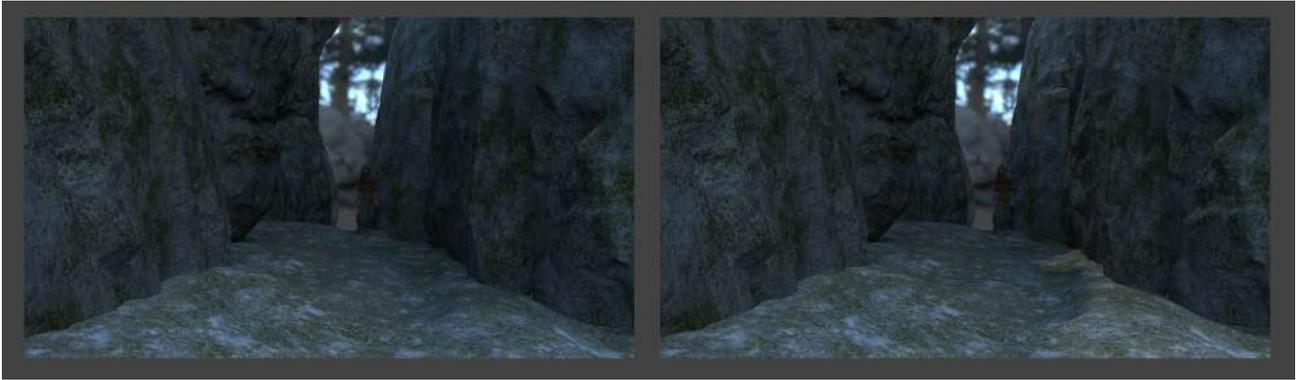


Fig 82. Scène du canyon avec ajout d'une Directional Light

Par ailleurs, une *aiAreaLight*⁶⁸ permet de mettre l'accent sur l'entrée du canyon et donc l'entrée de lumière. Les ombres douces de cette lumière en font un outil intéressant pour la scène. De légers reflets spéculaires sur la paroi de droite, magnifiés par la *directionnal light*, viennent indiquer d'avantage la direction de la lumière et révéler les volumes de la falaise tout en évoquant l'atmosphère légèrement humide de l'environnement. Cette atmosphère humide est appuyée par la teinte verte dominante et les textures de mousses sur l'ensemble du décor. La végétation s'étant développée avec l'humidité ambiante. Travaillant la scène sur Arnold, moteur de rendu peu tolérant avec les atmosphères sombres, les contrastes ont été retouchés en *compositing* pour renforcer les ombres de la gorge et réaffirmer l'intention lumineuse.



Fig 83. Scène du canyon avec ajout d'area Light sur la paroi droite et de gravas



Fig 84. Scène finale du canyon

68 Lumière de base du moteur de rendu Arnold

A l'entrée de la grotte :

Concernant le décor de grotte que j'ai également travaillé dans le cadre du projet intensif, nous sommes dans un contexte encore plus clos que dans le canyon. La notion d'enfermement y est complète. La grotte a une dimension mystérieuse par son aspect très sombre. Ce qui est intéressant dans le travail esthétique de ce type de décor c'est son approche du clair-obscur. On va donc jouer sur des zones ponctuelles d'arrivée de lumière venant de l'extérieur pour révéler le décor.

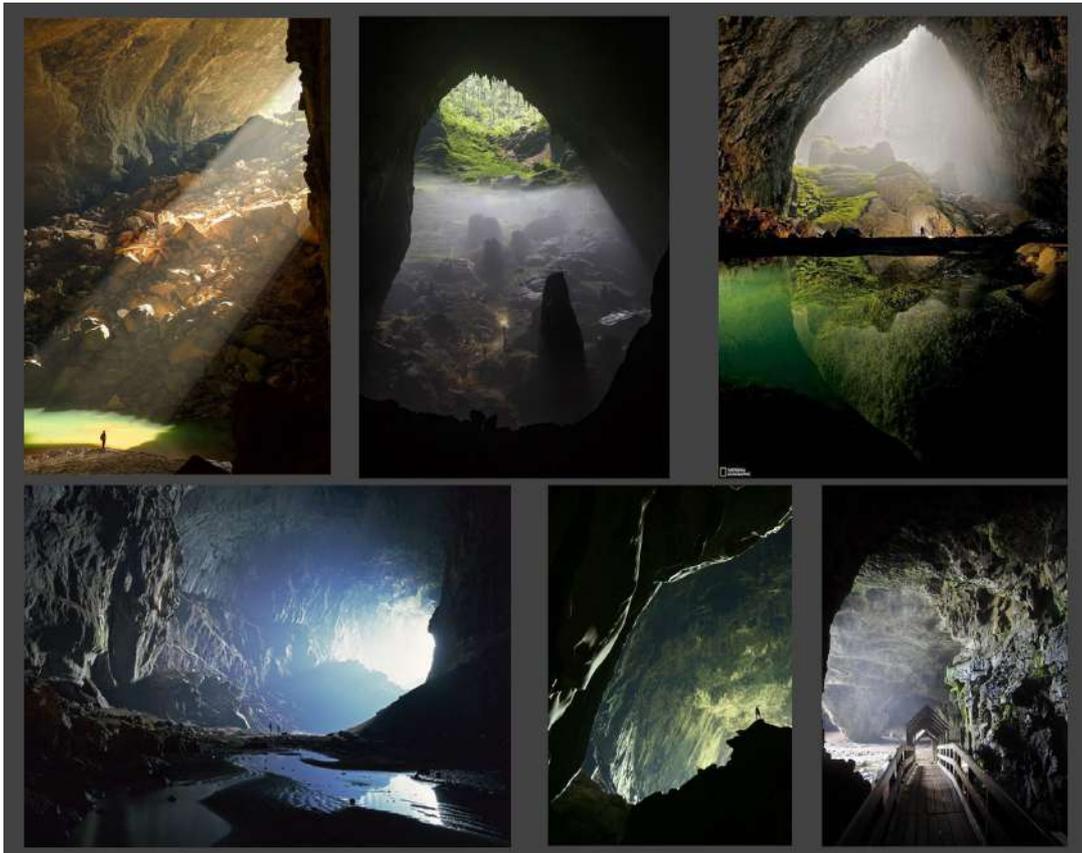


Fig 85. Exemples de grottes et leur lumière⁶⁹

Comme pour la mise en scène du canyon, on peut faire des arrivées de lumière venant du dessus, les grottes étant enfouies sous le sol. Ici, j'ai opté pour une arrivée principale de lumière venant de derrière. Ce cadrage à contre-jour joue d'avantage sur les effets de silhouette, notamment avec les *RimLights*.

⁶⁹ Source : <https://fr.pinterest.com>

La *RimLight* est une technique d'illumination d'une scène qui consiste à se concentrer sur un objet en plaçant une lumière venant de derrière pour que seul ses contours soient révélés. Cette méthode permet de faire ressortir le sujet qui se détache alors du fond et d'appuyer la forme du modèle.

Dans un décor rocailleux de canyon ou de grotte, la *RimLight* va être très utile pour renforcer la profondeur de notre scène. On a donc besoin d'une lumière forte qui ne crée pas d'ombres pour éviter de brouiller la direction logique de la lumière de notre scène. Contrairement au canyon, on a besoin d'une lumière franche et des ombres marquées, tranchées pour renforcer le contraste. La lumière globale indiquée par un *aiSky*⁷⁰ vient toujours raccorder le décor avec son extérieur mais de façon beaucoup plus discrète, par la simple teinte à l'entrée de la grotte. Une *AreaLight* vient doucement affirmer l'illumination globale et vient évoquer une autre source de lumière en hors champs.



Fig 86. Illustration scène de grotte
avec lumière ambiante seulement (à gauche) et ajout de lumière principale (à droite)

Une première *RimLight* très appuyée vient servir à la fois de *RimLight* et de *MainLight*⁷¹ en confirmant l'engouffrement de la lumière à l'entrée de la grotte. Elle dépose des éclats spéculaires sur les surfaces rocheuses pour évoquer une atmosphère encore plus humide que dans les gorges du canyon. Enfin, elle dessine les contours des stalactites du premier plan qui se décrochent alors du fond et viennent encadrer le regard. Un léger liseré de lumière vient aussi relever les volumes du sol. Ici la *RimLight* nous sert donc à bien discerner les volumes globaux de notre roche et faciliter la lecture de la scène ainsi que du matériau.

70 *L'aiSky* est une technique d'Image Based Lighting (voir note de base de page n°42) propre à Arnold

71 Terme qui désigne la lumière principale de notre scène, celle qui va donner l'intention et la direction lumineuse.



Fig 87. Illustration scène grotte lumière de base (à gauche) et rimLight (à droite)

Donner du volume à la lumière en travaillant une lumière volumétrique renforce la tension atmosphérique de l'environnement et crée encore plus de contraste. Les grottes sont des environnements humides, la surface des pierres est donc plus brillante ce qui permet de mieux voir les reliefs. On va alors jouer sur les reflets spéculaires de la surface. Par ces touches de lumière spéculaire, on sent l'importance du volume qui sert la matière en répartissant différemment la lumière.



Fig 88. Illustration scène de grotte avant et après ajout de reflet spéculaire

J'ai pris pour parti d'ajouter une lumière volumétrique dans le décor pour renforcer les entrées puissantes et directionnelles de lumière. Ainsi, la lumière volumétrique évoque l'atmosphère humide et poussiéreuse de l'environnement et ajoute un niveau de réalisme. Ce décor a demandé plus de travail de *compositing* pour retravailler les contrastes et ajouter des effets atmosphériques supplémentaires. Notamment un effet de *Glow*⁷² qui diffuse les fortes lumières qui vont alors déborder sur les autres éléments de l'image. Cet effet a pour but de simuler l'éblouissement de l'œil ou de la lentille afin de pousser les contrastes clair-obscur et d'appuyer le fait qu'on soit sur un cadrage à contre-jour.

⁷² Terme anglais pour « lueur »



Fig 89. Illustration scène grotte Final

Encore une fois, le matériau de roche est directement lié à sa forme. Ses formes sont révélées par les contrastes ombre/lumière que l'on observe. De ce fait, plus on appuie ces contrastes, plus les volumes sont évidents. Il faut donc travailler les ombres de sorte qu'elles puissent être bien visibles mais tout en se déposant de façon harmonieuse sur la surface de notre sujet. Il faut donc des ombres légèrement diffuses. Pour créer les ombres, la direction de notre lumière ne doit pas être face au modèle mais plutôt dans un angle parallèle à ce dernier pour que les bosses projettent des ombres propres sur la surface.

Une interprétation de la matière :

Pour finaliser le rendu visuel de la matière rocheuse, on passe par ce que l'on appelle un *shader* ou Matériau. Ce *shader* va permettre de définir le comportement de la lumière sur la surface de notre roche. Il existe un très grand nombre de matériaux, chacun répondant à des algorithmes qui définissent leur spécificité vis à vis de la lumière qui les affecte. Cet outil me permet alors, avec tout le travail préparatoire décrit dans les précédentes parties de ce mémoire, de paramétrer le matériau de roche dans sa couleur, son relief et ses réflexions. Le matériau que j'ai utilisé pour le rendu de roche brute est un *aiStandard* que l'on peut identifier comme le matériau « basique » du moteur de rendu Arnold⁷³. A l'aide des attributs de *Weight* de ce *shader*, on peut indiquer si notre surface a un profil plutôt réfléchissant, réfractant, brillant, etc. en indiquant des valeurs plus fortes sur la réflexion, le spéculaire, la réfraction ou la couleur diffuse. Ici c'est la couleur diffuse qui va être mise en avant.

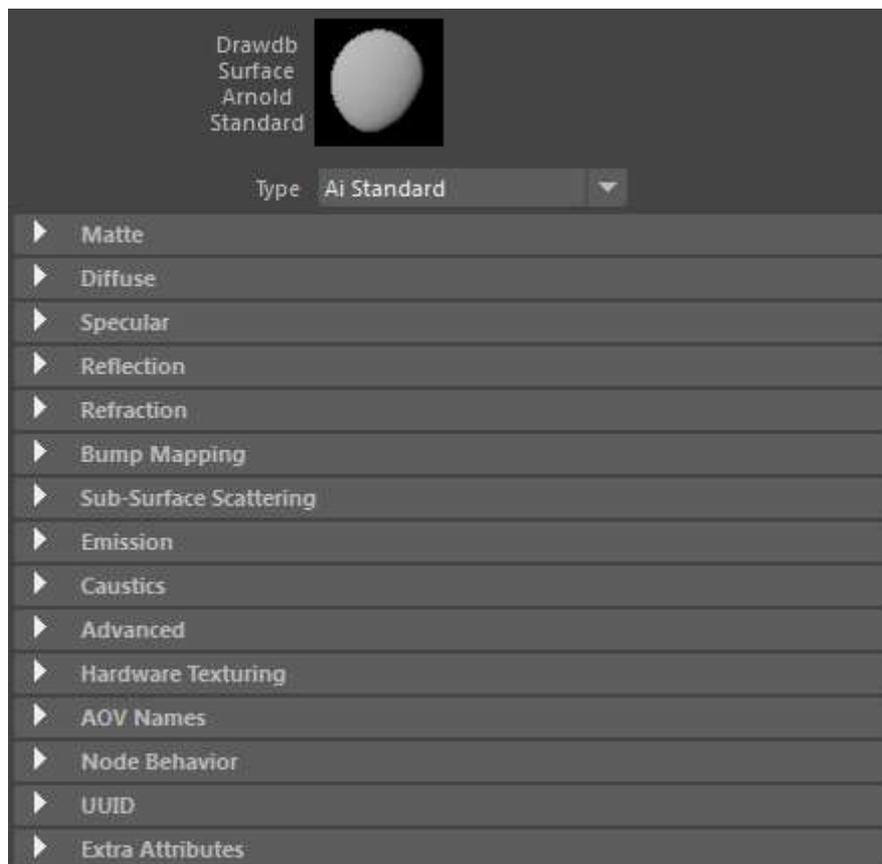


Fig 90. Présentation du shader *aiStandard*

73 Un moteur de rendu est un composant logiciel permettant de générer des images depuis notre scène.

On peut croire que la roche n'est pas brillante et qu'elle absorbe entièrement la lumière sans la réfléchir. Mais aucun matériau naturel n'est entièrement absorbant, réfléchissant ou réfractant. Ces trois aspects qui définissent le comportement de la lumière et donc des matériaux sont présents dans toutes les propriétés surfaciques mais à des degrés différents. Pour le *shader* de roche, il faut donc appliquer une réflexion spéculaire mais la rendre très diffuse et peu présente pour signifier l'aspérité de la surface. L'ajout d'une *specular map* va apporter à cette particularité visuelle en dispersant la réflexion spéculaire de façon à mieux indiquer l'irrégularité du relief.

Dans le premier chapitre, j'ai présenté les paramètres d'exportation de *displacement map* pour que les informations de volumes soient retranscrites de la manière la plus fidèle possible. Il est temps alors de retranscrire ces informations dans le *shader* de roche. Pour cela, la technique est de connecter la *displacement map* à une fonction (ou nœud) de *displacement* elle-même connectée au *ShadingGroup* du *shader*.

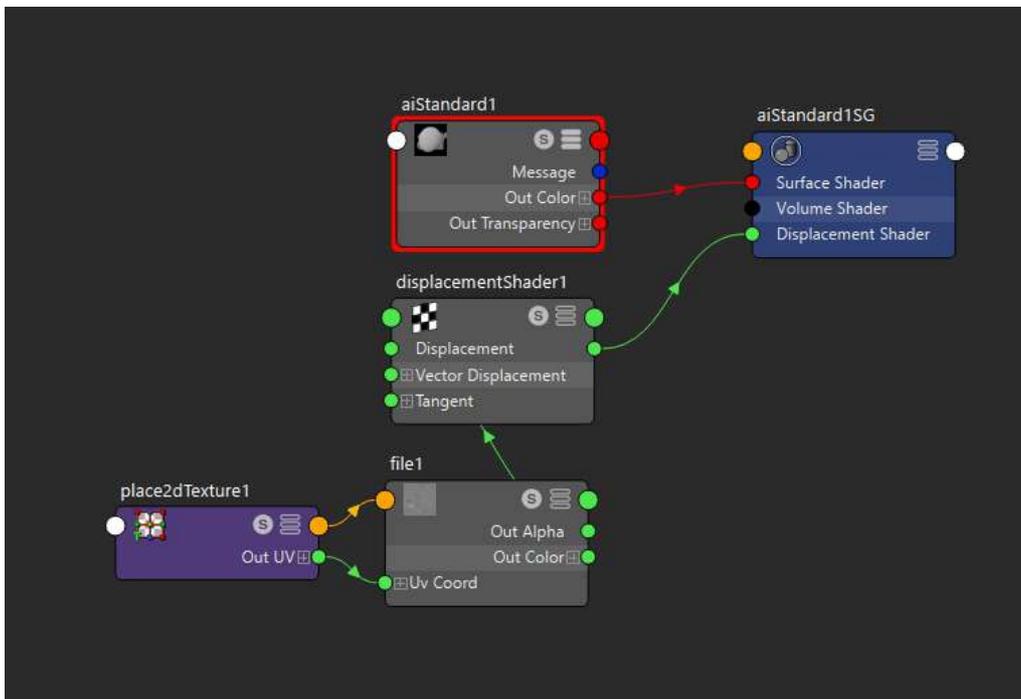


Fig 91. Exemple de réseau de nodes pour le rendu de displacement

Pour vulgariser le concept, le *shader* et le *shading group* peuvent être considérées comme des passerelles. Elles contiennent des fonctions permettant de traduire des informations d'une dimension vers une autre afin de créer une liaison. Ainsi, le *shader* est la passerelle permettant de traduire et manipuler les informations de lumière dans la scène et les informations de texture en informations de couleur. Par ce biais, on paramètre le comportement de la matière.

Le *shading group*, lui, va permettre de véhiculer diverses informations, notamment les informations de couleur du *shader*, vers la géométrie. Ce *node*⁷⁴ va donc recevoir toutes les informations de modifications de surface pour les appliquer à l'objet 3D au moment du rendu. La fonction de *displacement* permettant la manipulation des points du *mesh*, y connecter la *displacement map* permet la traduction des informations stockées depuis le modèle *Zbrush*. Pour compléter cette retranscription, il faut maintenant appliquer à l'objet un ou plusieurs niveaux de subdivision afin d'obtenir une précision de volume similaire au modèle sculpté. Comme j'ai travaillé mes projets sur Arnold, il m'a suffi d'aller dans les paramètres de l'objet et, dans l'onglet « Arnold-->Subdivision », de passer le mode de subdivision de « none », soit aucun mode de subdivision, à « cat-clark » qui est un mode de subdivision très courant dans le monde de la 3D.

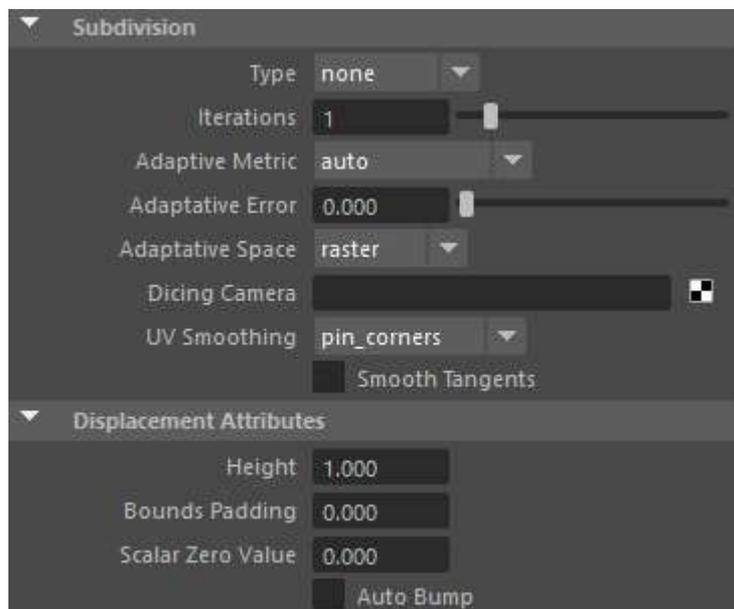


Fig 92. Attributs de transformation de l'objet 3D dans la gestion de sa subdivision.

74 Un node est une représentation visuelle d'une fonction ou d'un ensemble de fonctions. Il permet de recevoir des informations (Inputs), de les traiter puis d'en ressortir un résultat (Output)

Edwine Catmull et Jim Clark ont développé en 1978 ce principe de subdivision basé sur la création et l'interpolation des points du *mesh*. On crée d'abord sur chaque face du maillage un point placé au centre (que l'on peut appeler *FacePoint*). Un autre point est ensuite généré sur chaque arête (*edge*) comme étant le barycentre entre le milieu de l'arête et les deux points centraux des faces adjacentes à cette arête. Enfin, un calcul de déplacement de chaque point les uns par rapport aux autres est effectué où, pour chaque ancien sommet **P**, on considère **F** le barycentre des *k* *FacePoints* adjacents et **R** le barycentre des *k* *EdgePoints* adjacents également. Ces valeurs prises en compte, on effectue le calcul de déplacement des anciens points comme suit :

$$\frac{F + 2R + (k-3)P}{k}$$

On obtient alors 4 faces à partir d'une, puis ces 4 faces chacune subdivisées vont en donner 16, puis 32, et ainsi de suite. Le calcul de déplacement des points permet de lisser les volumes dans le but de faire qu'un cube, au bout de quatre itérations de subdivisions, devienne sphérique.

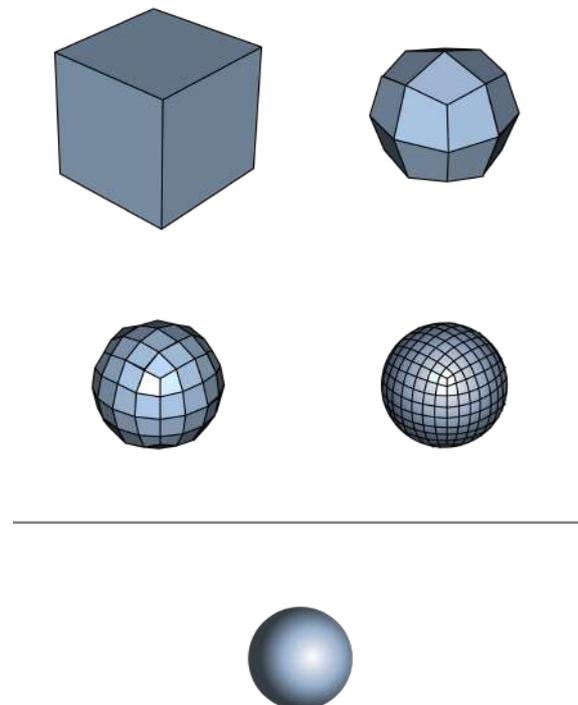


Fig 93. Illustration du fonctionnement de la subdivision cat clark⁷⁵

75 Source:https://en.wikipedia.org/wiki/Catmull-Clark_subdivision_surface

Le paramètre « itération » en dessous permet, comme son nom l'indique, d'augmenter les itérations, soit les niveaux de subdivision. Il est conseillé d'indiquer un nombre de subdivisions similaire ou proche du niveau de subdivision nécessaire à la sculpture du modèle *Zbrush*, ce qui semble parfaitement logique si l'on veut retranscrire au mieux les déplacements de point. Cependant, après avoir effectué des tests de rendu sur plusieurs niveaux de subdivision, laisser à une itération me semble amplement suffisant, les niveaux supérieurs n'apportant qu'un changement minime en augmentant considérablement les temps de rendu.

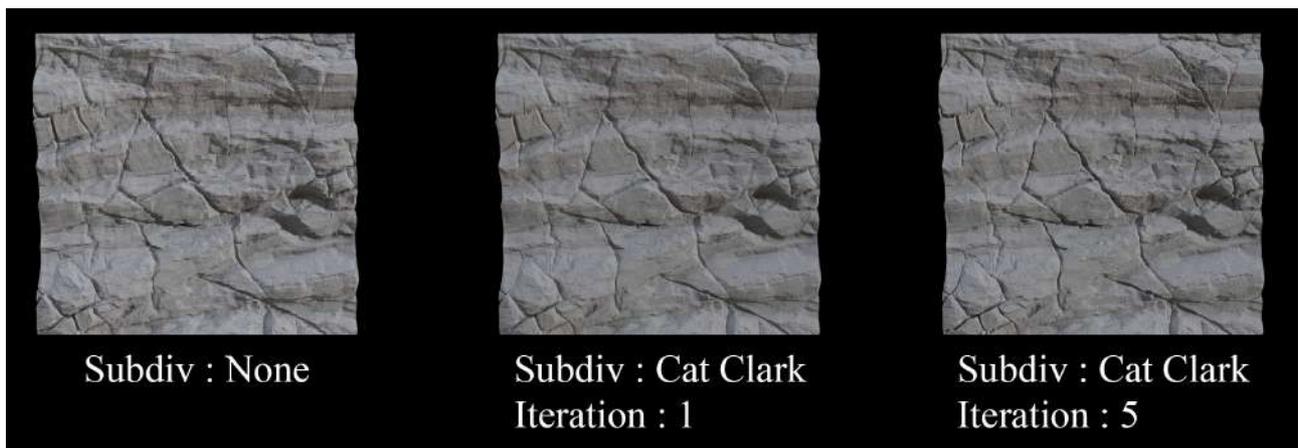


Fig 94. Comparatif de l'effet des itérations de subdivision

Ma théorie est que le calcul « adaptatif » de l'exportation de la *displacement map* permet justement d'adapter automatiquement le niveau de subdivision lors du rendu. Pour le matériau de roche brute on a besoin simplement d'appliquer la *displacement map* pour créer le volume et la texture diffuse pour accompagner et colorer les formes selon la matière de pierre. La très légère réflexion spéculaire diffuse va relever plus encore les contrastes de hauteur de la surface. On confirme donc bien que le travail du *shader* est relativement simple pour la roche brute car c'est en amont que tout le principal est à fournir.

Au travers du cristal :

J'ai étendu mes expérimentations sur les *shaders* en m'essayant au rendu de roche de type cristal. Concernant le travail des volumes, je l'ai plutôt abordé par la texture à l'aide d'une *normal map*. La sculpture a été travaillée pour définir les gros volumes et affirmer d'avantage les surfaces planes et nettes tandis que la *normal map* permet de révéler le relief plus précis des micros cassures qui suivent la direction verticale du plan de clivage du cristal.

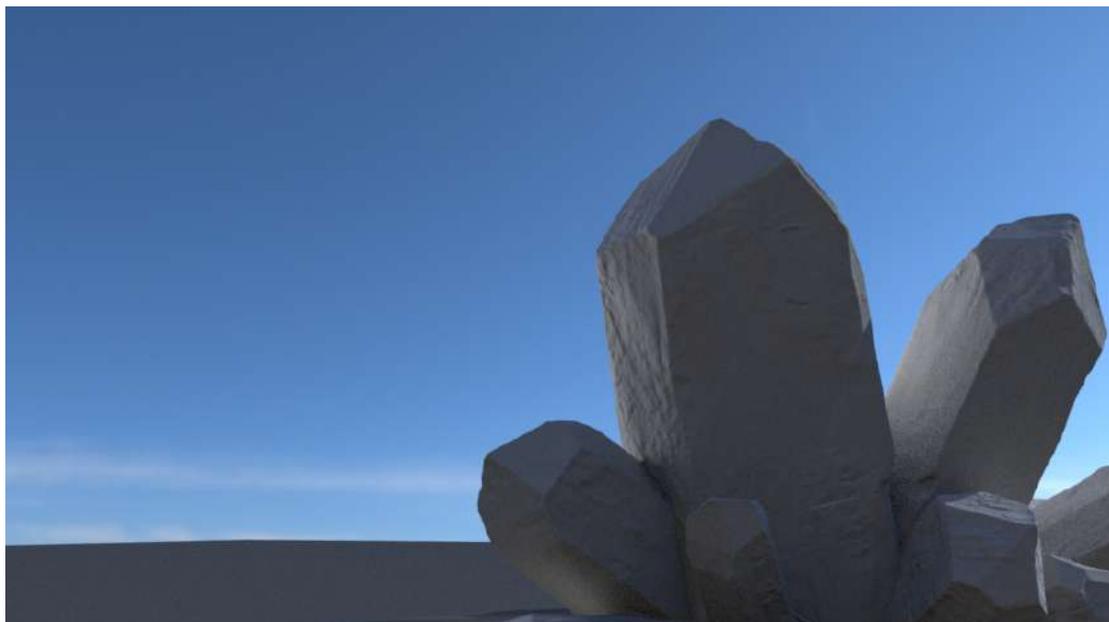


Fig 95. Cristal de base avec bump

Le cristal est un matériau assez brillant, proche du verre, et les réflexions spéculaires y sont très présentes. Comme je voulais traiter un cristal à l'état plus naturel, j'ai indiqué des irrégularité dans les réflexions à l'aide d'une *specular map* mais aussi des irrégularité dans la netteté des réflexions avec une texture dans la *roughness* du spéculaire ce qui va indiquer des zones plus ou moins lisses à certains endroits.



Fig 96. Cristal avec spec map

La propriété de ce genre de matériau est dans sa transparence et dans la manière dont la lumière le traverse et se réfracte. Ce qui est intéressant à observer c'est que ce type de surface se situe presque à la frontière entre la transparence et la translucidité. En effet, la transparence non-uniforme et relativement diffuse sur notre matériau m'a beaucoup fait me questionner sur l'approche que je devais adopter pour traiter la surface par rapport au *shader*. J'ai donc opté pour l'utilisation d'un *shader aiStandard* pour pouvoir travailler la réfraction, le spéculaire, et apporter des touches de couleurs translucides avec le principe du SSS dont je parlerai plus tard.

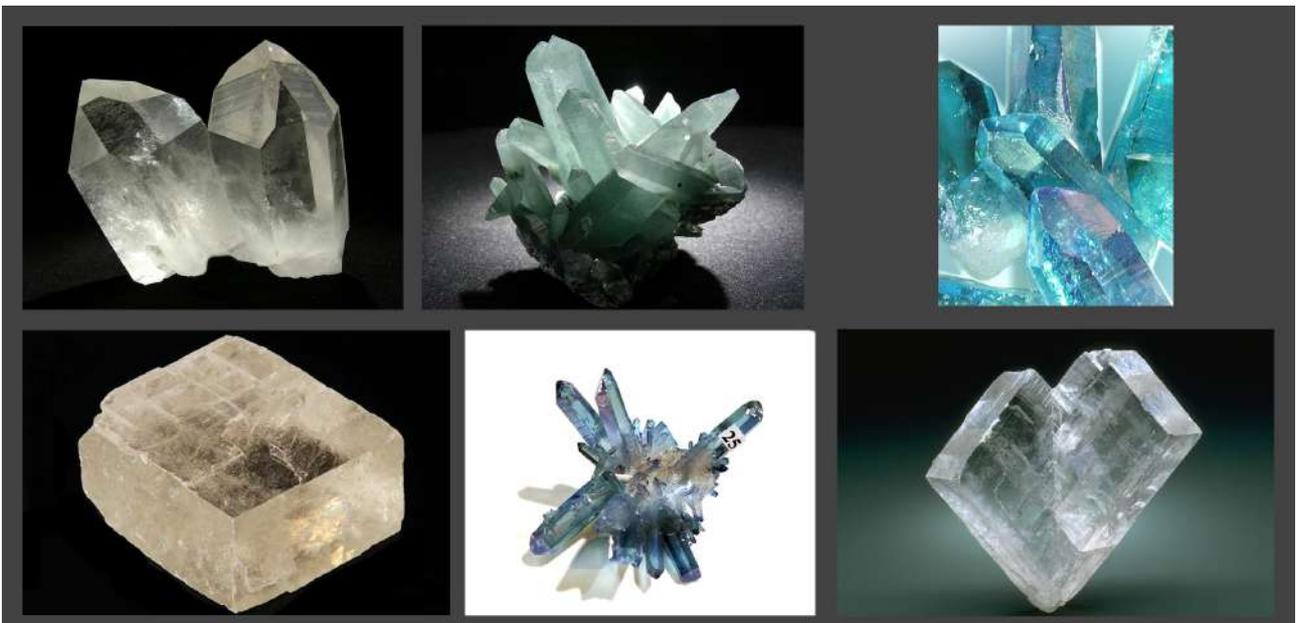


Fig 97. Exemples de cristaux⁷⁶

76 Source : google image

Dans l'*aiStandard*, il y a deux manières d'aborder la transparence d'un objet, la réfraction et l'opacité. La valeur de la réfraction est indiquée par un paramètre de *weight* tandis que l'opacité est gérée par une valeur de pixel en niveaux de gris comme la couche alpha d'une image⁷⁷. L'opacité fonctionne de manière plus simple avec une transparence complète lorsque la valeur de l'opacité est noire et une pleine opacité lorsqu'on est dans une valeur de blanc.

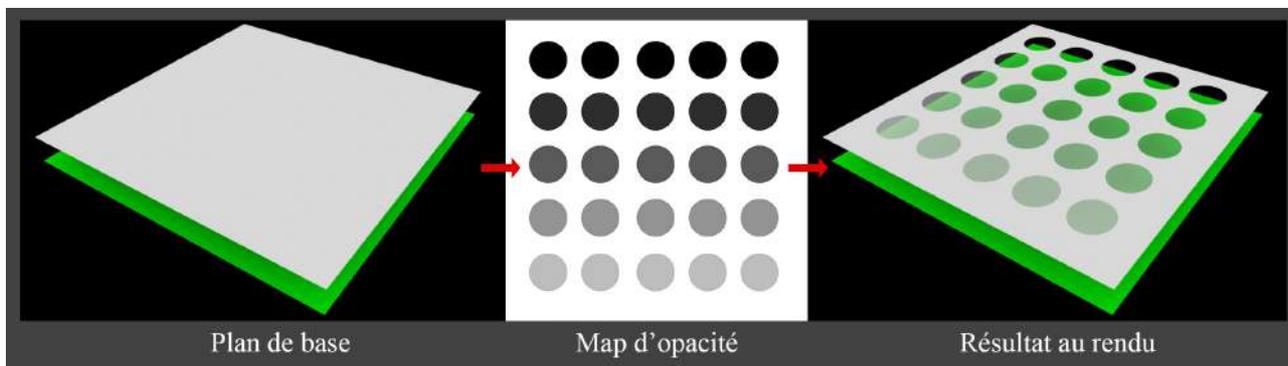


Fig 98. Illustration opacité

La réfraction fonctionne presque de la même manière avec une transparence lorsque le *weight* est à 1 et une opacité à 0 mais permet plus d'effets de matières car elle impacte sur la direction de la lumière. C'est donc elle qui va nous intéresser ici. La réfraction est un principe physique de comportement de la lumière qui désigne le changement de trajectoire de la lumière qui est déviée lorsqu'elle traverse un milieu différent. Sa déviation va impliquer une déformation de l'image au travers du ou des différent(s) milieu(x) qu'elle a traversée.

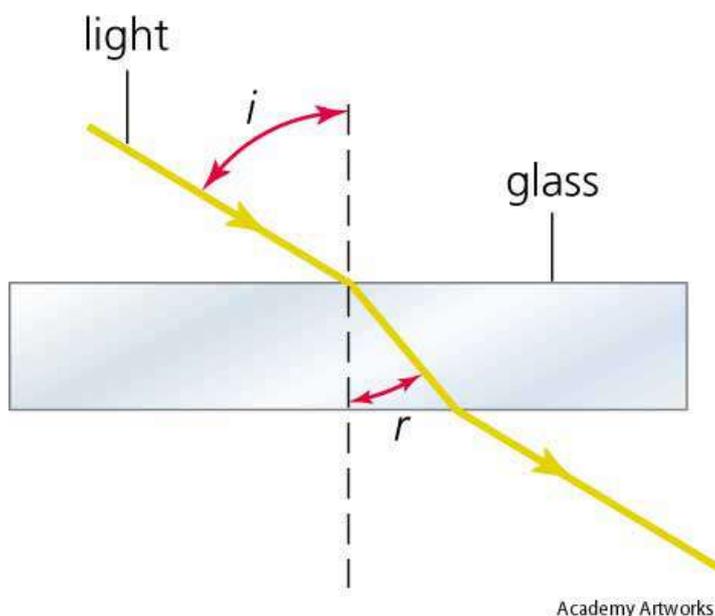


Fig 99. Schéma de la réfraction⁷⁸

77 L'Alpha est un canal de valeur de pixel qui définit l'opacité de l'image. Visuellement elle apparaît en niveau de gris.

78 Source : google image

Ici, avec le *shader*, on est en mesure de gérer la réfraction en modifiant plusieurs paramètres. On a vu que le *weight* permet d'indiquer une valeur de transparence de l'objet. L'utilisation d'une *map* de réfraction permet d'apporter des nuances de transparence dans le matériau et lui donner plus de naturel.

Ce qui va permettre de donner plus d'effets de matière est l'attribut IOR qui désigne l'indice de réfraction du matériau. Cet indice est propre à chaque matériau et définit un taux de déformation. Un IOR à 1 correspond à l'air et n'indique donc aucune déformation. Une valeur de 1.3 correspond à l'eau, 1.5 évoque plus le verre, etc.

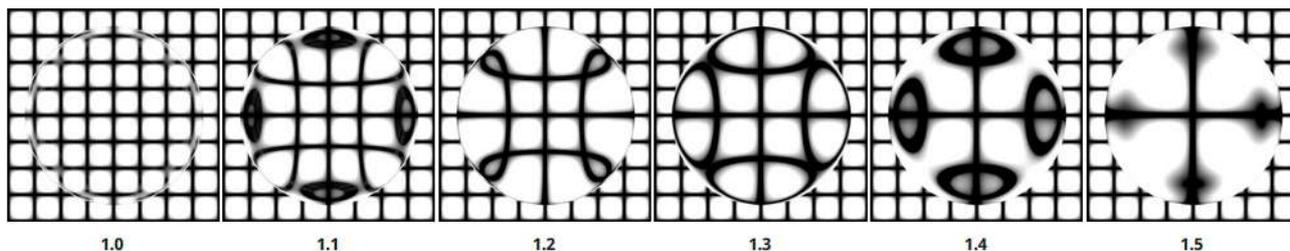


Fig 100. Exemple de l'effet de différents IOR⁷⁹

Étant donné que nous sommes ici dans le cas d'un cristal, j'ai indiqué une valeur proche de 1.640 mais j'ai appliqué une texture à ce paramètre pour définir une déformation plus aléatoire.



Fig 101. Cristal avec IOR map

Il est à noter que pour observer ces effets de transparence, il faut indiquer au moteur de rendu qu'il doit calculer les rayons lumineux qui passent au travers de l'objet. Pour cela, il faut décocher l'attribut *opaque* dans l'onglet *Arnold* des paramètres de *shape*⁸⁰ de l'objet.

79 Image issues de la documentation du moteur Arnold. Source : <https://supports.solidangle.com/display/AFMUG/Refraction>

80 Les paramètres de *shape* d'un objet 3D vont réunir les attributs qui impactent sur sa forme et son apparence

L'attribut *roughness* influence la netteté de l'image vue au travers de la matière transparente. Indiquer une réfraction diffuse permet d'évoquer une surface imparfaite et de suggérer une épaisseur. C'est ce dont on a besoin pour indiquer l'effet des microfissures et la structure non-homogène du cristal naturel, et c'est par l'apport d'une texture que l'on va là aussi renforcer cette irrégularité et donner davantage l'impression d'un matériau sali.

Ce qui est intéressant dans les objets transparents est l'approche du matériau dans l'illusion de sa densité. En effet, le travail de la réfraction ainsi que l'apport des textures permet d'évoquer une certaine épaisseur du volume qui va influencer sa surface. Cet effet d'épaisseur est relevé par l'attribut *transmittance*. La *transmittance* calcule la distance parcourue par un rayon lumineux à l'intérieur du volume et ajoute une teinte à l'image en fonction de cette distance. Ce paramètre traduit d'avantage la notion d'épaisseur car plus le volume est épais, plus la lumière parcourra de distance en son intérieur, plus l'image au travers sera teintée d'une couleur indiquée.



Fig 102. Cristal avec transmittance bleutée

Enfin, on peut indiquer un matériau plus épais avec les attributs de SSS du *shader*. Le principe du SSS permet également d'appliquer une couleur additionnelle en fonction de la lumière qui traverse l'objet mais son fonctionnement diffère de la *transmittance*. Ajouter une touche de SSS permet de suggérer une matière encore plus épaisse et irrégulière car, plutôt que la transparence, elle va indiquer une translucidité du matériau.



Fig 103. Cristal avec ajout de SSS

Ainsi, jouer avec ces deux notions de réfraction et de translucidité permet de créer des matériaux plus complexes dans leurs comportements visuels.

Une peau de marbre :

En continuant dans mes expérimentations et de façon à aborder un nouveau matériau minéral, j'ai entrepris un projet de création de personnage sculpté qui rassemblerait les propriétés des trois types de rendus qui m'ont intéressé durant cette année. Les bras du personnage sont donc en roche brute, des formations de cristal apparaissent sur son corps notamment le long de sa colonne vertébrale et son corps est constitué d'un troisième matériau que je vais maintenant aborder qui est le marbre.

Dans le traitement de la forme, il n'y a pas de travail particulier car cette matière étant facilement taillable on va la trouver le plus souvent sous forme traitée et polie. C'est d'ailleurs sous cette forme que ses propriétés visuelles sont d'autant plus intéressantes. Le marbre a une particularité propre également car dans l'approche du rendu 3D, on va le traiter comme un matériau de peau. On opte donc pour l'usage d'un *shader* de type *SSS skin* pour bien travailler les différentes couches que l'on peut observer. *SSS* signifie « Sub Surface Scattering » ce qui définit le comportement de la lumière qui va traverser une première couche de la surface qu'elle impacte et subir une multitude de réflexions sur plusieurs couches à des angles différents pour ressortir vers notre œil de manière diffuse.

Les matériaux de type *SSS*, notamment les *SSS skin*, sont typiques des matériaux qui fonctionnent par couches, comme la peau dont la lumière traverse le derme puis l'épiderme jusqu'à atteindre l'hypoderme.

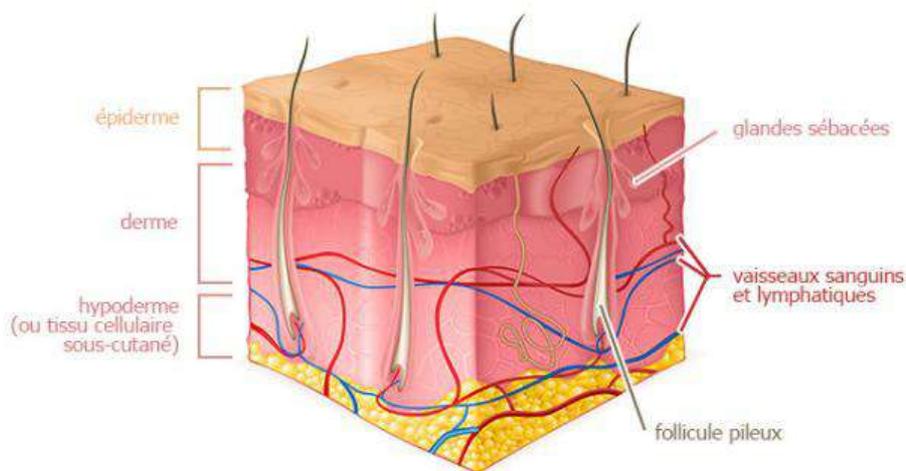


Fig 104. Schéma de couches de la peau

Ce comportement se traduit visuellement par une douce diffusion de la lumière qui enveloppe la surface ou, dans le cas de fines couches de matière ou de matériaux plus transparents, par une translucidité. Cette particularité est révélée surtout lorsqu'on a un éclairage venant de derrière le sujet et pointant en direction de la caméra laissant voir plusieurs couches colorées qui se superposent et s'entremêlent.



Fig 105. Exemple de surfaces fonctionnant sur le principe du matériau SSS Skin⁸¹

81 Source : google image

Ainsi, pour reproduire ce type de matière, j'ai utilisé le *shader aiSkin*. Il se compose en 4 parties principales :

-Le *Shallow Scatter* qui va permettre d'indiquer une première couche de matière à l'image du derme.

-Le *Mid Scatter* que l'on pourrait apparenter à l'épiderme

-Le *Deep Scatter* qui va représenter les couches profondes de matières comme l'hypoderme, le sang, ou les veines, pour rester dans l'exemple de la peau.

-Enfin le *Specular* et le *Sheen Layer* vont gérer les réflexions spéculaires de la surface comme la graisse ou la transpiration de la surface de peau.

Les trois premières parties vont donc permettre de répartir et de définir les couleurs des diverses couches à traverser. Elles sont organisées de façon similaire avec tout d'abord un paramètre *color* permettant d'indiquer la teinte respective des couches, le *weight* qui correspond à l'intensité de chaque couche par rapport aux autres, et le *radius* gérant l'étendue de la teinte et qui peut être apparenté à l'épaisseur de la couche.



Fig 106. Attributs du shader aiSkin

Les réflexions *Specular* et *Sheen Layer* sont toutes deux paramétrées de façon quasi similaire à l'exception des attributs *roughness* qui vont définir un éclat de lumière diffus ou net, et l'IOR qui est l'indice de réfraction de la lumière qui va influencer la direction de la lumière après être entrée en contact avec notre surface. Étant donné que nous sommes dans l'optique d'une lumière qui traverse plusieurs couches et ressort vers notre œil, la notion d'épaisseur de la matière est à prendre en compte ce qui impacte directement sur la taille de notre modèle ainsi que les dimensions de notre scène. Il faut donc penser notre *shader* en fonction de ces dimensions.

Et c'est là qu'intervient l'intérêt du paramètre *multiplier* qui a pour but de calibrer les valeurs du *shader* selon une dimension voulue. Une sorte de mise à l'échelle de nos attributs.



Fig 107. Attributs SSS Multiplier

Par exemple, dans la scène de rendu de mon personnage, je travaille en centimètre mais les *meshs* importés sont à des dimensions de l'ordre des dizaines de mètres. Ainsi, les modifications du matériau, outre la couleur, n'avaient pas vraiment d'impact jusqu'à ce que je « calibre » mes valeurs en paramétrant le *Radius Multiplier* à 100.

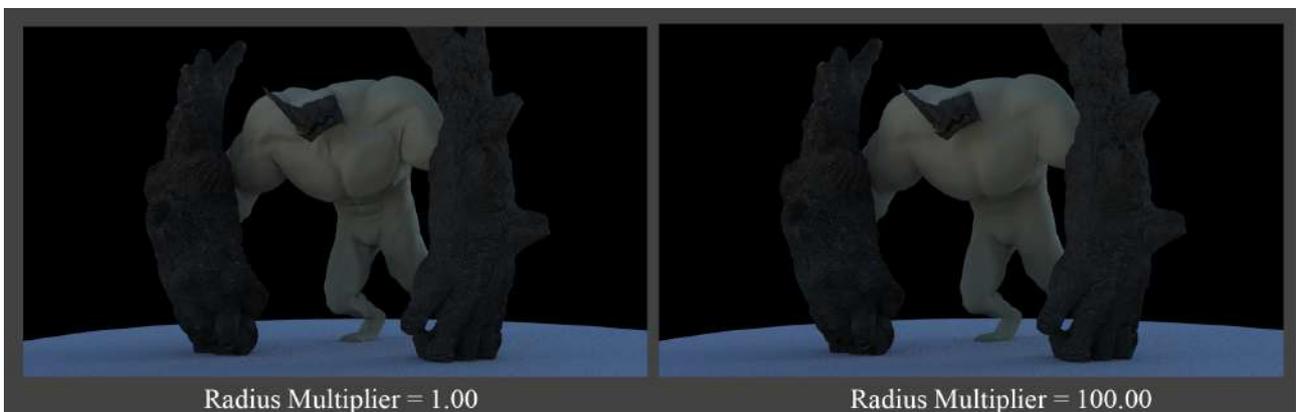


Fig 108. Comparatif de l'effet du Radius Multiplier sur le rendu

Les *shaders* tel que l'*aiSkin* sont, comme vous avez pu le constater, prévu pour simuler la matière de peau mais d'autres matériaux répondant aux mêmes problématiques peuvent être gérés avec ce *shader*, notamment le matériau de marbre. La translucidité du matériau est révélée par la mise en lumière venant de derrière c'est pourquoi j'ai placé plusieurs *RimLight* qui viennent ponctuellement magnifier les contours et révéler l'effet de couche de la surface.

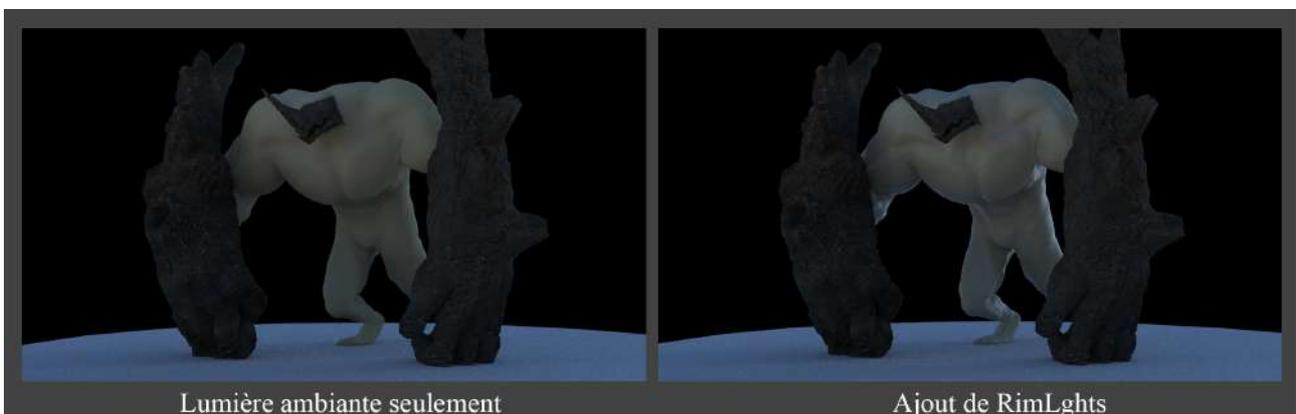


Fig 109. Ajout de Rim Lights pour mettre en valeur le sujet

Le marbre, surtout poli, est un matériau assez réfléchissant. Il donne des zones de réflexion spéculaire douces mais avec certaines touches plus marquées par l'éclat. Le *sheen layer* et le *specular* permettent de signifier la particularité de ces éclats avec un *sheen layer* plus diffus et un *specular* qui va préciser certains reflets. Une lumière qui a pour seul but d'impacter les reflets spéculaires du modèle sans affecter la couleur diffuse vient rehausser cet aspect. Enfin un *aiSky* appuyé par une *directionnalLight* vient donner la teinte globale de la scène.

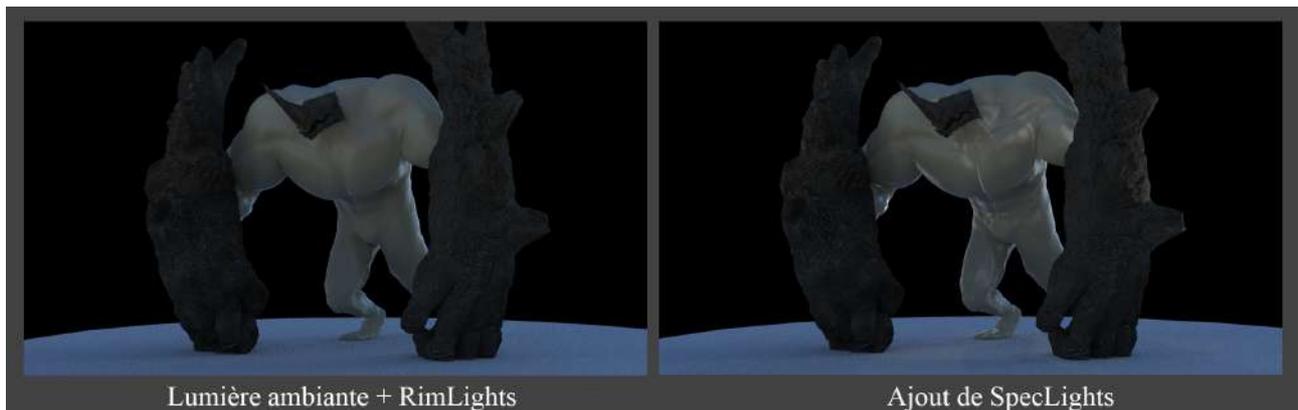


Fig 110. Ajout de Specular Lights pour révéler les volumes et le matériau

Les ombres sont adoucies et renforcent la rondeur de la surface de marbre. En m'appuyant sur des photos de sculptures de marbre, j'ai noté la particularité des reflets et des teintes claires dans les tons jaunes qui viennent enrober la surface tandis que des teintes marrons/gris viennent signifier les zones ombragées du volume. Les jaunes lumineux venant se mêler aux teintes sombres on obtient une teinte médium qui tend légèrement vers le vert voir le kaki. C'est donc ces trois teintes principales que j'ai voulu retranscrire dans les couleurs des textures des couches.

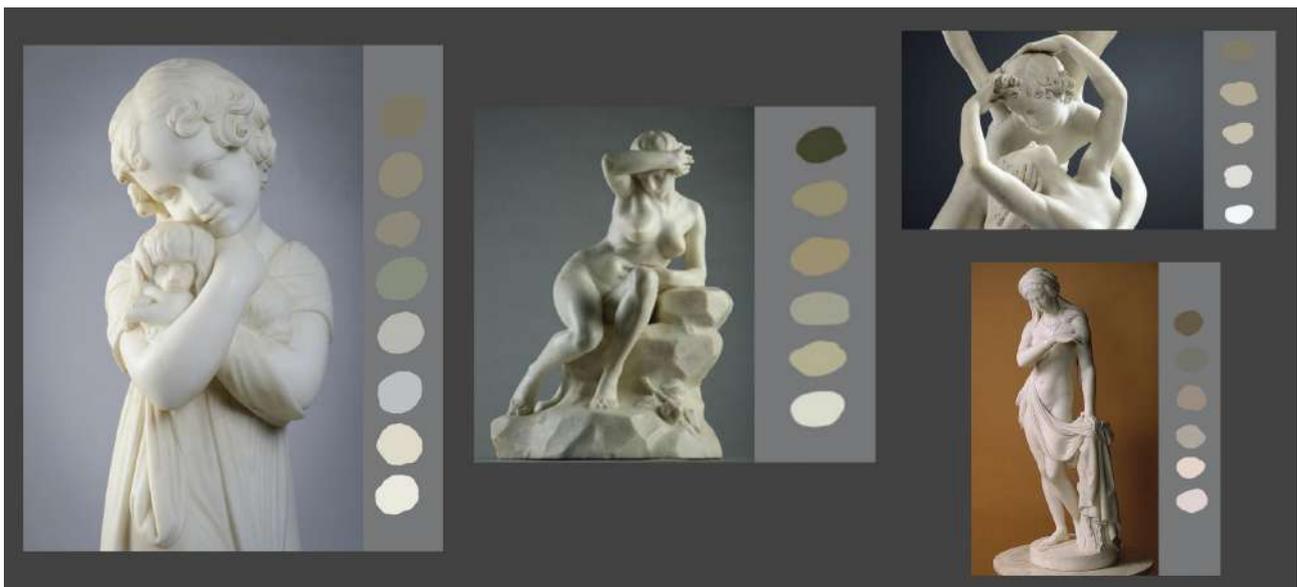


Fig 111. Exemples de photos de sculptures de marbre et leur panel de couleurs

Pour l'approche 3D du matériau, je me suis inspiré du générique de la série *Black Sails*⁸² qui met en scène une sculpture complexe en marbre. Le métrage présentant plusieurs gros plans contemplatifs avec une mise en lumière contrastée qui révèle le matériau, il constitue une bonne base de référence. Dans ce cas présent, nous sommes face à un aspect plus poreux et sali donné au marbre, et les forts contrastes de lumière révèlent les éclats de reflets spéculaires sur les volumes.



Fig 112. Exemples de plans du générique de la série *Black Sails*

J'ai puisé dans ces inspirations pour les textures des couches du marbre que je voulais moins lisses et moins unies. J'ai également mis l'accent sur les marbrures dans le traitement des couches. Le *weight* de la couleur profonde est à une plus haute valeur pour faire ressortir ses couleurs et renforcer cet effet de couches.

82 *Black Sails*, série créée par Joathan E. Steinberg et Robert Levine en janvier 2014



Fig 113. Illustration des textures utilisées pour les différentes couches du marbre.



Fig 114. Rendu final après ajout des textures.

Le marbre est un matériau lumineux, par sa structure en micro cristaux sous plusieurs couches, il « diffuse la lumière et adoucit son éclat »⁸³

⁸³ Franck Poupel, article *le marbre*, 2010, source : www.franckpoupel.fr/2010/news/mon-travail/sculpture/le-marbre/

Comme nous avons pu le voir dans ces dernières sous parties, la roche représente un vaste champ de possibilités dans les rendus visuels. C'est pour cette raison que j'ai préféré centrer mes recherches sur la roche brute. Cependant, dépasser ces frontières que je m'étais fixées et m'intéresser à d'autres approches de matière de roche me permet de faire une sorte de contre-point sur mes recherches centrales, notamment vis à vis du *texturing*. En effet, j'ai pu constater que le cas des roches cristal ou des roches polies permet une plus grande liberté dans la création des textures par rapport au volume. D'un autre côté, la lumière devient plus importante à travailler car c'est elle qui va révéler les particularités visuelles de ce type de surface. Ainsi, pour les matériaux translucides ou réfractant, les textures et la lumière s'harmonisent et se travaillent presque en parallèle.

CONCLUSION

Nous avons pu voir, tout au long de ce mémoire, les techniques que j'ai abordé pour tendre vers un réalisme de la matière rocheuse. Ce qui ressort principalement de ces expérimentations est que la cohérence est la clé. Cela peut paraître évident énoncé ainsi mais étant donné qu'en 3D nous travaillons les phases de création séparément, surtout sur des grosses productions professionnelles, il est facile de se perdre lorsqu'on se concentre sur une seule étape, ce qui peut nous faire perdre en cohérence dans notre rendu final. Ainsi, l'idée est de travailler chaque élément selon les phases précédentes et suivantes en respectant le fil conducteur spécifique à notre sujet. Ici, le volume est la spécificité de la roche et tout le travail fourni doit respecter cette notion de volume pour la mettre en avant. Créer notre texture sans tenir compte des volumes de notre surface brise cette dynamique entre volume-couleur-lumière qui, selon moi, est essentielle au rendu réaliste de la roche.

Bien que l'avancement de mes rendus - aussi bien dans la modélisation que dans la gestion des *shaders* - m'ait fait progresser, j'ai malgré tout le sentiment de ne pas avoir encore atteint mon but. Il est vrai que le sujet est extrêmement vaste et demande très probablement davantage de temps, et d'investissement pour aboutir à un point de chute satisfaisant. Il me reste encore à affiner mes recherches dans les formes des surfaces traitées ainsi que dans les méthodes les plus adaptées pour les retranscrire au rendu. Une des premières questions que je me suis posé étaient d'ailleurs à propos du moteur de rendu. L'objectif était de savoir lequel serait le plus à même de donner du réalisme à la roche. J'ai travaillé tout du long avec le moteur de rendu Arnold car il fait partie des moteurs dit physiquement réels c'est-à-dire que, contrairement aux moteurs de rendus biaisés, ses calculs de la lumière et des matériaux sont plus proches des lois de la physique qui nous entoure. De plus, l'ayant travaillé sur plusieurs projets auparavant, j'ai voulu m'appliquer à continuer l'exploration de ce médium. Cependant, il me semble que les volumes des *displacement map* ne sont pas parfaitement retranscrits et que l'on perd des informations de relief entre ce que l'on peut voir sur notre modèle *Zbrush* et ce que l'on obtient au rendu Arnold. D'un autre côté, le moteur Vray, lui aussi physiquement réel, semble mieux appuyer les contrastes des volumes. C'est donc aussi dans cette direction qu'il faudrait selon moi étendre les recherches.

Un autre axe de recherche sur lequel il pourrait être intéressant de se pencher est le calibrage de cet équilibre entre volume réel et texture. En effet, après avoir vu des rendus de roches dans des films tel que *l'Age de Glace 3 : Le temps des dinosaures*, que j'ai cité au début de ce mémoire, je me suis rendu compte que l'on peut donner un rendu réaliste, ou du moins très crédible, par une texture plus épurée et une simple *normal map* ce qui me pousse vers une approche plus pesée des surfaces

rocheuses.

Enfin, je compte doubler d'effort dans le travail des texture. Ayant négligé cet aspect pendant un certain temps et n'ayant pris conscience des possibilités et de son importance qu'assez récemment, les textures que j'ai adaptées à mes volumes semblent encore fraîches et demandent à s'améliorer.

Mes questionnements sur la définition de la crédibilité et du photoréalisme auront guidé mes recherches tout au long des différents travaux effectués. Je suis toujours surpris de voir des productions d'animation 3D arborant un style « non réaliste » mais faisant montre d'une parfaite crédibilité dans son traitement des matières, permettant ainsi de donner du sens à l'univers retranscrit. Tandis que je m'essouffle à donner un aspect toujours plus photo-réaliste à mes visuels, je réalise à quel point il est aisé de se perdre dans un océan de possibilités graphiques. Finalement le plus important n'est pas forcément d'atteindre un hyper réalisme, mais de garder une cohérence dans les univers que l'on créé.

Bibliographie :

Livres :

- Le Nouvel Thierry, Rabaud Pascale-Joanne, « Chef décorateur pour le cinéma, à la découverte d'un métier », édition Eyrolles (2011)

Articles :

- le Martelot E., « Synthèse aléatoire de terrains 3D », (2005)
- Stefan Gumhold, Tobias Hüttner, « Multi-resolution rendering with displacement mapping », WSI/GRIS University of Tübingen
- Keith Yerex, Martin Jagersand, « Displacement Mapping with Ray-casting in Hardware », papier du SIGGRAPH 2004, University of Alberta, (2004)
- Michael Doggett, Johannes Hirche, « Adaptive View Dependent Tessellation of Displacement Maps », WSI/GRIS, University of Tübingen, Allemagne, (SIGGRAPH 2000)
- Elodie Steffin, « Le décor factice : tradition et modernité », Mémoire de Master 2 Art de l'exposition et Scénographie, Université Paul Verlaine de Metz (Septembre 2009)
- Mari Jean-Luc, « Modélisation géométrique : Surfaces de subdivision », Ecole supérieur d'ingénieur de Luminy, Marseille (2005/2006)

Webographie :

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Calcite>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Clivage>

<http://www.franckpoupel.fr/2010/news/mon-travail/sculpture/le-marbre/>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Surface_de_subdivision

<http://blogs.wefrag.com/divide/2005/01/29/de-l-apport-du-displacement-mapping-2-3/>

<http://www.cggallery.com/tutorials/displacement/>

<http://henningsanden.com/2013/02/27/zbrush-to-maya-displacement-map/>

<http://www.opengl-tutorial.org/fr/intermediate-tutorials/tutorial-13-normal-mapping/>

<http://forums.cgsociety.org/archive/index.php?t-176330.html>

<http://www.dis.uniroma1.it/~frat/cg.fall12/9.Texturing.pdf>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Bruit_de_Perlin

<https://openclassrooms.com/courses/bruit-de-perlin>

http://fgimello.free.fr/enseignements/metz/TD_analyse_de_film/decor.htm

<http://www.plastic-lemag.com/applications/las-plastiques-font-leur-cinema/des-materiaux-essentiels-aux-accessoires>

Autre :

Conférence « Paris Digital Summit, Seul sur Mars : étude de cas sur la création des décors » par Pascal Etangsale, MPC Environment Lead.

Remerciements à l'équipe pédagogique de la formation Art et Technologie de l'image pour leur soutien et pour nous avoir donné les outils nécessaires à l'exploration de nos projets.
Merci à ma sœur et ma mère pour leurs conseils sur mes recherches et l'écriture de mon mémoire.
Merci à Jessica Ferry, Andgel André et Gaelle-Lou Minisini pour leur collaboration.