

Écrire un conte

Formule d'ouverture

Il était une fois – Jadis – Autrefois – Il y a très longtemps

Des lieux

Un château – une chaumière – une manoir sinistre
la forêt – une grotte- une île – un désert – un lac
le grand nord - la montagne - un village
un marais – sous l'océan – sur un bateau

Des héros

Une petite fille - un petit garçon
Une princesse - un prince
Une paysanne – un paysan
Un chevalier
Un guerrier

D'autres personnages

Un roi – une reine
Un sorcier – une sorcière
Un beau-père – une belle-mère
des animaux – un pirate – un voleur
Un enfant

Des personnages magiques

Une fée – une marraine – un nain – un génie
un magicien- une magicienne
une sirène – un lutin – une licorne
un dragon – un monstre – un ogre
un fantôme

Une quête

Guérir quelqu'un
Sauver une princesse
Trouver un trésor
Retrouver sa famille
Aider quelqu'un



Des objets magiques

une fontaine – une baguette – un trésor –
une formule – une potion – une lampe – une clé
Un livre – une boîte – un chaudron – un balai
Un sac – une épée – un soulier – une bague
Des bottes – une plume – une rose – un bouclier
Un chapeau – un miroir – du poison –
Une poussière de fée – une statuette

Formules de fin

Depuis lors...
Depuis ce temps-là...
Ils vécurent heureux ...
Ils se marièrent et eurent beaucoup d'enfants ...

La situation initiale

C'est le début de l'histoire, on présente :

- les personnages
- le lieu
- le moment où se passe l'histoire



2

L'élément perturbateur

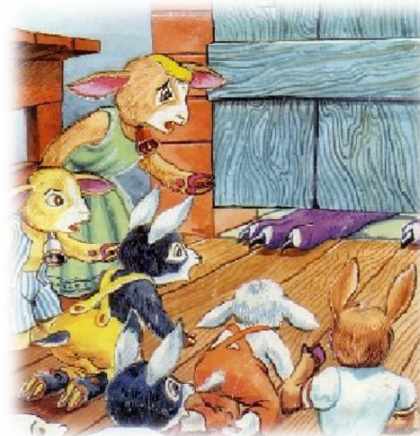


Le personnage principal a un problème qu'il doit résoudre.

Les aventures

Comment fait le héros pour
résoudre son problème ?

Souvent, il y a 3 étapes.



La résolution du problème

Quelqu'un (un ami, un animal) vient aider le héros.



Souvent, il y a un combat final.



La situation finale

C'est la fin de l'histoire :
Que devient le héros ?

Le plus souvent c'est :

« *Tout est bien qui finit bien !* »



Le vocabulaire du merveilleux

Le merveilleux se manifeste dans les contes par des événements qui ne se passent jamais dans le monde réel :

- des personnages qui ont des qualités et des pouvoirs surnaturels : des fées, des sorciers, des ogres, des nains, des géants, des princes et des princesses, des personnages qui se transforment,...
- des animaux qui parlent, qui se transforment, ...
- des objets magiques : baguette magique, un anneau, un bijou

Un maléfice : une opération magique visant à nuire. On dit aussi une malédiction, un sort, un sortilège, un envoûtement, un ensorcellement.



Des familles de mots :

Enchanté = magique → un enchanteur (un magicien), une enchanteresse, un enchantement, désenchanté.

Un sort → un sortilège – un sorcier – une sorcière – la sorcellerie – ensorceler – un ensorcellement

Magie → magique – un magicien – une magicienne –

Merveille → merveilleux – merveilleuse – merveilleusement – émerveiller - un émerveillement -

Le vocabulaire du merveilleux

Le merveilleux se manifeste dans les contes par des événements qui ne se passent jamais dans le monde réel :

- des personnages qui ont des qualités et des pouvoirs surnaturels : des fées, des sorciers, des ogres, des nains, des géants, des princes et des princesses, des personnages qui se transforment,...
- des animaux qui parlent, qui se transforment, ...
- des objets magiques : baguette magique, un anneau, un bijou

Un maléfice : une opération magique visant à nuire. On dit aussi une malédiction, un sort, un sortilège, un envoûtement, un ensorcellement.



Des familles de mots :

Enchanté = magique → un enchanteur (un magicien), une enchanteresse, un enchantement, désenchanté.

Un sort → un sortilège – un sorcier – une sorcière – la sorcellerie – ensorceler – un ensorcellement

Magie → magique – un magicien – une magicienne –

Merveille → merveilleux – merveilleuse – merveilleusement – émerveiller - un émerveillement -

François Goglin

Jean-Marc Goglin

Tristan Hucher

Maxence Tron

**INTRODUCTION À L'HISTOIRE
DES EFFETS SPÉCIAUX AU CINÉMA :
DE L'EFFET TECHNIQUE À LA REPRÉSENTATION DU RÉEL**

SEPTEMBRE 2018

<https://cinehig.clionautes.org/introduction-a-lhistoire-des-effets-speciaux-au-cinema-de-leffet-technique-a-la-representation-du-reel.html>

Sommaire

Introduction :.....	3
I - Les effets spéciaux sont des créations techniques	4
II - Les effets spéciaux sont en perpétuelle évolution.....	17
III - Les effets spéciaux sont des éléments essentiels à la narration.....	26
IV - Les effets spéciaux posent le problème du rapport au réel	37
Conclusion :	44
Bibliographie :.....	45
Sitographie :.....	46
Filmographie :.....	47

Introduction :

Les effets spéciaux sont des techniques utilisées au cinéma pour créer l'illusion de personnages, d'objets, de phénomènes et d'actions, difficilement reproductibles ou n'existant pas dans la réalité. Les professionnels réservent ce terme aux effets réalisés durant la création du film grâce à divers procédés physiques : maquillage, costume, cascade, pyrotechnie, animatronique... Les effets spéciaux sont donc des trucages. Ils peuvent être préparés ou réalisés avant, pendant ou après le tournage. Les effets spéciaux ont été popularisés par les films de science-fiction et de catastrophe mais leur existence est ancienne. Dès leur naissance, toutes les formes de spectacle possèdent leurs techniques d'illusion. L'utilisation des effets spéciaux se développe dès le XVIIIe siècle notamment dans les théâtres londoniens puis new yorkais. Progressivement, les effets spéciaux deviennent essentiels à la narration.

Les effets spéciaux du cinéma ne sont pas des fins en soi mais sont mis au service d'une narration. Les images dans lesquelles les effets s'insèrent sont des contenants. L'image est comme une « copie » du réel. Aussi chacun est-il normalement capable d'appréhender spontanément son contenu représentatif. L'image a trois fonctions essentielles. La première fonction est celle de représenter. La deuxième est celle d'évoquer. La troisième est celle de leurrer. Les effets spéciaux apportent un supplément visuel aux images. La difficulté est qu'ils s'insèrent dans des images animées. Mettant en scène le mouvement, le cinéma est par définition une illusion. Mais les effets spéciaux doivent, paradoxalement, y paraître le plus réel possible. Les artifices théâtraux sont de plus en plus remplacés par les outils mathématiques et numériques. Leur but est de s'effacer tout en produisant un effet visuel. La question est donc de savoir quels rapports les effets spéciaux entretiennent avec le réel. Le transforment-ils ? Le rendent-ils, paradoxalement, plus réel ?

I - Les effets spéciaux sont des créations techniques

1) Les effets optiques : maquillage, toiles et maquettes

Le maquillage est un artifice lié aux effets spéciaux. Cette technique est issue du théâtre. Ce type de maquillage est nommé « de composition ». Les produits utilisés évoluent. Au début du XXe siècle, la cire à modeler, utilisée par les thanatopracteurs, sert à façonner des faux nez ou des balafres. À partir des années 1910, le latex liquide est utilisé pour fabriquer des fausses rides. Dans les années 1920, le collodion, un adhésif médical, est utilisé pour coller la peau et produire des brûlures ou des cicatrices visibles en gros plan. La plupart des maquillages servent à créer des effets simples : larmes, transpiration, hématomes, coups de soleil... D'autres permettent de simuler les plaies, le vieillissement ou de transformer totalement le personnage. Les teintures utilisées sont celles qui correspondent au personnage et non à l'acteur ou à l'actrice. Au maquillage, il est possible d'ajouter une ou des prothèses : fausses dents, volumes constitués de latex, silicone ou de gélatine. Dick Smith est une légende du maquillage : il transforme Dustin Hoffman, alors âgé de 32 ans, en vieillard de 121 ans pour les besoins du film *Little Big Man* :



Document 1 : Dustin Hoffman, *Little Big Man* (Arthur Penn, 1970)

Source : https://media.melty.fr/article-3561261-ajust_1020/little-big-man-1970.jpg

La technique du body painting n'est quasiment jamais utilisée lors des longs métrages. Elle est utilisée pour transformer l'actrice Jennifer Lawrence en Mystique la mutante métamorphe pour le film *X-Men. First Class*. Cette technique, longue et allergisante, est abandonnée pour

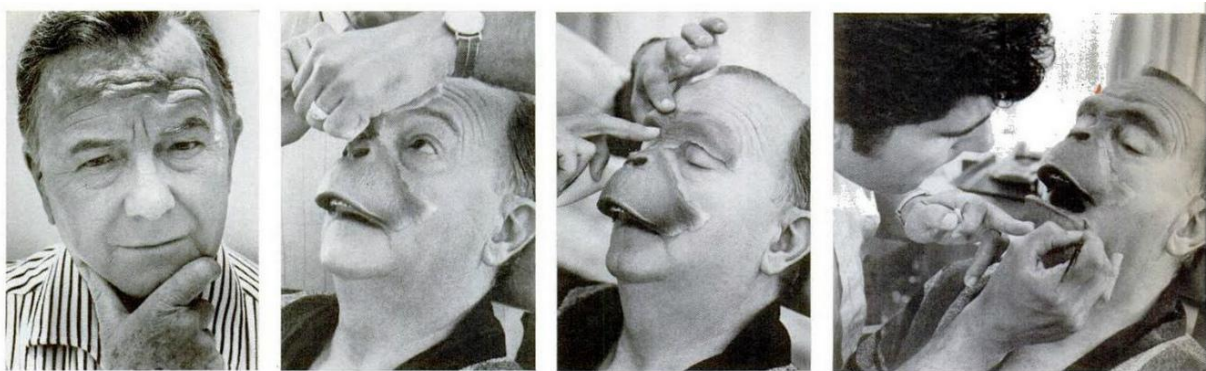
la réalisation des films suivants. Mais elle rend Jennifer Lawrence quasiment méconnaissable :



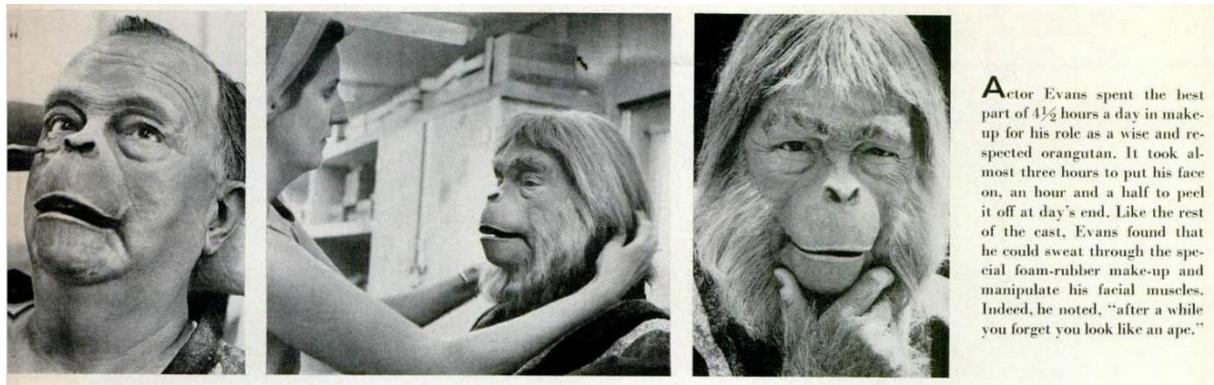
Document 2 : Jennifer Lawrence, *X-Men : First Class* (Matthew Vaughn, 2011)

Montage de source inconnue.

Ces transformations se réalisent en quelques minutes ou en plusieurs heures. L'exemple du tournage du premier film *La planète des singes*, sorti en 1968, est illustratif. Les premiers tests de costumes et de maquillages sont tellement compliqués que le tournage est retardé de deux ans. Les singes vont prendre vie grâce à John Chambers, ancien chirurgien de l'armée américaine, qui se met à fabriquer des prothèses pour les acteurs. Le maquillage de certains acteurs dure de trois à six heures. Le budget maquillage du film s'élève à 1,5 million de dollars¹. Le 18 août 1967, *Life magazine* publie un reportage du tournage montrant la transformation de l'acteur Maurice Evans :



¹ <http://mashable.france24.com/divertissement/20170730-planete-des-singes-1968-maquillage-photos-archives>



Actor Evans spent the best part of 4½ hours a day in make-up for his role as a wise and respected orangutan. It took almost three hours to put his face on, an hour and a half to peel it off at day's end. Like the rest of the cast, Evans found that he could sweat through the special foam-rubber make-up and manipulate his facial muscles. Indeed, he noted, "after a while you forget you look like an ape."

Document 3 : Maurice Evans, *La Planète des singes* (Franklin Schaffner, 1968)

Source : <http://mashable.france24.com/divertissement/20170730-planete-des-singes-1968-maquillage-photos-archives>

Ce maquillage semble alors une vraie prouesse technique. Ces techniques se sont perfectionnées.

Un autre effet spécial consiste à utiliser des maquettes ou des décors peints sur toile ou sur verre. Pathé finance le premier décor en maquettes en 1896. Dès 1907, le *glass painting* est utilisé : la technique consiste à peindre des plaques de verre. Le film *Autant en emporte le vent* de Victor Fleming, sorti en 1939, utilise des dizaines de peinture sur verre. Puis le *matte painting* (ou « peinture sur cache ») est utilisé. Quasiment tous les films d'Alfred Hitchcock comportent une scène utilisant des toiles peintes qui prolongent le décor. Les peintures et les maquettes sont utilisées pour des raisons de coût et de maniabilité. Les dimensions, les couleurs sont adaptés aux besoins du scénario. L'objectif est de créer une illusion. Par exemple, une jeune fille voit dans le couvercle de son panier un groupe de danseuses. En réalité, le décor est peint sur une toile avec un trou à la place du couvercle du panier. Les jeunes filles sont situées derrière la toile :



Document 4 : Publicité Liebig. 1905

La maquette peut être fabriquée à l'échelle réelle ou en dimension augmentée ou diminuée. Les maquettes permettent notamment de simuler des catastrophes ou des accidents, notamment ferroviaires :



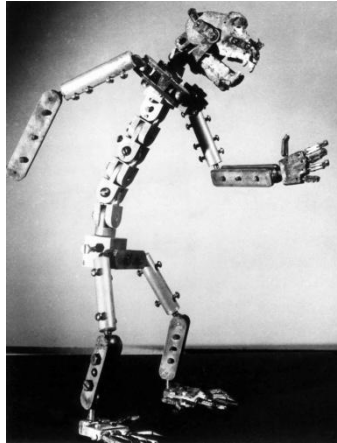
Document 5 : Publicité Liebig-1905

Aujourd'hui, ces effets spéciaux sont réalisés numériquement.

2) Les effets spéciaux mécaniques : poulies et moteurs

Les effets spéciaux mécaniques sont des effets qui créent du mouvement sans être causés numériquement. La difficulté consiste à simuler un mouvement naturel adapté à la situation.

La première étape consiste dans la fabrication de marionnettes ou de robots. En 1912, dans son film *À la conquête du Pôle*, Georges Méliès utilise une marionnette pour figurer le « géant des neiges », premier monstre de l'histoire du cinéma, manipulé par quinze machinistes. Un des premiers robots est le King Kong de 1933, constitué d'une armature métallique recouverte de peaux de lapins :



Document 6 : Robot de King Kong-1933. Source : <http://www.effets-speciaux.info/img/photo/230-13.jpg>

Les perfectionnements aboutissent à la création des animatroniques, créatures animées ou robotisées réalisée en général avec une peau en latex et des mécanismes internes permettant de lui donner une apparence de vie. Les corbeaux des *Oiseaux* d'Alfred Hitchcock, le requin des *Dents de la mer* de 1975, le basilic de *Harry Potter et la chambre des secrets*... sont des animatroniques :



Document 7 : Animatronique du requin des *Dents de la mer* (Steven Spielberg, 1975).

Source : <http://films.blog.lemonde.fr/files/2017/12/jaws-large2.jpg>

Les marionnettes et les robots sont utilisés actionnés. Originellement, les mouvements des marionnettes sont commandés manuellement. Puis les mouvements sont progressivement animés à l'aide de câbles. Ce système est utilisé au théâtre dès le XIXe siècle. Georges Méliès, considéré comme le « père » des effets spéciaux, commence sa carrière comme prestidigitateur de théâtre et introduit ces techniques dans le cinéma. L'atout des câbles est qu'ils permettent d'actionner des formes de grandes tailles. La technique la plus simple est celle qui utilise des « câbles tire-pousse » : des câbles gainés reliés à des manettes extérieures.

L'exemple le plus spectaculaire est celui du loup-garou utilisé dans les scènes de métamorphose du film *Le loup-garou de Londres*, sorti en 1981¹. Ces techniques se perfectionnent avec les animatroniques. Les plus sophistiqués contiennent des servomoteurs miniatures qui associent mécanique et électronique et qui permettent de mémoriser des mouvements et de les reproduire à l'infini.

3) Les effets spéciaux chimiques

Certains effets spéciaux sont chimiques. Ils sont utilisés pour vieillir un décor, causer un incendie ou une explosion, créer des flammes de différentes couleurs, générer de la fumée...

Les effets de brume sont fabriqués à partir de glace sèche (ou carboglace), un solide fait à partir de dioxyde de carbone et non d'eau. En se réchauffant, la carboglace dégage du gaz carbonique plus lourd que l'air. Elle permet ainsi de créer des effets de vapeur qui courent sur le sol. Elle est très utilisée dans les films horrifiques ou de science-fiction. La fumée intense est fabriquée à partir de chlorate de soude mélangé à du sucre glace. Le chlorate de soude sert de comburant, le sucre glace sert de combustible. Le mélange, allumé, crée d'épaisses fumées. Associé à du latex liquide, le chlorate de soude peut brûler dans l'eau et créer une fumée émergente.

Les explosions sont souvent créées avec de vrais explosifs. Des plaques métalliques sont utilisées pour contrôler le souffle. Les explosions peuvent être également reproduites par des logiciels informatiques.

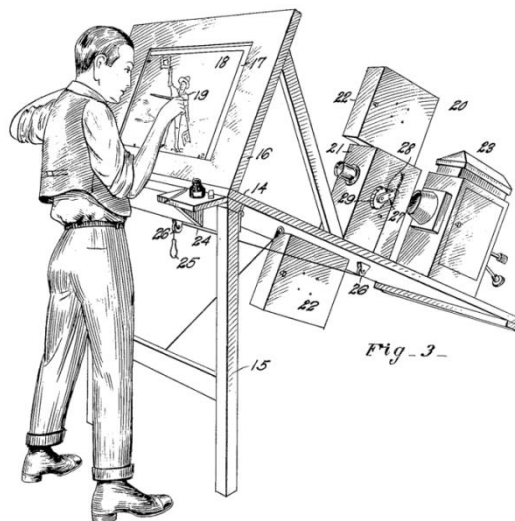
4) Les effets d'optique

Les effets d'optiques ont produits par le travail sur l'image : en arrêtant puis en reprenant le tournage après avoir changé de personnage ou inséré un nouvel objet, en tournant vue après vue ou encore en utilisant la marche arrière, l'accélééré ou le ralenti. Ce travail produit des illusions d'optique. Georges Méliès est le premier à avoir utilisé cette technique. Il explique sa découverte, faite par hasard, du trucage « par substitution » :

¹ Scène de transformation : <https://www.youtube.com/watch?v=Kwqhk6K9SYc>

« un blocage de l'appareil dont je me servais au début produisit un effet inattendu un jour que je photographiais prosaïquement la place de l'Opéra : une minute fut nécessaire pour débloquer la pellicule et remettre l'appareil en marche. Pendant cette minute, les passants, omnibus, voitures, avaient changé de place bien entendu. En projetant la bande ressoudée au point où s'était produite la rupture, je vis subitement un omnibus changé en corbillard, et des hommes changés en femmes. Le truc par substitution, dit truc à arrêt était trouvé. »

En 1915, les frères Dave et Max Fleischer perfectionnent et brevètent le rotoscope qui inaugure de nouvelles techniques de trucage. Cet appareil nécessite une table transparente sous laquelle sont projetées, les unes après les autres, les images du film en prise de vue réelle. Le dessinateur trace alors les contours des formes sur des calques. Le rotoscope permet la retouche et le découpage d'images afin de supprimer certains éléments ou d'en ajouter d'autres.



Document 8 : Table de rotoscopie. Dessin explicatif de 1917.

Source : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/71/US_patent_1242674_figure_3.png/1200px-US_patent_1242674_figure_3.png

La rotoscopie est utilisée pour réaliser la série *Superman* des années 1941-1942. En 1966, Sergio Leone l'utilise encore pour fabriquer le générique du western *Le Bon, la Brute et le truand*¹.

En 1930, le principe de rétroprojection est mis au point. Il consiste à placer des acteurs devant un écran translucide sur la face arrière duquel on projette une séquence tournée auparavant. Cette technique permet d'intégrer des acteurs. Elle est remplacée dans les années 1970 par la

¹ Générique : <https://www.dailymotion.com/video/x3ebxz>

projection frontale, technique complexe qui nécessite la pose d'un miroir concave face à une caméra fixe.

En 1937, Abel Gance, Pierre Angénieux et Roger Hubert mettent au point le pictographe. L'appareil, doté d'un système à lentille fractionnée, permet d'obtenir à la fois l'image nette d'un décor situé à distance et celle d'un élément de taille réduite situé très près. Cela permet par exemple d'utiliser une petite maquette et de l'inclure dans un décor naturel. L'appareil est amélioré puis breveté en 1942 sous le nom de pictoscope. Le réalisateur peut alors placer des acteurs dans un décor factice, peint ou photographié.

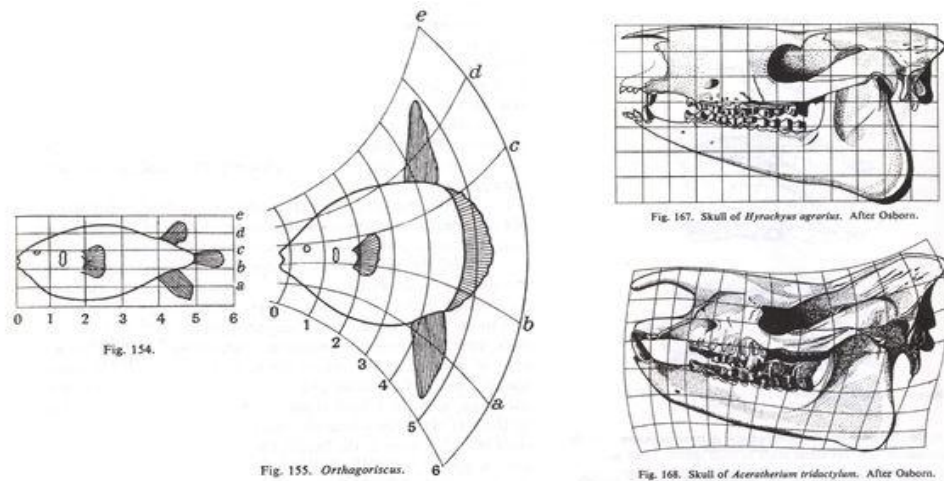
De nos jours, les effets spéciaux visuels sont réalisés par ordinateur, en images 2D ou 3D. Ils nécessitent une modélisation mathématique. Pour donner une illusion de la réalité, il faut une concordance des proportions. Les techniques d'utilisation d'images numériques sont nombreuses :

- Le *mapping* : la technique consiste à projeter des lumières ou des images sur des volumes afin de recréer des images de grande taille sur des structures en relief.

- Le *morphing* : la technique consiste de créer soit un mouvement, soit une métamorphose, soit une combinaison des deux. L'intérêt est de transformer un visage ou un objet de manière la plus fluide possible. Auparavant les transformations étaient photographiées une image après l'autre. De nos jours, le travail se réalise en deux grandes étapes : d'abord la définition des grandes étapes de la transformation en images 2D dessinées ou filmées puis la traduction de cette transformation sous une forme mathématique. Les images sont intégrées à une « grille de déformation ». L'ordinateur calcule puis réalise les images intermédiaires nécessaires pour donner au mouvement sa fluidité nécessaire.

Cependant l'ordinateur ne « sait pas » calculer spontanément des images intermédiaires entre deux dessins ou deux images. Lorsque l'on regarde une décomposition de mouvement dessinée, on imagine les intervalles manquants mais ceci est une interprétation humaine. Pour écrire un programme, il faut traduire cette interprétation sous une forme mathématique. Ainsi, si l'on exprime la transformation que l'on cherche sous la forme d'une « grille de déformation », on peut écrire un programme qui calcule les étapes intermédiaires.

À l'origine de cette technique se trouve la géométrie fractale. L'intuition d'une « grille de déformation » est illustrée par les images du biologiste et mathématicien d'Arcy Thompson. Vers 1917, bien avant l'invention des ordinateurs, celui-ci a voulu montrer que de nombreuses espèces animales pouvaient être reliées entre elles par des transformations géométriques simples qui ne changent que les proportions.



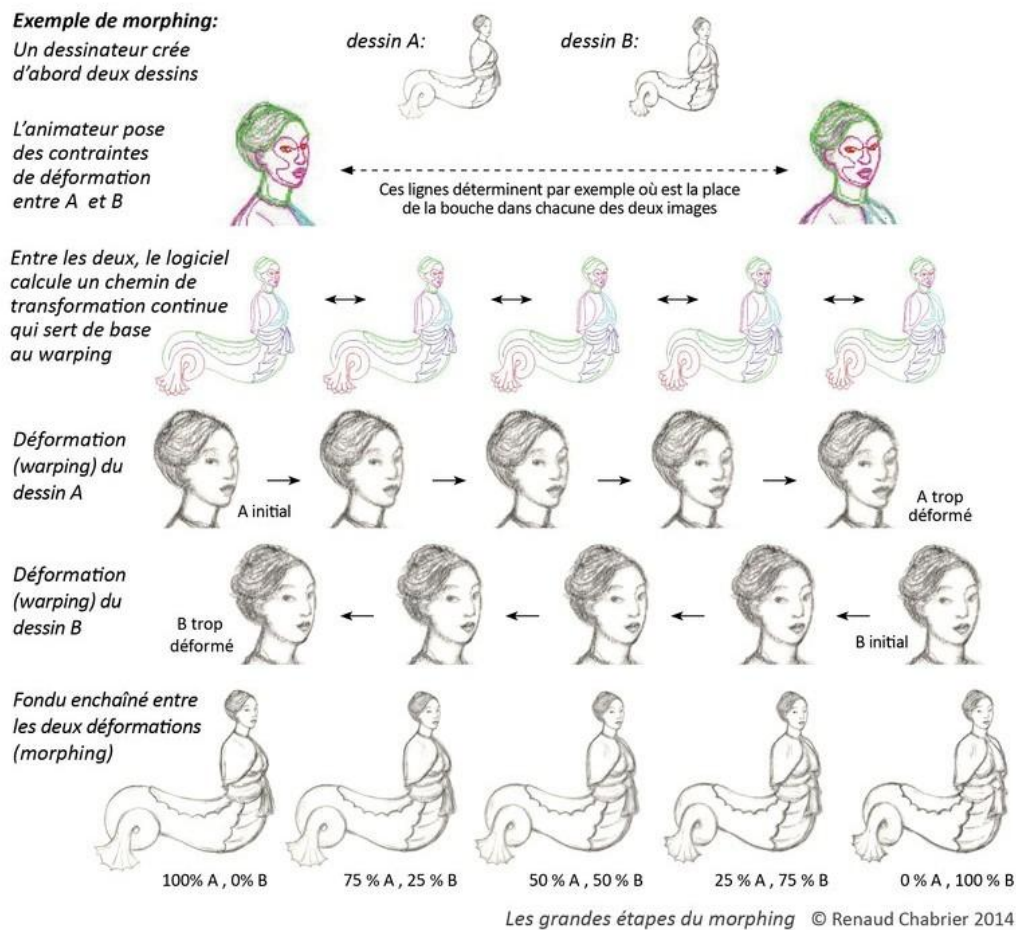
Document 9. Source : <http://images.math.cnrs.fr/Le-Morphing.html>

Un logiciel de *morphing* travaille de manière similaire. La grille de déformation peut avoir une description mathématique sous forme de nombres. Le programme calcule alors automatiquement ses états intermédiaires. La déformation des images est ajustée sur celle de la grille. Souvent, la grille n'est pas assez précise. On utilise alors des contraintes de déformation qui épousent mieux la forme du dessin, grâce à des « courbes de Bézier » qui sont des courbes polynomiales paramétriques et dont les principales propriétés sont d'être dérivables à l'infini et de rester à l'intérieur de l'enveloppe convexe des points de contrôle.

La technique du *morphing* se traduit ainsi :

- création des images A et B,
- définition des contraintes de transformation entre A et B. Les objets mathématiques utilisés (points de correspondance, courbes ou grille) permettent au programme de calculer un chemin de transformation continue.
- calculs des déformations (=warping) de A vers B et de B vers A. Mais à la fin de chacune des deux déformations certaines parties du visage sont trop étirées ou trop compressées.

-combinaison des deux déformations par un fondu enchaîné, afin de faire rendre invisible la partie exagérée des déformations, et obtenir la transformation.



Document 10. Les différentes étapes du *morphing*. Source : <http://images.math.cnrs.fr/Le-Morphing.html>

L'utilisateur du logiciel visualise directement le *morphing*. Les deux *warping* séparés restent « cachés » durant le processus.

- L'incrustation de personnages (ou *chroma key*) : la technique consiste à filmer séparément le décor et le personnage ou l'objet devant un fond monochrome (vert ou bleu, couleurs qui tranchent le plus avec la couleur de la peau à la caméra thermique) ; puis le fond est remplacé par un masque noir afin de dégager la silhouette du personnage ou de l'objet ; deux masques sont obtenus, l'un est appliqué au décor, l'autre est appliqué à l'objet ; les images masquées sont mises en alternance décor/objet sur une pellicule. Les logiciels informatiques permettent désormais de remplacer le fond par n'importe quelle image. Cette technique est pratique pour faire apparaître des lieux imaginaires, lointains ou difficilement accessibles. L'exemple de cette scène issue du film *Alice au Pays des Merveilles* de Tim Burton l'illustre :



Document 11 : *Alice au Pays des Merveilles*, Tim Burton, 2010.

Source : <http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/magazine.1.0.allbrary/wp-content/uploads/2016/06/07075917/Alice-au-pays-des-merveilles-effets-speciaux.jpg>

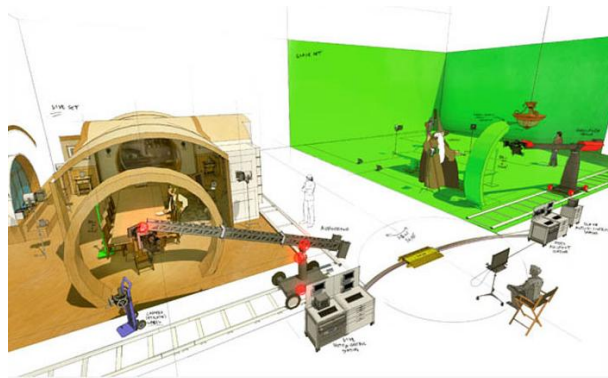
- La colorisation : des filtres numériques sont appliqués sur l'image afin de leur donner une ambiance ou un style particulier (sépia, noir et blanc, accentuation du rouge, du vert ou du bleu...) (voir aussi annexe 3).

- L'incrustation d'objets 2D ou 3D : des objets préalablement découpés sont intégrés à la séquence par le moyen de logiciels informatiques.

- L'insertion d'un personnage ou d'un objet entièrement créé numériquement. La programmation et les étapes de la création sont très précises. Le squelette du personnage comporte de multiples points d'articulations, auxquels on attribue des axes de mouvement précis. Le programme du personnage détermine qu'un bras ne peut pas se plier à l'envers ou qu'une main ne peut pas tourner plusieurs fois sur elle-même. Les os sont revêtus d'un assemblage de masses musculaires. Ces volumes sont conçus pour se déformer en se tassant sur eux-mêmes lorsque le squelette adopte une nouvelle posture, afin de créer l'illusion d'un véritable corps. Des yeux et une texture de peau parachèvent le physique du personnage. Les

infographistes disposent désormais de milliers de textures dont ils peuvent modifier tous les paramètres pour obtenir un rendu inédit. Reliefs, brillances et couleurs se modifient ainsi à l'infini et au pixel près, en agrandissant sur l'écran la plus infime partie de l'image sur laquelle on intervient. Le petit carré de peau, une fois achevé, est multiplié et le corps du personnage se retrouve doté d'une enveloppe de chair élastique, qui se déformera selon ses mouvements. À ce stade, le personnage est encore inerte. Pour l'animer, il faut relier ses articulations entre elles et établir la hiérarchie de ses mouvements. Le personnage devient une marionnette virtuelle.

La difficulté consiste à faire jouer les scènes aux acteurs sans décor ni partenaires. Dans *Le Hobbit. Un voyage inattendu*, Ian McKellen incarne le magicien Gandalf le Gris, souvent le seul personnage de taille réelle. Le réalisateur Peter Jackson a filmé la scène deux fois : une avec Gandalf sur fond vert et l'autre avec le hobbit Bilbo et les nains dans un décor à leur échelle.



Document 12 : Schéma montrant les techniques employées par Peter Jackson lors du tournage du *Hobbit*.

Source : <http://www.nerdpix.com/wp-content/uploads/2012/12/How-to-Shrink-a-Hobbit-on-Camera-1.jpg>



Document 13 : Bilbo (à gauche)-Gandalf (à droite) dans la maison de Bilbo. *Le Hobbit 1*.

Source : <https://uploads.disqucdn.com/images/ee7435e672fe42a134ffc53c2037de3c0372543020bb5d65ab758849dcce2fc0.jpg>

Les effets spéciaux numériques remplacent les effets spéciaux mécaniques. La difficulté est de rendre réaliste des effets qui relèvent de la dynamique de corps rigides, de la déformation de corps élastiques ou de mouvements de fluides. Ces mouvements fluides sont représentés à l'aide d'une méthode de calculs appelée « méthode des surfaces de niveau (ou *level set method*) » (voir annexe 4). Elle a été utilisée, par exemple, pour simuler les flammes du dragon dans *Harry Potter et la Coupe de feu*.



Document 14 : Premier dragon. *Harry Potter et la Coupe de feu* (2005).

Source : <http://www.linternaute.com/cinema/film/2387/harry-potter-et-la-coupe-de-feu/photo/93/>

Certains réalisateurs comme Steven Spielberg s'efforcent de continuer à travailler à la fois les effets spéciaux mécaniques et les effets spéciaux numériques.

II - Les effets spéciaux sont en perpétuelle évolution

1) 1896 - années 1920 : le temps des illusions d'optique et du travail sur l'image

Lors des débuts du cinéma, les réalisateurs travaillent l'image afin de rendre compte de leurs effets spéciaux.

En 1895, les frères Lumière projettent leur court-métrage *Train entrant en gare de la Ciotat*. Bien que le film soit tourné sans effet spéciaux, les spectateurs, apeurés, s'enfuient à l'arrivée du train...¹ Cet exemple montre que le cinéma est lui-même un effet spécial puisqu'il utilise le principe de la persistance rétinienne pour tromper l'œil et donner l'impression du mouvement à partir d'images fixes.

En août 1895, Alfred Clark sort *The Execution of Mary, Queen of Scots*, le premier film véritablement truqué de l'histoire du cinéma. Ce film est réalisé pour le Kinétoscope Edison, dispositif de visionnement individuel antérieur au Cinématographe Lumière. Le film montre la décapitation de Mary². Le réalisateur arrête la caméra au moment où le bourreau lève la hache. L'interprète de Mary est remplacé par un mannequin tandis que les figurants restent immobiles. Le réalisateur reprend la prise de vue. Mais l'arrêt de caméra ne suffit pas. L'entraînement de la pellicule ne pouvant stopper instantanément, il faut couper la pellicule, retirer les quelques images enregistrées au moment de l'arrêt et ressouder la pellicule pour pouvoir la projeter.

En 1896, Louis Lumière réalise *Démolition d'un mur* qui montre un groupe d'ouvriers construire un mur qui finit par s'effondrer³. Il reprend une découverte faite lors d'une projection : il a rembobiné la pellicule sans éteindre la lumière et a ainsi découvert la marche arrière. Par la suite, Louis Lumière filme différents personnages, comme un plongeur, qu'il présente en marche arrière.

Georges Méliès utilise la technique de l'arrêt de caméra afin de produire des effets spectaculaires. En 1896, il réalise *Escamotage d'une dame chez Robert-Houdin* son premier

¹ https://www.youtube.com/watch?v=b9MoAQJFn_8

² https://www.youtube.com/watch?v=XgDG_wc19aU

³ Film : https://www.youtube.com/watch?v=PI_Rxa0YFWg

film truqué qui enchaîne disparitions, apparitions et transformations¹. Dès 1898, Méliès, pour son film *Un homme sans tête*, teste des trucages hérités de la photographie. Il utilise le fait que les sels d'argent qui recouvrent la pellicule sont sensibles à la lumière : tant que la pellicule n'est pas développée, l'obscurité laisse la pellicule vierge. Méliès se filme à quatre reprises sur la même pellicule avant de la développer. Tout d'abord, il interprète son personnage en pied puis il rembobine la pellicule, vide le champ déjà filmé qui devient ainsi entièrement noir, et y filme alors seulement sa tête qui semble posée sur une table, son corps étant masqué par un tissu noir. Puis il recommence l'opération à deux reprises, en plaçant chaque fois sa tête à un endroit différent. De surcroît, il introduit des arrêts de caméra qui créent l'illusion qu'il s'arrache la tête à trois reprises².



Document 15. Georges Méliès et ses têtes.

Source : Image issue du documentaire *Georges Méliès* de Jacques Mény, La Sept-Arte, 1997.

Georges Méliès est le premier à créer un studio de cinéma à Montreuil-sous-Bois. En 1902, il réalise *Le voyage dans la Lune* qui est considéré comme le premier film de science-fiction. Lors d'un colloque d'astronomie, le professeur Barbenfouillis déclare vouloir se rendre sur la lune. Propulsés à l'aide d'un canon géant, six astronomes alunissent. Ils assistent à un lever de Terre et découvrent les étoiles proches et leurs habitants³. Georges Méliès emploie dans ce film quasiment toutes les techniques de trucages de l'époque : arrêts de caméra (pour faire disparaître les Sélénites), surimpressions sur fond noir (les planètes au-dessus de la tête des explorateurs endormis), décors truqués (champignons géants), maquettes (remorquage de la

¹ Film : http://www.allocine.fr/film/fichefilm_gen_cfilm=24401.html

² Film : <https://www.youtube.com/watch?v=-ArvHbyIjYQ>

³ Film : <http://education.francetv.fr/matiere/arts-visuels/cm1/video/le-voyage-dans-la-lune-de-georges-melies>

fusée) et pyrotechnie (explosion des Sélénites). La représentation de la lune est particulièrement célèbre. L'utilisation d'un visage permet d'exprimer des émotions :



Document 16 : *Le voyage dans la Lune* (George Méliès, 1902)

Source : <https://static.education.francetv.fr/images/966x585/1427839200/images-520-400-0000-1428-01-jpg.jpg>

Un dispositif permet d'agrandir le visage de l'acteur qui interprète la Lune afin de donner l'illusion qu'on s'approche de celle-ci : la caméra ne pouvant bouger, l'acteur est placé dans une caisse à roulettes qui parcourt un plan incliné pour que la Lune, se rapprochant de la caméra, soit toujours au même niveau dans le plan. Sans cette pente, le visage de l'acteur finirait par « monter » dans l'image.

En 1902, Georges Méliès filme en plongée totale à 90° un comédien allongé sur un décor posé à plat. Le personnage réalise des acrobaties en réalité infaisables. Il devient notamment le premier « homme-mouche » marchant au plafond.

Georges Méliès réalise près de 600 films. Ceux-ci restent des sources d'inspiration. La façon de positionner l'effet au centre de l'image, le travail sur le mouvement, le montage toujours précis restent au cœur de la création des effets spéciaux même si les techniques ont évolué.

En 1903, Edwin Porter réalise *The Great Train Robbery*. Il utilise une technique issue de la photographie, le cache/contre-cache, qui consiste à impressionner un même fragment de pellicule à deux reprises. D'abord, Porter filme l'action qui se déroule à l'intérieur de la gare en masquant la zone de la fenêtre par un cache noir. Puis il rembobine la pellicule et protège la zone déjà filmée avec un contre-cache noir, complémentaire du cache précédent. Ainsi il expose la zone de la fenêtre, occultée lors de la première prise. L'image développée contient à la fois la gare et, visible à travers la fenêtre, l'arrivée du train. Ce trucage accentue la crédibilité à la scène.

En 1933, James Whale réalise *L'Homme invisible* qui est une ode au « cache-mobile » (ou « travelling matte »)¹. Cette technique permet de filmer l'acteur entièrement couvert d'une combinaison noire en train de retirer une chemise blanche devant un fond noir. L'image ainsi obtenue est insérée dans le décor de la chambre. L'homme invisible peut ainsi disparaître tandis qu'un policier tente d'attraper sa chemise.

En 1942, le film *Les visiteurs du soir* met en scène Lison la laideronne qui se métamorphose en superbe jeune fille. L'actrice est adossée à un mur qui assure son repérage et son immobilité totale. La scène est filmée image par image.

En 1956, Cecil B. DeMille réalise *Les Dix Commandements*. La scène la plus spectaculaire est le franchissement de la mer Rouge. La séquence est réalisée dans un bassin construit avec une tranchée centrale inondée par deux énormes réservoirs. L'eau est mélangée à de la gélatine afin d'obtenir une épaisseur nécessaire. La séquence est filmée puis montée à l'envers pour donner l'impression que l'ouverture est en train de se créer. Les murs d'eau qui entourent les acteurs sont des chutes d'eau dont l'image a été renversée pour donner l'impression d'un écoulement vers le haut.



Document 17 : Scène du franchissement de la Mer Rouge de *Les Dix Commandements* (Cecil B. DeMille, 1956).

Source : https://unstrapontinenenfer.blogspot.fr/2014/07/les-dix-commandements_31.html

¹ Bande annonce : http://www.allocine.fr/film/fichefilm_gen_cfilm=2582.html

2) Années 1920 –années 1980 : le temps des effets spéciaux mécaniques

Dès le début des années 1920, les réalisateurs animent mécaniquement leurs marionnettes et robots afin de les rendre plus crédibles. Les scènes sont filmées image par image. Le processus est très lent : il faut 24 manipulations pour une seconde d'animation.

L'animateur Willis O'Brien s'illustre. Après un travail de dessinateur pour le quotidien *San Francisco Daily News*, il débute en mettant au point un court-métrage comique dans lequel des boxeurs constitués de statuettes d'argile dotées de squelettes en fil de fer, s'affrontent. En 1915, il réalise le film en stop-motion *Le dinosaure et le chaînon manquant* où figure un combat entre un dinosaure et un homme singe. En 1925, Harry O. Hoyt réalise *Le monde perdu*¹. Chargé d'animer les dinosaures, O'Brien perfectionne sa technique de fabrication de marionnettes. Chaque « os » métallique du squelette d'un dinosaure miniature est doté de billes d'acier. Reliées entre elles, ces rotules permettent à l'armature de bouger plus facilement. L'ossature est recouverte de mousse puis d'une peau de caoutchouc. Des écailles sont ensuite ajoutées. Afin de mêler à l'écran ses dinosaures miniatures et les prises de vues réelles, O'Brien filme en deux temps. D'abord, il filme les marionnettes en masquant la partie de l'image où apparaîtront les comédiens. Puis, une fois la pellicule rembobinée, il dissimule la partie de l'image auparavant exposée et ajoute les prises de vues réelles.

En 1933, Merian C. Cooper réalise *King Kong*, film pionnier dans l'animatronique. Willis O'Brien utilise plusieurs figurines de 45 centimètres de haut manipulés dans des décors miniatures. Pour certains gros plans, il fait fabriquer des parties du corps du gorille : une tête, un buste et une main.

¹ Film complet : <http://www.dailymotion.com/video/x3xzt2k>



Document 18 : King Kong, Willis O'Brien-Merian C. Cooper (1933).

Source : <https://i.pinimg.com/originals/03/83/6e/03836eded0f5a998ccb3c392cb86e12.jpg>

Six manipulateurs actionnent des mécanismes pneumatiques afin de bouger la bouche, le nez, les yeux et les arcades sourcilières du visage géant. Ainsi l'équipe réussit à faire de Kong un véritable « homme-singe » capable de marcher debout et doté d'une certaine intelligence¹.

Marqué par la sortie de *King Kong*, le jeune Ray Harryhausen se met à réaliser des court-métrages d'animation en stop-motion. Si son père s'occupe de l'armature de ses figurines et sa mère prépare les vêtements, Ray est seul à animer les figurines et à prendre les photos, une par une. Il devient un expert. Repéré par Willis O'Brien, il intègre son équipe pour le tournage de *Mighty Joe Young*, tourné en 1949².



Document 19 : Ray Harryhausen - Tournage de *Mighty Joe Young*.

Source : <http://stopmotionmagazine.net/wp-content/uploads/2016/06/CMA.117-RH-animating-MJY.jpg>

Progressivement, Ray développe ses propres techniques comme la dynamation (ou « dynarama »). Alors qu'O'Brien intégrait des prises de vues réelles au sein de décors miniatures, Ray insère les miniatures dans les plans où apparaissent les comédiens.

¹ Bande annonce de 1933 : <https://www.youtube.com/watch?v=8hIIUSHNf3I>

² <https://www.youtube.com/watch?v=ysKRS4aVY-8>

Il rétro-projette image par image les prises de vues réelles sur un écran devant lequel se trouve une vitre. Le relief du sol, précédemment filmé, est peint en noir et sert de cache. Ray place la marionnette entre l'écran et la vitre, enregistre une image, avance le film projeté d'une image, modifie la position de la miniature, et recommence. Ray réalise les effets spéciaux d'une quinzaine de longs métrages : *Le Septième Voyage de Sinbad*, *Les Voyages de Gulliver*, *Le Choc des Titans*... Son chef d'œuvre consiste dans l'animation de squelettes dans *Jason et les Argonautes*¹.

Malgré les innovations et les progrès techniques, notamment numériques, les œuvres de Ray Harryhausen continuent d'inspirer les plus grands réalisateurs contemporains tels Steven Spielberg, Guillermo Del Toro, Peter Jackson ou encore Tim Burton qui ont découvert ses films quand ils étaient jeunes et lui ont rendu hommage à leur façon dans leur filmographie respective. Alors que Tim Burton a arrêté de mélanger les prises en stop-motion et les prises de vues réelles depuis *Mars Attacks !*, d'autres réalisateurs continuent ce mélange tels que Michel Gondry en France ou encore Wes Anderson aux États-Unis.

En 1965, Stanley Kubrick réalise *2001 l'Odyssée de l'espace* et innove magistralement². Passionné de recherche spatiale et de cybernétique, défenseur de la justesse scientifique, Kubrick veut rompre avec les effets spéciaux des films de science-fiction précédents qu'il juge grotesques. Pour feindre l'apesanteur, Kubrick utilise un tambour cylindrique de douze mètres de diamètre posé sur la tranche. Les acteurs se déplacent en faisant tourner le carrousel tandis que le décor défile devant eux. La caméra posée sur un chariot suit à quelques mètres les mouvements des acteurs. Le docteur David Bowman semble paisiblement déguster son petit déjeuner. Or l'acteur a la tête en bas et son plateau est collé à la table.

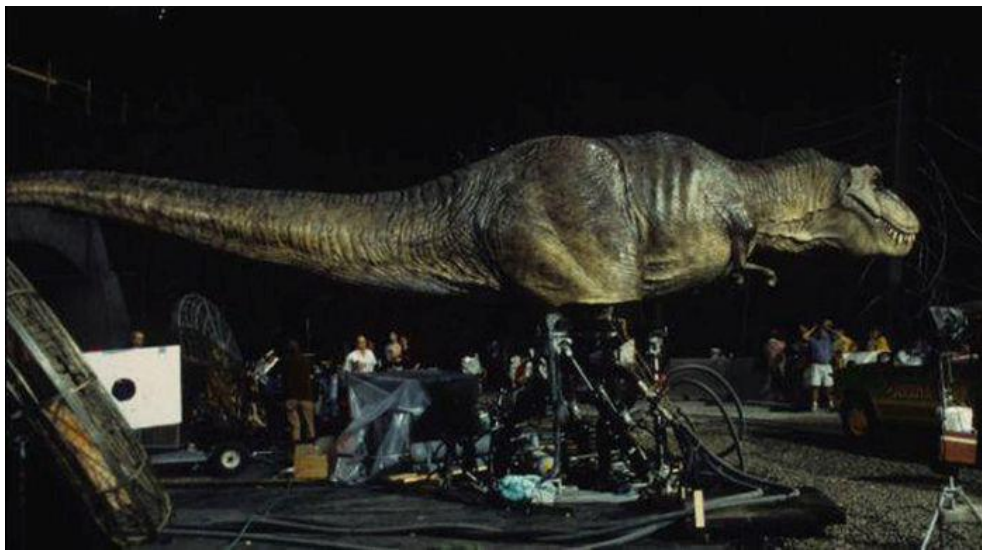
En 1980, Irvin Kershner réalise *L'Empire contre-attaque*. Une des difficultés consiste à animer le Tauntaun, monstre extraterrestre que chevauche Luke Skywalker sur la planète Hoth. Le spécialiste de la stop-motion Phil Tippett constate qu'il est impossible d'obtenir des mouvements réguliers en stop-motion. Dennis Muren propose une innovation : la marionnette est fixée sur un rail de travelling contrôlé par ordinateur tandis que l'obturateur de la caméra reste ouvert. La technique est rebaptisée go-motion. Cette technique, très coûteuse, est

¹ Extrait : <https://www.youtube.com/watch?v=JlFjNVTi1c>

² Bande annonce : http://www.allocine.fr/film/fichefilm_gen_cfilm=27442.html

remplacée par l'utilisation d'images de synthèse à partir de 1993. La saga ne va cesser d'innover¹.

En 1993, Steven Spielberg réalise *Jurassic Park*. S'il renoue avec les techniques classiques du mouvement, il veut créer des animaux préhistoriques crédibles et souhaite utiliser le plus possible d'effets organiques. Il demande à son équipe de créer notamment un T-Rex grandeur nature, animé par des vérins hydrauliques, afin de le filmer en plans moyens et serrés. Le problème est qu'un tel robot ne peut se déplacer sur ses pattes. Le dinosaure est planté sur un simulateur de vol ancré au sol par des plots de béton s'enfonçant à 1,50 m dans un puits situé sous le plateau :



Document 20 : Animatronique du T-rex de *Jurassic Park* (Steven Spielberg, 1993)

Source : <https://vignette.wikia.nocookie.net/jurassicpark/images/5/55/JP1FullRex.png/revision/latest?cb=20140419061833>

Le dinosaure est filmé en go-motion. Il bouge légèrement pendant que l'obturateur de la caméra est ouvert, créant ainsi un flou réaliste, image après image, qui supprime l'aspect habituellement saccadé de l'animation. Les tiges sont ensuite effacées numériquement. Mais *Jurassic Park* innove aussi en recréant numériquement le mouvement de certains dinosaures².

¹ http://www.lepoint.fr/pop-culture/cinema/star-wars-dans-les-couloises-de-40-ans-d-effets-revolutionnaires-19-12-2016-2091529_2923.php

² <http://www.jurassic-park.fr/page-82-les-effets-speciaux-de-jurassic-park.html>

3) Depuis les années 1980 : le temps des effets spéciaux numériques

À partir des années 1980, les effets spéciaux sont réalisés par ordinateurs. Les ordinateurs permettent d'envisager de nouvelles productions. Les premiers effets spéciaux numériques ne sont pas vraiment réalistes mais permettent des animations ou des décors beaucoup plus complexes que les effets spéciaux mécaniques grâce aux images calculées et aux images de synthèse.

En 1982, Steven Lisberger réalise *Tron*, le premier film à mélanger images filmées et images de synthèse. Flynn, un concepteur de jeux vidéo, infiltre un ordinateur doté d'une intelligence artificielle sur développée qui le rend avide de pouvoir. Téléporté dans un jeu vidéo, il bénéficie de l'aide de Tron, un programme indépendant, qui l'aide à s'évader¹. L'usage du numérique est une telle innovation que le film est écarté des Oscars pour « tricherie ».

L'évolution est très rapide. En 1988, Ron Howard réalise *Willow*, film fantastique dans lequel il utilise le morphing. Une sorcière se transforme en tortue, en tigre, en autruche et enfin en femme sans coupure apparente. En 1989, le film *Abyss*, réalisé par James Cameron, présente la première créature 3D non mécanique. En 1991, *Terminator 2* est le premier film dont les effets visuels sont composés numériquement.

Certains films sont réalisés entièrement en images numériques : *Avatar* de James Cameron ou *Tron : Legacy* de Joseph Kosinski. Insatisfait des moyens techniques à sa disposition, James Cameron a longtemps reporté la réalisation d'*Avatar*. En 2009, il innove en utilisant des caméras stéréoscopiques et en tournant en 3D². Pour réaliser *Avatar*, le studio Weta Digital a utilisé un centre de traitement de données d'environ 1 000 m², utilisant 4 000 serveurs Hewlett-Packard représentant 35 000 processeurs.

Les effets spéciaux numériques prennent d'autant d'ampleur que les caméras filment en numérique. Cependant, certains réalisateurs refusent l'usage exclusif du numérique : Christopher Nolan, Quentin Tarantino ou J. J. Abrams...

¹ Bande annonce : http://www.allocine.fr/film/fichefilm_gen_cfilm=3996.html

² <http://www.20minutes.fr/cinema/342715-20090824-avatar-james-cameron-revolutionne-3d>

III - Les effets spéciaux sont des éléments essentiels à la narration

1) Les effets spéciaux créent des décors

Les effets spéciaux permettent de créer des décors. Ils permettent notamment de reproduire l'espace. Les films *La Guerre des étoiles*, *2001 l'Odyssée de l'espace*, *Interstellar* ou *Gravity*, qui obtient sept Oscars, sont classés parmi les meilleurs films à effets spéciaux. Les décors sont créés à partir de fractales qui rendent les images à la fois plus réalistes et plus détaillées. En effet, les fractales sont des objets géométriques ont tous la même forme. Assemblés, les détails forment une figure qui leur est identique. Les effets spéciaux permettent autant de reproduire une planète, l'immensité de l'espace que de donner l'impression d'une modification de « l'espace-temps ».

Les effets spéciaux permettent de créer ou de modifier des paysages urbains. Dès 1927, Erich Kettelhut conçoit, à l'aide de maquettes, une ville du futur, inspirée de New York, pour le *Metropolis* de Fritz Lang. Pour la série *Batman* de Christopher Nolan, l'équipe technique a créé la ville de Gotham presque exclusivement à partir de vues de Chicago prolongées en 3D par des architectures virtuelles :



Document 21 : Batman contemplant Gotham dans *Batman begins* (Christopher Nolan, 2005).

Source : <https://screenmusings.org/movie/dvd/Batman-Begins/pages/Batman-Begins-0559.htm>

Pour le film *Je suis une légende*, l'équipe des effets spéciaux a filmé les rues de New York puis a effacé une à une toute trace d'activité humaine : passants, feu de signalisation, tubes néon dans les bureaux...¹

Les effets spéciaux permettent de créer des atmosphères et des décors « naturels » : brume, pluie, chute de neige... En 1982, E.T. l'extra-terrestre apparaît à Eliott en sortant de la brume :



Document 22 : E.T. rencontrant Eliott dans *E.T. L'extraterrestre* (Steven Spielberg, 1982).

Source : <https://www.cryotechfrance.com/brume-cinema-carboglace/>

2) Les effets spéciaux créent des personnages

Les effets spéciaux permettent de créer des personnages. Ils permettent d'abord de créer des foules. Les premiers effets spéciaux consistent à découper, sculpter ou peindre des figurants. Le logiciel informatique permet de dupliquer et de placer un groupe statique. Dans le film *Astérix aux Jeux Olympiques* de Thomas Langmann et Frédéric Forestier, sorti en 2008, l'acteur Benoit Poelvoorde est le seul acteur faisant face aux nombreuses légions romaines numériques.

Le logiciel permet aussi de créer ou de modifier des individus. L'exemple du film *Rogue One*, sorti en 2016, est intéressant. Il reprend le personnage du Grand Moff Tarkin, déjà présent dans la saga *Star Wars*. Cette reprise du personnage n'est pas étonnante : Tarkin joue un rôle important dans *La Guerre des étoiles* dans lequel il incarne le commandant de l'Étoile Noire. Le problème est que l'acteur Peter Cushing, décédé en 1994, n'a pas pu endosser à nouveau son personnage. L'équipe technique a recréé le personnage en images de synthèse et en 3D.

¹ <http://www.affaires-speciales.info/article?id=143>

Pour cela, elle a utilisé un moule du visage de Peter Cushing qu'elle a photographié sous tous les angles puis a reconstitué numériquement ses mouvements à partir des photos retouchées¹ :



Document 23 : Succession d'images de synthèse de Peter Cushing pour *Rogue One* (Gareth Edwards, 2016).

Source : <https://www.starwars-universe.com/images/actualites/roguene/tarkin2.jpg>

En pleine action, il est difficile de distinguer l'acteur de la création numérique :



Document 24 : Comparaison de l'acteur Peter Cushing et de sa modélisation 1977/2016

Source : <http://www.abc.net.au/news/image/8194804-3x2-940x627.jpg>

Les effets spéciaux permettent de créer des personnages à la capacité de se changer instantanément. L'exemple de la mutante Mystique de la série *X-Men* illustre ce cas. Le

¹ http://www.lepoint.fr/pop-culture/cinema/comment-star-wars-rogue-one-a-ressuscite-le-grand-moff-tarkin-05-01-2017-2094835_2923.php

personnage a le pouvoir de prendre l'apparence de n'importe qui¹. Lors du tournage de *Day of the future past*, l'équipe a dû filmer Jennifer Lawrence trois fois pour chaque scène : une fois en costume, une fois en motion capture et une dernière sous l'apparence finale de Mystique. Endosser le costume de Mystique pour ce film nécessitait d'enfiler une combinaison spéciale et 3 heures de maquillage par jour². Les effets spéciaux permettent également de créer des personnages qui vieillissent ou rajeunissent : le personnage de Benjamin Button naît vieillard et rajeunit grâce à une nouvelle caméra numérique capable de restituer parfaitement l'image virtuelle d'un visage, celui de Brad Pitt, posé ensuite sur des corps de différents âges³ :



Document 25 : Benjamin Button aux différentes étapes de sa vie dans *L'Étrange histoire de Benjamin Button* (David Fincher, 2008)

Montage. Source : https://i.skyrock.net/8189/75538189/pics/2946087529_1_33.png

Les effets spéciaux permettent de créer des extra-terrestres. L'utilisation du numérique permet de créer des personnages inspirés de personnages réels, vivants ou morts. Les traits de l'amiral Raddus, personnage de *Rogue One*, sont inspirés de ceux de Winston Churchill⁴.



Document 26 : Winston Churchill (à gauche)/amiral Raddus. Source : <https://img.planete-starwars.com/upload/global/61323-collage.jpg>

¹ Vidéo montage montrant les transformations instantanées de Mystique : <https://www.youtube.com/watch?v=PPIEaX98C2c>

² <https://www.melty.fr/x-men-days-of-future-past-jennifer-lawrence-8-heures-pour-devenir-mystique-a288643.html>

³ http://www.lemonde.fr/culture/article/2009/01/31/les-avatars-numeriques-de-brad-pitt-a-travers-les-ages_1149069_3246.html

⁴ <https://www.planete-starwars.com/services/forums/les-actualites-rogue-one-l-amiral-raddus-inspire-d-un-personnage-celebre-ftmain35693-0.html>

Les effets spéciaux permettent de créer des animaux disparus tels les dinosaures de *Jurassic Park* ou monstrueux, tels King Kong, Godzilla ou le requin géant des *Dents de la mer*. Certains animaux sont des maquettes, d'autres sont créés par images de synthèse. *Jumanji*, réalisé en 1995 par Joe Johnston, est le premier film à présenter des mammifères virtuels : singes, éléphants, rhinocéros...¹ Dans le film *La planète des singes, la suprématie*, sorti en 2017, les acteurs portent des costumes en capture de mouvement (voir annexe 2). La fourrure numérique du personnage de César compte plus d'un million de poils².



Document 27 : Andy Serkis dans *La Planète des singes : Suprématie* (Matt Reeves, 2017)

Source : http://www.lepoint.fr/images/2014/07/18/11894361p-1189438-article-jpg_3379079_980x426.jpg

Grâce aux effets spéciaux, certains animaux deviennent fantastiques :



Document 28 : Norbert Dragonneau et l'Oiseau-tonnerre. *Les animaux fantastiques* (2016).

Source : <https://www.ecranlarge.com/uploads/image/000/970/les-animaux-fantastiques-photo-970489.jpg>

¹ Bande annonce : http://www.allocine.fr/video/player_gen_cmedia=19575774&cfilm=13970.html

² <http://www.lefigaro.fr/cinema/2017/07/11/03002-20170711ARTFIG00107--la-planetes-de-singes-la-suprematie-des-effets-speciaux.php>

Les progrès des logiciels permettent de faire évoluer les personnages vers des représentations de plus en plus réalistes lorsque ceux-ci apparaissent dans une saga. Maître Yoda a beaucoup changé depuis 1977. Il est d'abord une marionnette animée par l'acteur Frank Oz dans la première trilogie avant de devenir un personnage animé numériquement :



Document 29 : Marionnette animée de Maître Yoda dans *L'Empire contre-attaque* (Irvin Kershner, 1980)

Source : http://www.francesoir.fr/sites/francesoir/files/star-wars-yoda-films-francesoir_field_image_diaporama.jpg



Document 30 : Maître Yoda entièrement en images de synthèse dans *L'Attaque des clones* (George Lucas, 2002)

Source : <https://i.pinimg.com/originals/4f/c7/b9/4fc7b95580a5cebc6d789d3b875da018.jpg>

Dans la saga *Star Wars*, les équipes des effets spéciaux n'ont pas hésité à effacer sur la pellicule certains personnages des films antérieurs et à les recréer afin de leur faire bénéficier des progrès du numérique. C'est le cas de Yoda mais aussi de Jabba le Hutt, un alien conçu comme une grosse limace, ainsi recréé d'abord en 1997 puis en 2004. Le rôle initial était joué par l'acteur Declan Mulholland :



Document 31 : Jabba le Hutt et ses transformations au fil du temps. Montage de source inconnue.

Opposés à ces changements, certains fans n'hésitent pas à recréer les films originaux par leurs propres moyens.

Les effets spéciaux numérisés posent ouvertement le problème de la nécessité d'une présence réelle d'acteurs pour participer à un film. S'il utilise des images animées et non de synthèse, le film *Le Congrès*, réalisé en 2013, illustre ce problème en mettant en scène un futur possible. L'actrice Robin Wright y joue son propre rôle. Alors que sa carrière semble s'être achevée et qu'elle a besoin d'argent pour soigner son fils atteint d'une maladie dégénérative probablement incurable, l'actrice se voit proposer par la Miramont d'être scannée. La Miramont pourrait ainsi librement exploiter son alias...¹ *Final Fantasy*, réalisé en 2001, est un film d'animation 3D qui présente les premiers humains photoréalistes dans un film entièrement numérique :



Document 32 : Image du film *Final fantasy*, 2001.

¹ Bande annonce : http://www.allocine.fr/video/player_gen_cmedia=19511960&cfilm=141806.html

Le problème de la nécessité de la présence d'acteurs se pose d'autant plus que les effets spéciaux ne sont pas toujours efficaces. Le problème s'est posé lors du tournage de *Rogue One*, sorti en 2016. L'équipe a jugé impossible de rappeler l'actrice Carrie Fisher pour incarner la princesse Leia. Devenue trop âgée, il n'était pas possible de lui faire tourner les scènes même en stop-motion. Aussi a-t-elle été remplacée par l'actrice Ingvild Deila sur le visage de laquelle une image de synthèse est surajoutée :



Document 33 : L'actrice Ingvild Deila et Leia Skywalker modélisée dans *Rogue One* (Gareth Edwards, 2016)

Source : https://cdn1.thr.com/sites/default/files/2017/03/ingvild_deila_and_rogue_one_-leia-split-h_2017.jpg

3) Les effets spéciaux créent des actions

Les effets spéciaux permettent de simuler des catastrophes naturelles : tsunamis, tempêtes, neige... En 2015, Brad Peyton réalise le film *San Andreas* dans lequel la faille s'ouvre et provoque un séisme de magnitude 9 sur l'échelle de Richter¹. Les images du tournage révèlent l'importance prise par l'incrustation d'images numériques pour rendre crédibles les scènes de catastrophe². Le film *2012* de Roland Emmerich, sorti en 2009, illustre parfaitement l'exemple du film catastrophe nécessitant de nombreux effets spéciaux. Le scénario met en scène une fin du monde. Il faut représenter les mouvements de l'écorce terrestre, les eaux du Pacifique qui engloutissent Los Angeles, les torrents de lave qui se déversent sur Hawaï, les tsunamis géants qui submergent Washington...³

Les effets spéciaux permettent de simuler des attaques et des explosions. Créer ces explosions par effets spéciaux permet de les rendre plus spectaculaires et de limiter les risques de

¹ Bande annonce : http://www.allocine.fr/video/player_gen_cmedia=19553200&cfilm=200433.html

² <https://www.lenouvelliste.ch/articles/lifestyle/cinemas/cinema-de-l-importance-des-effets-speciaux-dans-les-films-catastrophes-382903>

³ Bande annonce : http://www.allocine.fr/video/player_gen_cmedia=18898875&cfilm=134539.html

blesures encourus par les acteurs et l'équipe de tournage. Les réalisateurs des films de guerre les utilisent pour reconstituer les combats de manière réaliste : *Stalingrad*¹...

Les effets spéciaux permettent de simuler des destructions urbaines. Depuis les attaques du 11 septembre 2001, de nombreux films américains mettent en scène des destructions urbaines : *Independance day*, *Cloverfield*, *Pacific Rim*... Celles-ci peuvent être causées par des monstres, des attaques extra-terrestres... Les effets spéciaux permettent de mettre en scène des destructions de grande ampleur impossible à reproduire en studio ou à un coût financier beaucoup trop important.

4) Les effets spéciaux suscitent des émotions

Les effets spéciaux sont conçus pour produire de l'effet sur le spectateur. Les bandes annonces promettent des images spectaculaires, à « couper le souffle ». Les effets spéciaux entrent en scène lorsque le spectateur s'y attend le moins. Le philosophe Gaston Bachelard s'est attaché à montrer que l'image n'a pas seulement un aspect formel mais aussi des aspects sensoriels et dynamiques. Toute image déclenche des représentations et des émotions. Le spectateur lit les effets spéciaux dans le cadre général de l'histoire et y identifie une intention de la part de l'auteur². À travers l'histoire, les effets spéciaux suscitent des émotions, plaisantes ou déplaisantes : rejet, surprise, perplexité, peur...

Les effets spéciaux peuvent susciter l'admiration. La technique du « bullet time » permet de décomposer les mouvements des acteurs et ainsi de mettre en valeur certains combats, comme dans *Matrix*. Le spectateur ne peut être qu'ébahi devant l'habileté de Neo combattant l'agent Smith³.

Les effets spéciaux peuvent susciter l'émerveillement. Les effets spéciaux du film *Avatar* permettent de créer des paysages merveilleux inspirés de ceux du Parc national de Zhangjiajie, situé à 1200 km à l'Ouest de Pékin⁴ :

¹ Making off : <https://www.spi0n.com/les-effets-speciaux-du-film-stalingrad/>

² A. PIGNOCCHI, *Pourquoi aime-t-on un film ? Quand les sciences cognitives discutent des goûts et des couleurs*, Paris, Odile Jacob, 2015.

³ Extrait : <https://www.youtube.com/watch?v=e2H8o2diPIA>

⁴ <http://www.lefigaro.fr/voyages/2014/07/25/30003-20140725ARTFIG00279-la-foret-chinoise-qui-a-inspire-james-cameron-pour-avatar.php>



Document 34 : Paysage de la planète Pandora dans *Avatar* (James Cameron, 2009).

Source : https://lightsinfilm.files.wordpress.com/2011/05/avatar-clone_articlephoto.jpg

Les effets spéciaux peuvent susciter la peur. L'exemple des *Dents de la mer* de Steven Spielberg est intéressant. La maquette de requin qui devait être utilisée avait des problèmes de fonctionnement qui ont amené Steven Spielberg à modifier son scénario. La scène d'introduction, particulièrement mordante, laisse le spectateur agrippé à son fauteuil¹.



Document 35 : Scène d'introduction des *Dents de la mer* (Steven Spielberg, 1975)

Source : http://www.vodkaster.com/image-provider/article/1/2/7/5/1275585_inline1_scale_700xauto.jpg

Une jeune femme qui prend un bain de minuit est violemment basculée de droite à gauche avant de disparaître dans les profondeurs de l'eau. Le spectateur n'a aperçu ni aileron ni quenotte. La peur est paradoxalement causée par l'absence visuelle du requin uniquement

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=ohmGBocG9ok>

choix de cette scène¹. Beaucoup ne sont pas convaincus. Le film est jugé comme le pire de la saga et certains fans à la firme Disney réclament son retrait².

Des recherches en neurosciences ont permis de mieux comprendre comment les images, la musique, le jeu des acteurs modifient les émotions du spectateur. Des chercheurs du MIT ont mis au point une intelligence artificielle dont le but est de parfaire le travail des scénaristes en apportant des renseignements qui favoriseront les réponses émotionnelles³.

IV - Les effets spéciaux posent le problème du rapport au réel

1) Les effets spéciaux doivent s'inscrire dans le réel

Les effets spéciaux doivent se fondre dans le réel présenté par le film. Signe qu'ils s'inscrivent dans le réel, les effets spéciaux commencent à intéresser les réalisateurs qui jusqu'à présent refusaient de les utiliser : les réalisateurs de films d'auteur⁴. Ceux-ci voient dans les effets numériques la possibilité technique d'exprimer la réalité des êtres et des choses avec justesse.

Les effets spéciaux permettent de reconstituer le réel. La comparaison entre les scènes du débarquement du *Jour le plus long*, réalisé en 1962, et du film *Il faut sauver le soldat Ryan*, réalisé en 1998, le montre. Le premier film met en scène la puissance des États-Unis dans un contexte de Guerre froide. Le débarquement montre des soldats valeureux, parfois méprisant le danger, dans des scènes où la violence est réduite à son expression minimum⁵. Au contraire, le second film montre des scènes très réalistes : les membres des soldats débarquant sont déchiquetés⁶. Cette comparaison montre que les effets spéciaux sont utilisés par le réalisateur dans une intention précise. Il est certain que les techniques des effets spéciaux ont progressé depuis la réalisation du *Jour le plus long* mais l'intention de Steven Spielberg est de

¹ <http://www.commeaucinema.com/vu-sur-le-net/star-wars-les-derniers-jedi-le-realisateur-explique-la-scene-de-leia,362826>

² https://www.lexpress.fr/culture/cinema/star-wars-decus-des-fans-exigent-le-retrait-de-l-episode-8-dans-une-petition_1970365.html

³ http://lesclesdedemain.lemonde.fr/technologie/l-intelligence-artificielle-utilisee-pour-susciter-les-larmes-devant-un-film_a-88-6461.html

⁴ <http://www.telerama.fr/cinema/les-effets-numeriques-deviennent-invisibles-pour-faire-plus-vrais,95141.php>

⁵ Extrait : https://www.youtube.com/watch?v=gOsZh613w_0

⁶ Extrait : <https://www.youtube.com/watch?v=82RTzi5Vt7w>

mettre en scène la violence des combats. Les effets spéciaux permettent d'autant mieux de la montrer qu'ils s'accompagnent de sons d'impacts de balles très travaillés.

Les effets spéciaux impressionnent d'autant plus qu'ils sont crédibles. L'été suivant la sortie en salle des *Dents de la mer*, les baigneurs américains ont déserté les plages. Signe de l'influence de la saga, les fans de *Star Wars* ont dessiné une carte de la galaxie en y intégrant les systèmes et les planètes évoqués.

2) Les effets spéciaux peuvent transformer le rapport au réel

Mais s'ils s'insèrent dans le réel, ils transforment aussi le rapport au réel. Les critiques de certaines scènes de *Wonder Woman* sont intéressantes. L'héroïne découvre la zone des combats durant la Première Guerre mondiale. Touchée par la situation de villageois affamés et chassés de chez eux, elle décide de prendre d'assaut la tranchée allemande afin d'en chasser ses occupants. Les puristes relèvent que la scène est sensée se passer en 1918 et qu'il est impossible que des civils se trouvent encore à proximité du front. L'exactitude historique les tracasse. Pourtant aucun des critiques ne semble trouver incroyable l'existence d'une super héroïne, mi-amazone mi-déesse, prenant d'assaut une tranchée et renvoyant les balles de mitrailleuse à l'aide de ses bracelets avant de soulever un char et de détruire un clocher par sa seule énergie...

En 2006, Shaun Levy réalise *La Nuit au musée*. Le Muséum d'Histoire Naturelle renferme dans ses murs un secret mystérieux et stupéfiant que Larry, nouveau gardien de sécurité, découvre découvrir avec affolement. La nuit, toutes les expositions prennent vie : la momie tente de sortir de son sarcophage, le squelette du redoutable tyrannosaure rôde dans les couloirs, les soldats romains et les cow-boys miniatures se font une guerre acharnée, Attila et ses Huns pillent le musée...¹ Le chaos est total ! Le scénario est impossible mais le spectateur adhère à l'histoire et y prend plaisir.

¹ http://www.allocine.fr/video/player_gen_cmedia=18700496&cfilm=109640.html



Document 37 : Affiche du film *La Nuit au Musée : le Secret des Pharaons* (Shawn Levy, 2014).

Source : http://www.allocine.fr/film/fichefilm_gen_cfilm=218483.html

Certains profitent des effets spéciaux pour réaliser des scénarios insensés. En 2013, le film *Sharknado* met en scène des requins géants qui, emportés par un ouragan, s'abattent sur la ville de Los Angeles¹. Si le requin tue, le ridicule n'épargne pas le réalisateur Anthony C. Ferrante... Le film a pourtant des suites. Si l'équipe en charge des effets spéciaux d'un film à gros budget compte 150 à 200 personnes, celle qui sévit sur le tournage de *Sharknado 3* en compte moins d'une dizaine. Le scénariste parvient à faire voler ses requins en orbite et à les faire attaquer la navette spatiale...



Document 38 : Scène du film *Sharknado 3* (Anthony C. Ferrante, 2015).

Source : https://www.leblogducinema.com/wp-content/uploads/2016/01/High-Def_Digest_Blu-ray_Sharknado_3_Oh_Hell_No_5.jpg

¹ Bande annonce : http://www.allocine.fr/video/player_gen_cmedia=19541577&cfilm=222634.html

Cependant, certains films aux effets spéciaux kitsch ou dépassés peuvent avoir un grand succès lorsque ceux-ci sont intelligemment utilisés et assumés. Ainsi le film *Mars attacks !*, sorti en 1996, apparaît comme une parodie très réussie des films de science-fiction des années 1950 en utilisant tous les stéréotypes du genre, soucoupes volantes métallisées provenant de Mars et envahisseurs de couleur verte au crâne surdimensionné, dans une mise en scène improbable...¹



Document 39 : Arrivée des martiens sur la Terre dans *Mars Attacks!* (Tim Burton, 1996).

Source : <http://www.ed-wood.net/Tim%20Burton/MarsAttacks/mars3.jpg>

La 3Dimension permet davantage un rapport intime avec le spectateur et la création. Lorsque l'effet est réussi, l'immersion est alors totale.

3) Les effets spéciaux peuvent corriger le réel

En 1996, Robert Zemeckis réalise *Forrest Gump*, un chef d'œuvre d'effets spéciaux imperceptibles. La retouche numérique permet de modifier les images d'archives. Les techniques de *compositing* et de *morphing* semblent permettre à l'acteur Tom Hanks d'être à proximité de nombreuses célébrités et de serrer la main du Président J. F. Kennedy :

¹ Bande annonce : http://www.allocine.fr/video/player_gen_cmedia=19418834&cfilm=14784.html



Document 40 : Forrest Gump (Tom Hanks) et John F. Kennedy dans *Forrest Gump* (Robert Zemeckis, 1996).

Source : <http://films.blog.lemonde.fr/files/2015/07/forrest-gump-large2.jpg>

Certains effets spéciaux peuvent être inattendus. Il s'est avéré que l'actrice Gal Gadot était enceinte à la fin du tournage de *Wonder Woman*¹. Lors des prises de vues additionnelles, elle s'est présentée avec le ventre arrondi d'une femme enceinte de cinq mois qu'il était impossible de cacher à l'écran. L'équipe technique a découpé une ouverture dans l'armure et l'a recouverte de tissu vert afin de reconstituer en 3D le ventre plat et l'armure originelle.



Document 41 : Wonder Woman (Gal Gadot) dans les tranchées dans *Wonder Woman* (Patty Jenkins, 2017).

Source : https://cdn1.thr.com/sites/default/files/2017/06/wonder_woman_still_5.jpg

L'actrice Scarlett Johansson, choisie pour incarner la femme cyborg Motoko Kusanagi dans *Ghost in the Shell*, adaptation cinématographique d'un manga très connu, aurait été jugée trop occidentale. Sous la pression des spectateurs asiatiques, la maison de production aurait

¹ <http://www.premiere.fr/People/News-People/Gal-Gadot-etait-enceinte-de-cinq-mois-pour-les-reshoots-de-Wonder-Woman>

effectué des tests de transformation numérique des traits de son visage afin de la rendre plus « japonisante », avant de renoncer¹.



Document 42 : Motoka Kusanagi sous les traits de Scarlett Johansson dans *Ghost in the Shell* (Rupert Sanders, 2017) et le manga éponyme.

Montage. Source : <http://www.konbini.com/fr/files/2017/03/scarlett-johanson-ghost-in-the-shell.jpg>

L'exemple de la saga *Star Wars* dont la trilogie initiale a plusieurs fois été retouchée illustratif². Non seulement Georges Lucas a corrigé certains personnages de la saga mais il a aussi modifié le scénario de *La Guerre des étoiles* de 1977 à l'aide des nouvelles possibilités techniques. La transformation plus controversée porte sur la scène dans le bar « La Cantina » durant laquelle Han Solo abat sans sourciller l'alien Greedo venu lui demander des comptes³. Ce geste n'étant plus acceptable de la part d'un héros devenu très populaire dans un film destiné à tous les publics, l'équipe modifie la scène dès 1997 : Greedo tire le premier et Han Solo se retrouve dans une situation de légitime défense⁴. S'ils évoluent avec les progrès techniques, les effets spéciaux évoluent aussi avec les attentes des spectateurs.

¹ https://www.lexpress.fr/culture/cinema/ghost-in-the-shell-scarlett-johansson-plus-asiatique-grace-aux-effets-speciaux_1783955.html

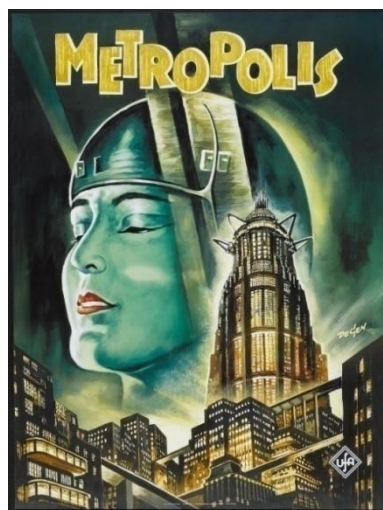
² <http://www.lefigaro.fr/cinema/2015/07/30/03002-20150730ARTFIG00016--star-wars-comment-la-trilogie-a-ete-modifiee-au-fil-des-ans.php>

³ Scène d'origine et scène de 2004 en parallèle : <https://www.youtube.com/watch?v=fKxOEUhRMt0>

⁴ <https://www.telestar.fr/culture/star-wars-un-nouvel-espoir-pourquoi-les-kids-d-aujourd-hui-ne-verront-jamais-le-film-comme-ceux-de-1977-322537>

4) Les effets spéciaux peuvent anticiper le réel

Progressivement, les effets spéciaux, surtout numériques, sont devenus des compositions savantes et des objets autonomes. S'ils simulent la réalité, ils peuvent aussi la contredire en créant des mondes n'existant pas voire impossibles à envisager rationnellement. Ils permettent notamment de développer les représentations d'environnements non humains. Certains opposent alors le virtuel et le réel. Or le philosophe Gilles Deleuze souligne qu'il est plus judicieux d'opposer le virtuel à l'actuel. Il accorde au virtuel d'avoir « *une pleine réalité* » en tant que virtuel et d'avoir « *la réalité d'une tâche à remplir* »¹. Le psychanalyste Serge Tisseron rappelle que le virtuel numérique correspond à une mise en scène technique du virtuel psychique². Les effets spéciaux offrent la possibilité d'assouvir un désir de toute puissance et de créer un univers qui est une représentation de l'idéal humain. L'imaginaire et donc la création semblent sans limite. L'approche projective permet d'étudier tous les futurs possibles. Il est possible de créer un monde qui relève du psychélique ou du merveilleux. Jacoby Satterwhite, expert en création numérique, s'inspire des expériences psychotiques de sa mère atteinte de schizophrénie. Néanmoins, l'anticipation doit respecter des règles esthétiques et techniques pour rester possibles et donc crédibles. Si elle les respecte, qu'elle présente une utopie ou une dystopie, elle peut être une véritable anticipation du réel. L'exemple le plus abouti concerne les descriptions des villes³. La ville de Metropolis n'est-elle pas une ville conforme à nos standards urbains contemporains ?



Doc 43 : Affiche du film *Metropolis* de Fritz Lang (1927).

¹ G. DELEUZE, C. PARNET, « L'actuel et le virtuel », *Dialogues*, Paris, Flammarion, 1996.

² S. TISSERON, *Rêver, fantasmer, virtualiser. Du virtuel psychique au virtuel numérique*, Paris, Dunod, 2012.

³ <http://sciencepost.fr/2017/04/science-fiction-voici-15-films-montrant-villes-futuristes/>

Les critiques adressées à certains films portent sur la surenchère des effets spéciaux numériques voire sur la disparition du scénario. Les critiques viennent parfois des professionnels eux-mêmes. L'acteur Viggo Mortensen, interprète d'Aragorn membre de la Communauté de l'anneau, dénonce les effets spéciaux qui ont gâché la trilogie du *Seigneur des anneaux* et celle du *Hobbit*. Si le premier film associe décors naturels de Nouvelle-Zélande et paysages de synthèse, les décors des deux derniers films sont essentiellement en images numériques. Récemment, James Cameron a condamné l'abus des images de synthèse¹.

Conclusion :

Si les effets spéciaux commencèrent avec le théâtre, le cinéma s'en est emparé. Ils ont évolué avec le temps modifiant ainsi la perception du réel en le modelant, l'anticipant ou en le corrigeant. Il semble que les effets spéciaux soient désormais sans limite notamment grâce à l'usage du numérique. L'intelligence artificielle et la réalité virtuelle sont les nouveaux « chantiers » du cinéma². Oscar Sharp commence à utiliser l'intelligence artificielle pour l'écriture des scénarios... James Cameron travaille actuellement sur la création d'effets spéciaux 3D qui seraient visibles par le spectateur sans lunettes appropriées. Qu'apporteront ces nouvelles techniques ? Il est difficile de le prédire. Il semble en tout cas que l'évolution conduise à fabriquer des films de plus en plus capables de manipuler les émotions du spectateur.

¹ <http://www.lefigaro.fr/cinema/2017/09/14/03002-20170914ARTFIG00216-james-cameron-fait-une-indigestion-d-effets-speciaux.php>

² <http://www.slate.fr/story/122981/intelligence-artificielle-art-cinema>

Bibliographie :

L. DELMAS, *Cinéma. La grande histoire du 7^e art*, Paris, Larousse, 2017.

R. HAMUS-VALLÉE, *Peindre pour le cinéma. Une histoire du matte painting*, Villeneuve d'Ascq, Presses du Septentrion, 2016.

-dir., *Effets spéciaux. Crevez l'écran !*, Paris, La Martinière, 2017.

J. MALTHETE, L. MANNONI, *L'Œuvre de Georges Méliès : Exposition, Cinémathèque de Paris*, Paris, La Martinière, 2008.

J. MORIZOT, *Qu'est-ce qu'une image ?*, Paris, Vrin, 2006.

G. PENSO, *Stop-motion. L'animation image par image dans le cinéma fantastique*, Paris, éd. Dreamland, 2002.

P. PINTEAU, *Effets spéciaux. Deux siècles d'histoire*, Paris, éd. Bragelonne, 2015.

G. SIMON, *Intégrer images réelles et images 3 D : post-production et réalité augmentée*, Paris, Dunod, 2006.

X. VLACHOPOULOU, S. MISSONNIER, *Psychologie des écrans*, Paris, Que sais-je ?, P.U.F., 2015.

Du trucage aux effets spéciaux, collectif, CinémAction n°102.

Sitographie :

Site officiel Georges Méliès : <http://www.melies.eu/bio.html>

Sites informatifs : <http://www.effets-speciaux.info/> ; <http://www.lesartstrompeurs.labex-arts-h2h.fr/fr>

Site de l'Université populaire des images : <http://upopi.ciclic.fr/>

Site sur l'usage des mathématiques dans le cinéma : <http://tangente-mag.com/dossier.php?id=260>

Site sur l'infographie 3D : <https://tpeinfographie3d.wordpress.com/iii-a-combinaison-de-la-3d-avec-dautres-technologies/iii-a-2-captation-de-mouvement/>

Site sur le morphing : <http://images.math.cnrs.fr/Le-Morphing.html>

Site sur les fractales : <http://www.gecif.net/>

Cours sur la déformation des objets :
<http://info.usherbrooke.ca/ogodin/enseignement/imn538/chapitres/imn538-chap05.pdf>

Documentaires/Dvd :

G. PENSO, *Ray Harryhausen : Le Titan des Effets Spéciaux*, Rimini éditions, 2013.

- et A. PONCET, *Le Complexe de Frankenstein*, éditions Carlotta, 2015.

Vidéos/Émissions en ligne :

P. LERAY, « Les métiers de l'ombre du cinéma: réalisateur d'effets spéciaux mécaniques », 30-août-2013 : http://videos.lexpress.fr/culture/cinema/video-les-metiers-de-l-ombre-du-cinema-realisateur-d-effets-speciaux-mecaniques_1277502.html

C. RENON, *C'est pas sorcier : La magie des effets spéciaux*, France 3, 2002 : <https://www.youtube.com/watch?v=xo3nJ6geyIU>

France culture : Les effets spéciaux : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/la-methode-scientifique-mercredi-29-novembre-2017>

France TV éducation : Georges Méliès : <http://education.francetv.fr/matiere/arts-visuels/cm1/dossier/vie-et-oeuvre-de-georges-melies>

Filmographie :

Georges Méliès, *Le premier magicien du cinéma (1896-1913)*, coffret 6 dvd, Lobster Films, 2010.