

Représentation du Génie Civil au cinéma : qu'on forme ou conforme à la réalité ?

Culture Sciences
de l'Ingénieur

Clément ECKER - Sophie CAPDEVIELLE

Édité le
09/03/2020

école —————
normale —————
supérieure —————
paris-saclay —————

Elève de l'ENS Paris-Saclay, Clément Ecker, lors de sa première année en Sciences pour l'Ingénieur (année SAPHIRE) a suivi le parcours « Ingénierie civile ». Dans ce cadre les élèves ont, sur un thème imposé, à réaliser un état de l'art, un mémoire et à présenter une courte leçon. Cette ressource est issue de ce dossier.

Lecteur, essayez de vous rappeler le dernier film que vous avez regardé où l'on voit un ouvrage de génie civil ? Était-ce un pont ? Un barrage ? Une tour ? Ou autre chose ? Si ce film est récent il y a fort à parier que cet ouvrage finisse en ruine ou dans un état similaire !

La représentation du génie civil au cinéma passe souvent par la destruction et cela n'est pas anodin, notamment car cela n'a pas toujours été ainsi. Ce changement de représentation du génie civil sera traité dans l'introduction à travers un bref historique. Maintenant, il est intéressant de se demander si ce qui est montré dans les films est réaliste : est-il possible que l'ouvrage soit détruit dans ces conditions ? Se détruirait-il ainsi ? Probablement non car la réalité est toujours moins spectaculaire que le cinéma !

Le cinéma donne une certaine image d'un concept au public, en étudiant cette représentation il est possible de comprendre certaines peurs du public. En appliquant cela au génie civil il est intéressant de se demander : les peurs vis-à-vis du génie civil montrées au cinéma sont-elles fondées ?

Cette ressource, en plus de donner un petit historique de la représentation du génie civil dans le cinéma américain, est une analyse des éléments de génie civil au sein du film *Le Pont de la rivière Kwai* [1], le but étant de vérifier la vraisemblance de plusieurs éléments du film. Dans le cas d'erreur ou d'in vraisemblance, nous nous attacherons à comprendre ce qui a motivé ces choix de réalisation car, ne l'oublions pas, ce film n'est pas un documentaire et le cinéma n'a en général pas pour but d'être réaliste sur tous les points, c'est bien pour cela qu'on l'aime !



Figure 1 : Affiche version française du film *Le pont de la rivière Kwai*, source [2]

1 – Historique de la représentation du génie civil dans le cinéma américain

1.1 - Le Western : éloge du chemin de fer

Les plus anciennes représentations du génie civil au cinéma sont liées aux chemins de fer et par extension au western. Même si le centre de l'attention est le train et non la voie, *Le Vol du grand rapide* (1903) [3], considéré comme le premier western, montre bien l'intérêt du futur cinéma américain pour les chemins de fer.

Dans ces films, les voies ferrées sont les vecteurs de la civilisation et souvent une victoire de l'homme sur la nature. Le cinéma célèbre certaines réalisations comme dans *Le Cheval de fer* (1924) [4] qui relate « [...] la construction du premier chemin de fer transcontinental [...] » [5] des États-Unis. En plus de reconstituer l'avancée de la ligne de chemin de fer, ce film montre une victoire des occidentaux sur des indiens. En effet, une tribu amérindienne attaque plusieurs fois des responsables de l'avancement de la voie. Les amérindiens de par leur culture sont souvent associés directement à la nature, mais leur traitement a radicalement changé au cours de l'Histoire : ils étaient des ennemis dans les films de western car s'opposant à l'avancée de la technologie et de la civilisation, puis sont devenus des prophètes comme dans *Avatar* (2009) [6] où le peuple des Na'vi est très proche des amérindiens (culturellement autant que dans leur opposition aux américains). En effet, de par leur proximité à la nature, ils sont vecteurs du message général du film.

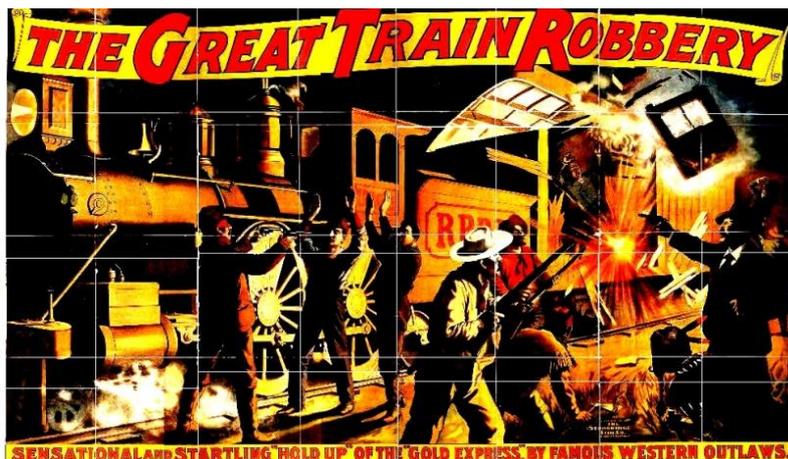


Figure 2 : Publicité pour *Le Vol du grand rapide*, source [7]



Figure 3 : Portrait représentant un Na'vi, *Avatar*, source [8]

1.2 - Le film catastrophe : l'homme contre la nature

Cet aspect du génie civil comme moyen pour l'homme de défier la nature se retrouve dans d'autres films, notamment dans *Le Pont de la rivière Kwai* (1957) [1] qui sera analysé dans la suite de ce document.

Mais le génie civil est aussi souvent présenté à l'inverse comme la faiblesse de l'homme face à la nature. Cela est particulièrement visible dans les films catastrophe, genre se développant à partir des années 1970 et particulièrement présent depuis les années 1990. Le moyen le plus impressionnant et flagrant de montrer la faiblesse de l'homme face à la nature est de détruire ses constructions supposées résister à tout. On voit très bien cela dans *2012* (2009) [9] et *Le Jour d'après* (2004) [10] où des villes entières sont détruites par des moyens divers et variés : séisme, froid, volcanisme, etc.

Cette importance de la destruction des grandes structures n'est pas étonnante. En effet, de par l'histoire des États-Unis il y a peu de bâtiments historiques et détruire la statue de la liberté (dans *Le jour d'après* (2004) [10]) ou le Golden Bridge (dans *X-Men : l'affrontement final* (2006) [11]), c'est détruire l'Amérique.

1.3 - Le film catastrophe : l'homme contre lui-même

Ainsi, le génie civil et le genre du film catastrophe sont très souvent liés et pas uniquement dans le cas du schéma de l'homme défiant la nature. Par exemple, dans *La Tour infernale* (1974) [12] montre un incendie dans une tour (hypothétique à l'époque) de plus de 500 m de haut causé par une négligence dans la conception. Ici les faiblesses du bâtiment et par extension de la technologie sont les défauts humains comme l'avarice.

On voit alors que le cinéma préfère représenter les faiblesses du génie civil ou les erreurs de ses concepteurs. Ce qui est aussi le cas dans *Deepwater* (2016) [13] film quasi-documentaire sur l'explosion d'une plate-forme pétrolière en 2010 dans le golfe du Mexique.

1.4 - Catastrophes nucléaires et URSS

La reconstitution et la documentation d'incidents réels est aussi un thème récurrent dans le cinéma américain, il ne faut donc pas oublier le contexte historique. En effet, la catastrophe nucléaire de Tchernobyl en 1986 a profondément marqué et influencé les films catastrophes. De plus, le nucléaire avait déjà mauvaise presse depuis les bombardements nucléaires des États-Unis au Japon à la fin de la Seconde Guerre Mondiale. Ce qui explique que de nombreux film utilisent cette peur du nucléaire et de la défaillance des centrales comme dans *Le Syndrome chinois* (1979) [14].

La catastrophe de Tchernobyl a surtout donné une image désastreuse au nucléaire, et plus généralement aux constructions soviétiques. Cette image est visible dans *K-19 : Le Piège des profondeurs* (2002) [15] qui montre un autre accident nucléaire, celui d'un sous-marin soviétique. Le cinéma américain a toujours servi de propagande et malgré la fin de la Guerre Froide le cinéma américain (surtout grand public) garde une teinte antisoviétique. L'image des technologies soviétiques défaillantes a persisté longtemps dans le cinéma et le film *Armageddon* (1998) [16] utilise ce cliché pour une scène comique en montrant une station spatiale russe dans un état déplorable et sur le point de s'effondrer : ce film utilise et tourne en ridicule tous les éléments classiques du film catastrophe américain des années 1980 et 90.

2 – Présentation de l'étude de cas : *Le pont de la rivière Kwai*

2.1 - Fiche technique [17]

- Réalisateur : David Lean
- Distribution : William Holden (Shears), Jack Hawkins (major Warden), Alec Guinness (colonel Nicholson), Sesshu Hayakawa (colonel Saïto), James Donald (docteur Clipton), Geoffrey Horne (lieutenant Joyce)
- Scénario : Carl Foreman, Michael Wilson (non crédité), Pierre Boulle, d'après son roman
- Photographie : Jack Hildyard
- Décor : Donald M. Ashton
- Musique : Malcolm Arnold
- Montage : Peter Taylor
- Production : Sam Spiegel (Columbia)

- Pays : Grande-Bretagne
- Date de sortie : 1957
- Son : couleurs
- Durée : 2h41
- Prix : Oscars 1957 : meilleur film, meilleur metteur en scène, meilleur acteur (A. Guinness), meilleur directeur de la photo, meilleur compositeur, meilleur scénario (C. Foreman)

2.2 - Résumé [17]

Capturé par les Japonais, un détachement de prisonniers de guerre anglais est conduit à marche forcée au bord de la rivière Kwaï, en Birmanie, dans un camp commandé par le colonel Saïto. Celui-ci veut contraindre les prisonniers à participer à la construction d'un pont sur la rivière. Le colonel Nicholson, commandant du détachement de prisonniers, refuse d'abord au nom des conventions de Genève. Les prisonniers font alors l'objet de brimades, Nicholson lui-même est enfermé dans un cachot et torturé par la soif. Les deux chefs finissent par conclure un accord. Nicholson acceptera de construire le pont et de prouver ainsi la supériorité de l'armée britannique. Shears, un prisonnier américain, a pu s'échapper et rejoindre le quartier général allié, aidé par des indigènes. Il sert de guide au commando, dirigé par le major Warden, chargé de dynamiter le pont. Shears, Saïto et Nicholson seront tués. Celui-ci, en tombant sur le détonateur, déclenche involontairement l'explosion.

2.3 - Pourquoi ce choix ?

Le film présente de nombreux aspects du génie civil, de la planification du chantier à la destruction de l'ouvrage : organisation du chantier, construction et destruction du pont. Par cette étude de cas il est possible de passer en revue la vision globale d'un projet, ce qui est très rare dans un film. Le plus souvent seul un des aspects de la vie de l'ouvrage est abordé (en général la construction ou la destruction).

De plus, contrairement à ce qui a été fait dans beaucoup d'autres films, le pont a réellement été réalisé pour le tournage : pas d'effets spéciaux numériques ni filmés à partir de maquettes. Ainsi le pont visible dans le film a vraiment été conçu (a priori) uniquement avec les matériaux vus dans le film et selon l'architecture visible. On peut donc à partir des images du film construire un modèle du pont qui n'est pas trop éloigné de la réalité.

Ainsi cette étude de cas a deux buts : le premier d'analyser la représentation des différents aspects du génie civil et le second de vérifier si le pont présenté dans le film est structurellement valide. Pour cela, on construira un modèle RDM sous ROBOT pour vérifier si le pont peut réellement supporter les charges attendues avec les matériaux qui le composent. Puis on s'intéressera à l'explosion dans le film et surtout on s'intéressera aux choix de réalisation de cette séquence.

2.4 - Contexte et vraisemblance historique



Figure 4 : Le pont sur la rivière Kwai, Thaïlande, source [18]

« La ligne Siam-Birmanie, aussi appelée Voie ferrée de la mort, est une ligne de chemin de fer de 415 kilomètres de longueur entre Bangkok et Rangoun, construite par l'Empire du Japon pendant la Seconde Guerre mondiale [...]. C'est sur son tracé que le pont sur la rivière Kwai a été construit à Kanchanaburi, afin de franchir la Kwai Yai. [...] Environ 180 000 civils autochtones et 60 000 prisonniers de guerre alliés ont été forcés de travailler à la construction du chemin de fer. De ce nombre, environ 90 000 civils et 16 000 prisonniers de guerre sont morts lors des travaux. Parmi les prisonniers morts, on compte 6 318 Britanniques, 2 815 Australiens, 2 490 Néerlandais, 356 Américains et un plus petit nombre de Canadiens et de Néo-Zélandais. » [19].

Il existe réellement un pont sur la rivière Kwai, encore en état aujourd'hui, et construit pour la ligne Siam-Birmanie. En revanche ce pont est métallique et non en bois, néanmoins il a existé un pont en bois provisoire à cet emplacement mais qui n'a jamais supporté de ligne de chemin de fer.

La construction d'un pont en porte-à-faux (ou cantilever) en bois par des Britanniques n'est pas aberrante même s'il n'y a pas de trace d'un tel pont construit pendant la Seconde Guerre mondiale. En effet, les Britanniques ont été parmi les derniers à utiliser le bois comme matériaux de construction pour des ponts [20] (utilisé en Inde jusqu'au début du 20^e siècle).

3 – Modélisation du pont sous ROBOT

3.1 - Estimations des dimensions des éléments

À partir de certains plans du film et de distances connues, on peut connaître la taille approximative des éléments composants le pont. Pour cela on utilise le logiciel GIMP où l'on place des points (rouge) dont on souhaite connaître les coordonnées et en bleu les éléments entre lesquels la distance est connue.

Par exemple dans la figure 5, on souhaite connaître la largeur du tablier et la hauteur de la rambarde. Pour cela on sait que l'espacement est normalisé et l'on prend une distance de 1 435 mm (dans l'hypothèse où il s'agit de rails standards). Sous Python, on détecte ces points et l'on multiplie toutes les coordonnées par une échelle établie à partir des points bleus, la figure 6

présente le résultat sous Python. À partir des coordonnées des points, il est facile (par simple soustraction ou calcul de norme) d'obtenir la taille de ces éléments.

Il est important de choisir des plans où ce que l'on voit est relativement peu déformé par l'angle de la caméra et appartient à un plan à distance constante de la caméra.



Figure 5 : Vue de la travée du pont avec les points de mesures (cf partie 7, plan 02:02:24)

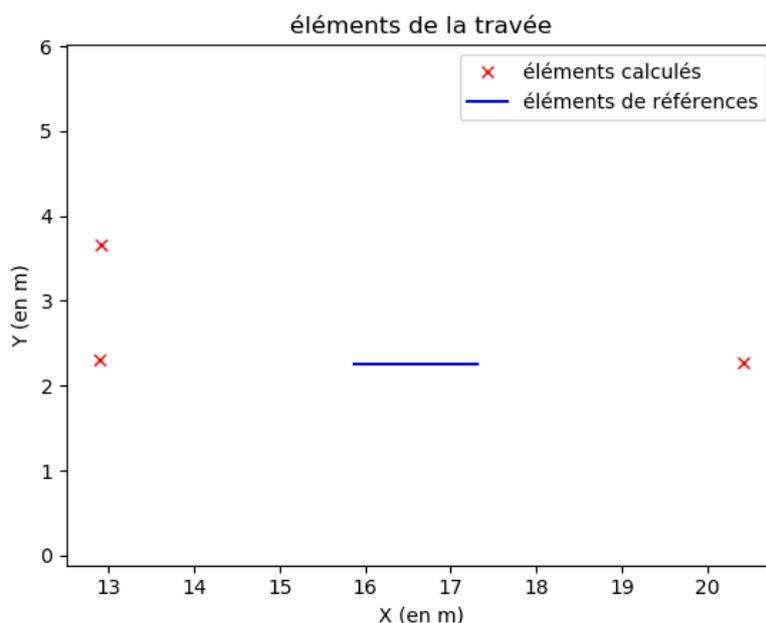


Figure 6 : Traitement sous Python qui nous permet de lire les coordonnées (passage de la souris)

On applique la même méthode pour obtenir l'épaisseur du tablier, avec l'épaisseur de son revêtement, ainsi que le diamètre de deux poutres. Pour cela on utilise le plan de la figure 7.

Enfin on souhaite connaître le diamètre des poutres verticales des piles ainsi que les longueurs de toutes les poutres visibles lorsque l'on est face au pont comme le montre la figure 9.

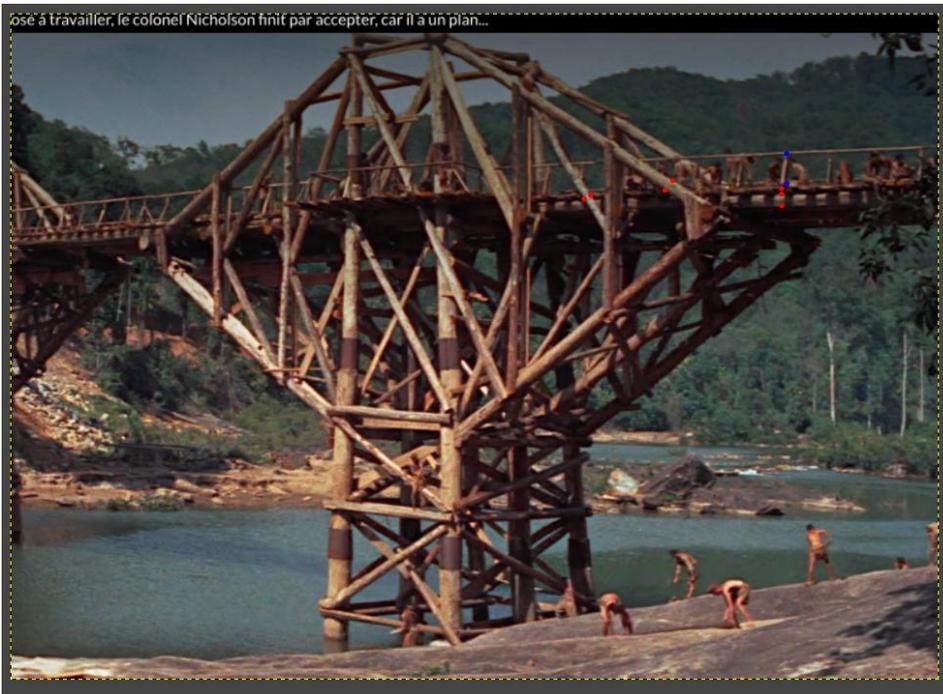


Figure 7 : Vue d'une des piles avec les points de mesures (cf partie 7, plan 01:58:03)

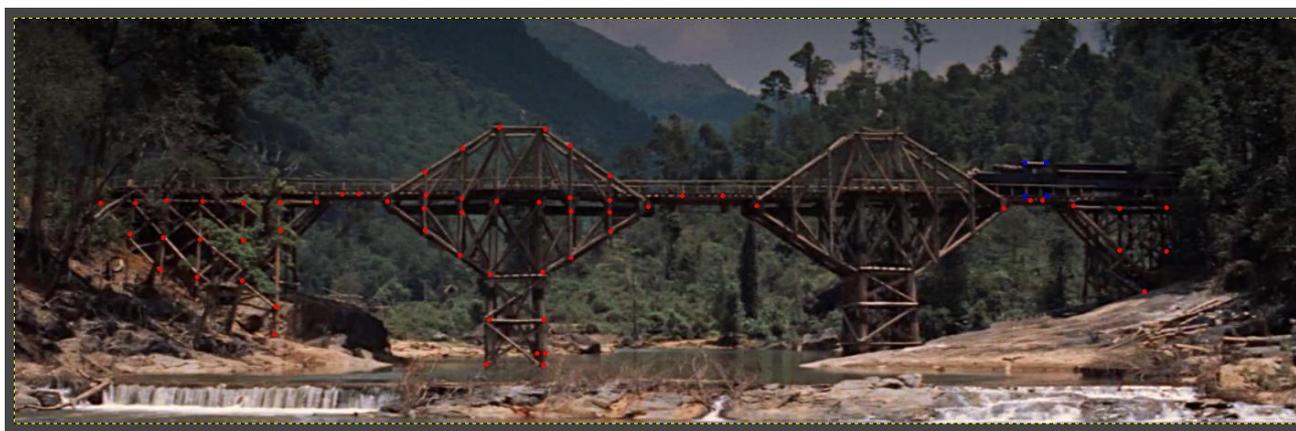


Figure 8 : Vue de face du pont avec les points de mesures (cf partie 7, plan 02:16:03)

On ne peut pas utiliser d'éléments de référence précis, on utilise le fait que le pont fait 130 m de long et 28 m [21] : les points de référence sont alors les points les plus éloignés dans les 4 directions du plan.

On peut alors choisir de prendre une des deux directions (x ou y) comme référence et utiliser une dilatation isotrope ou appliquer indépendamment une dilatation selon chaque axe.

La figure 9 montre les résultats en fonction de la méthode de dilatation choisie avec en plus une dilatation isotrope dont la valeur est une moyenne entre celle sur x et celle sur y. Les variations de longueurs sur chaque poutre sont suffisamment faibles : sur la mesure du diamètre de la poutre verticale d'une pile, cela ne fait varier son diamètre que de 4 cm en fonction de la méthode choisie.

Le tableau 1 récapitule un certain nombre de mesures utiles, on ne notera pas ici les longueurs de toutes les poutres.

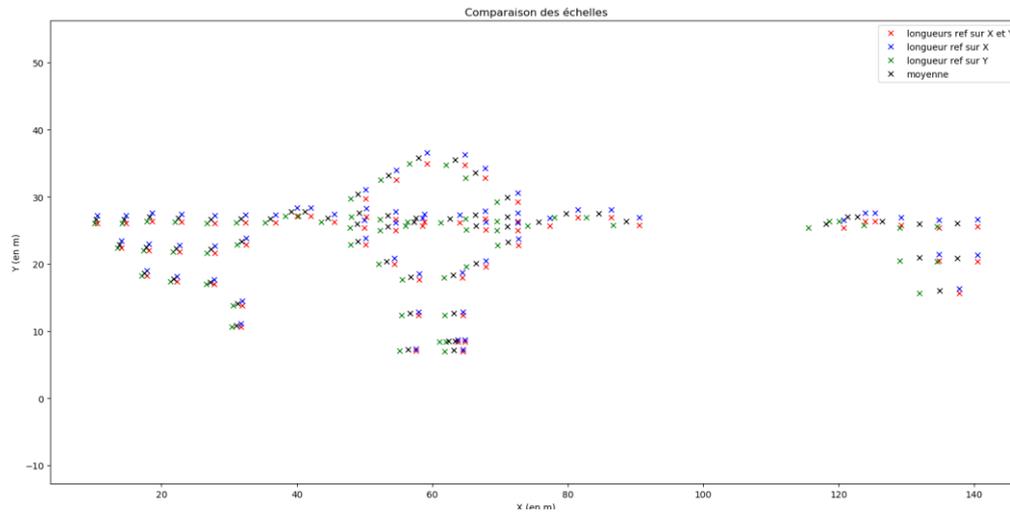


Figure 9 : Vue de face du pont avec les points de mesures (cf partie 7, plan 02:16:03)

Dimensions	Mesures
Largeur tablier	8 m
Épaisseur tablier	60 cm
Longueur tablier	130 m
Hauteur pont	28 m
Diamètre poutre pile	1 m
Diamètre poutre principale bras	40 cm
Diamètre treillis bras	25 cm
Épaisseur revêtement tablier	20 cm

Tableau 1 : Dimensions des parties principales

3.2 - Estimation des caractéristiques mécaniques

Il faut maintenant identifier les paramètres mécaniques du bois utilisé :

- Module d'Young, E
- Masse volumique, ρ
- Limite en traction, σ
- Limite en compression, σ

Pour cela, on doit identifier l'essence de bois (ou une essence proche) utilisée pour la construction du pont. On dispose de très peu d'informations que ce soit dans le film ou dans la documentation associée.

La seule information disponible est que les arbres ont été prélevés sur place soit proche de Kitulgala au bord de la rivière Kelani au Sri Lanka [21]. Selon un site internet touristique [22], les arbres poussant dans cette région sont l'acajou, le teck et l'ébène.

Pour des questions de rareté et de couleur on éliminera l'ébène et l'acajou. De plus, le Teck a été utilisé pour la construction de ponts et donne sa classification (NF EN 335-2 classe d'emploi 4) [23]. On prend donc à partir d'une classification de l'essence de teck [24] :

- $E = 14 \text{ GPa}$
- $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$
- Limite en traction et compression $\sigma = 57 \text{ MPa}$

Il n'est absolument pas certain que cela soit bien du teck (ou une essence équivalente) qui ait été utilisé pour la construction du pont. Par exemple dans le film, un des personnages évoque une forme de chêne exotique.

3.3 - Estimation des charges

Le moment le plus critique pour le pont sera le passage de la locomotive. Ainsi, on ne considérera que deux charges :

- permanente : poids propre
- d'exploitation (roulante) : poids du train

Encore une fois on dispose de très peu d'information, la seule information que l'on ait est que la locomotive fait 30 tonnes et 12,8 m de long (même méthode que précédemment).

Même si les wagons sont sans doute plus léger on se place dans un cas défavorable où l'on considère un chargement s'étalant au fur et à mesure sur le pont avec une charge linéique de (on prend la moitié de la charge vu que l'on modélise que une face du pont) : $Q = 11,7 \text{ KN/m}$.

3.4 - Modélisation du tablier

D'après les plans du film il est probable que le tablier du pont soit composé de trois poutres longitudinales et des poutres plus petites posées dessus transversalement.

Sous ROBOT on souhaite se ramener à une section rectangulaire homogène. Pour cela la figure 10 présente les données utiles à l'homogénéisation où l'on souhaite conserver l'aire et le moment quadratique de la section. Pour la résistance on conservera le module d'Young utilisé pour les poutres.

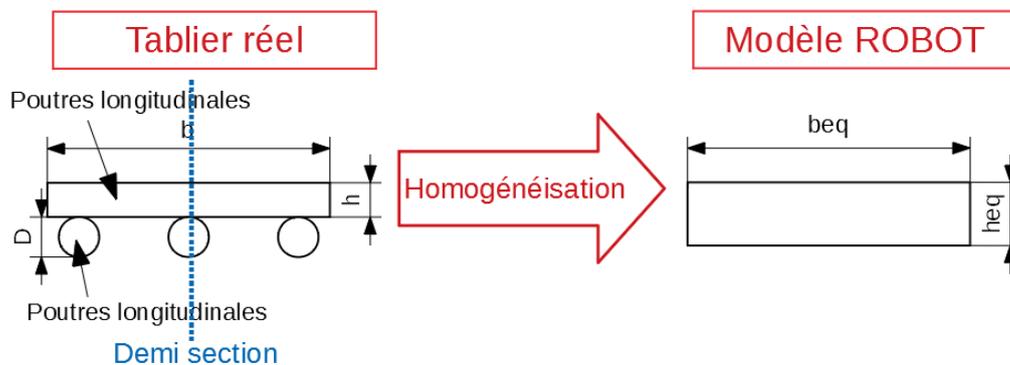


Figure 10 : Modèle d'homogénéisation

Les éléments n'étant pas liés sur le tablier réel, on a pour l'aire et le moment quadratique :

$$\begin{cases} I_{zz} = I = \frac{b_{eq} h_{eq}^3}{12} = \frac{(b/2)h^3}{12} + \frac{3 \pi D^4}{2 \cdot 64} \\ A = b_{eq} h_{eq} = \frac{bh}{2} + \frac{3 \pi D^2}{4} \end{cases} \quad (1)$$

On trouve alors :

$$\begin{cases} h_{eq} = 2 \sqrt{\frac{3I}{A}} \\ b_{eq} = \frac{A}{2} \sqrt{\frac{A}{3I}} \end{cases} \quad (2)$$

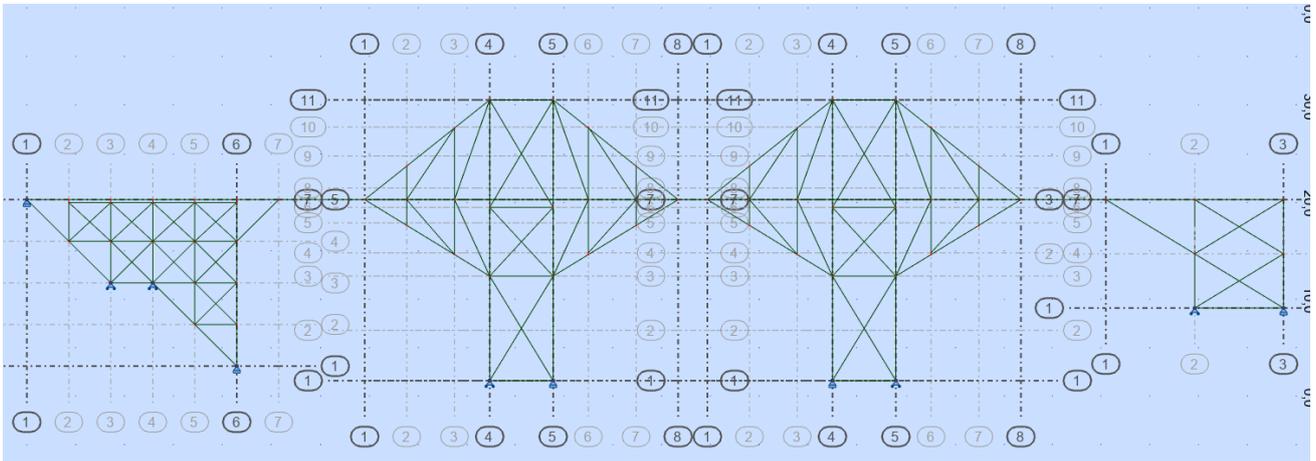


Figure 12 : Modèle ROBOT complet du pont

4 – Analyse des résultats

4.1 - Évolution globale du pont

On commence par générer une vidéo montrant l'évolution de la déformée en fonction de la position du train sur le pont (voir vidéo « *Déformée du pont au passage du train* » [26]). Au vu de ce résultat, on remarque que les éléments critiques du pont sont le tablier et les barres verticales des piles. Les parties en porte-à-faux du tablier et les parties basses des poutres verticales se déforment particulièrement au moment du passage du train sur les parties en porte à faux.

On réalise alors le calcul de la ligne d'influence sur un élément critique du pont : la barre du treillis la plus en diagonale soutenant le tablier en compression dans la pile droite (figure 13). Dans la suite de l'étude nous nous placerons à cette position d'étude en supposant qu'elle est la plus défavorable pour l'ensemble des éléments de la pile de gauche (cette position correspond à peu près au moment où la locomotive se situe entre les deux piles).

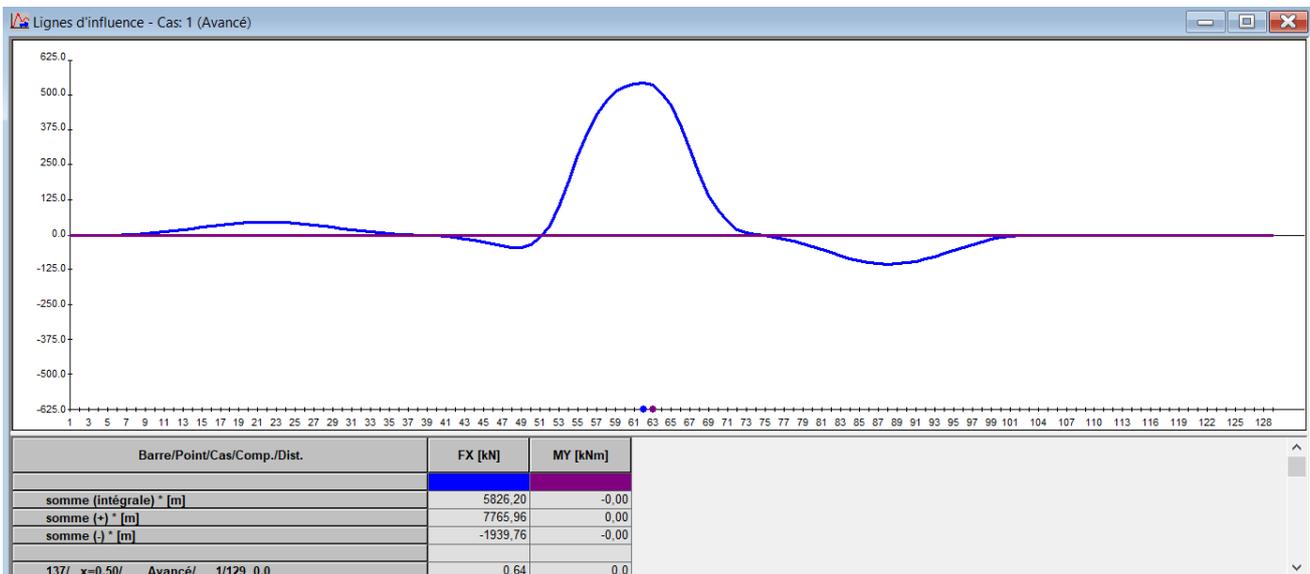


Figure 13 : Ligne d'influence de la barre du treillis la plus en diagonale soutenant le tablier en compression dans la pile droite

En revanche la modélisation de la culée droite est aberrante : en l'état le tablier et la culée s'effondreraient (flexion). Nous allons alors focaliser notre étude sur la pile droite (comportement symétrique) lorsque le train est sur la partie en porte à faux entre les deux piles.

4.2 - Déformation de la pile

La figure 14 montre la déformation de la pile à l'arrivée du train. On remarque d'une part que la structure du pont est assez souple et d'autre part on vérifie une propriété de l'architecture du pont qui est d'avoir une certaine indépendance entre les deux piles.

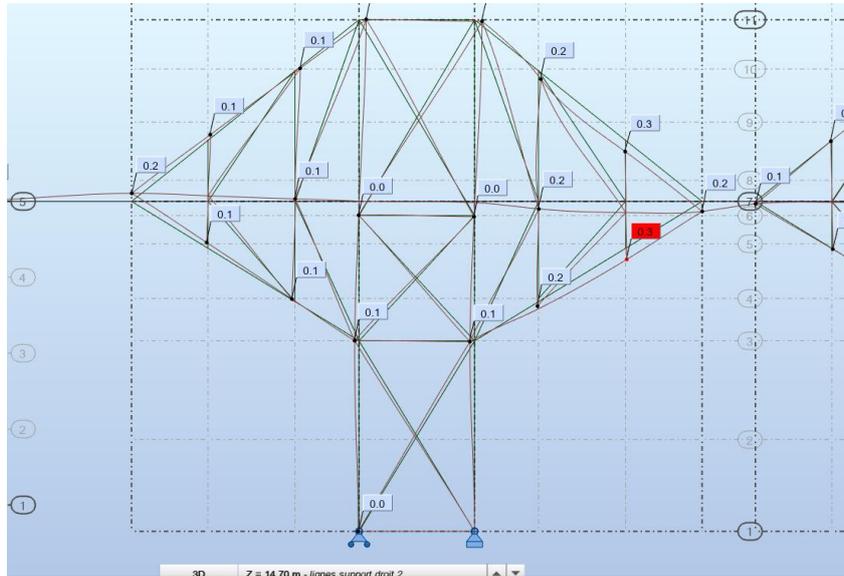


Figure 14 : Déformation de la pile à l'arrivée du train (flèche maximale de 30 cm)

La modélisation semble réaliste nous allons donc nous intéresser aux contraintes dans le tablier et la poutre la plus sollicitée. On veut évaluer les risques de destruction puis comparer les résultats obtenus sur le tablier avec une modélisation du tablier seul.

La figure 15 présente les efforts normaux et les moments fléchissant dans la pile. On observe bien la descente de charge dans les poutres de piles, néanmoins il est étrange que les poutres les plus sollicitées au niveau des bras ne soit pas les poutres verticales. En effet, elles sont plus épaisses que celles en diagonales qui encaissent la majorité des efforts du tablier.

On remarque la présence de moments fléchissant dans deux poutres du treillis, cela est lié à l'oubli de définition des relâchements aux bords de ces poutres qui n'a pas pu être corrigé. Néanmoins la suite ne sera pas impactée par cette aberration.

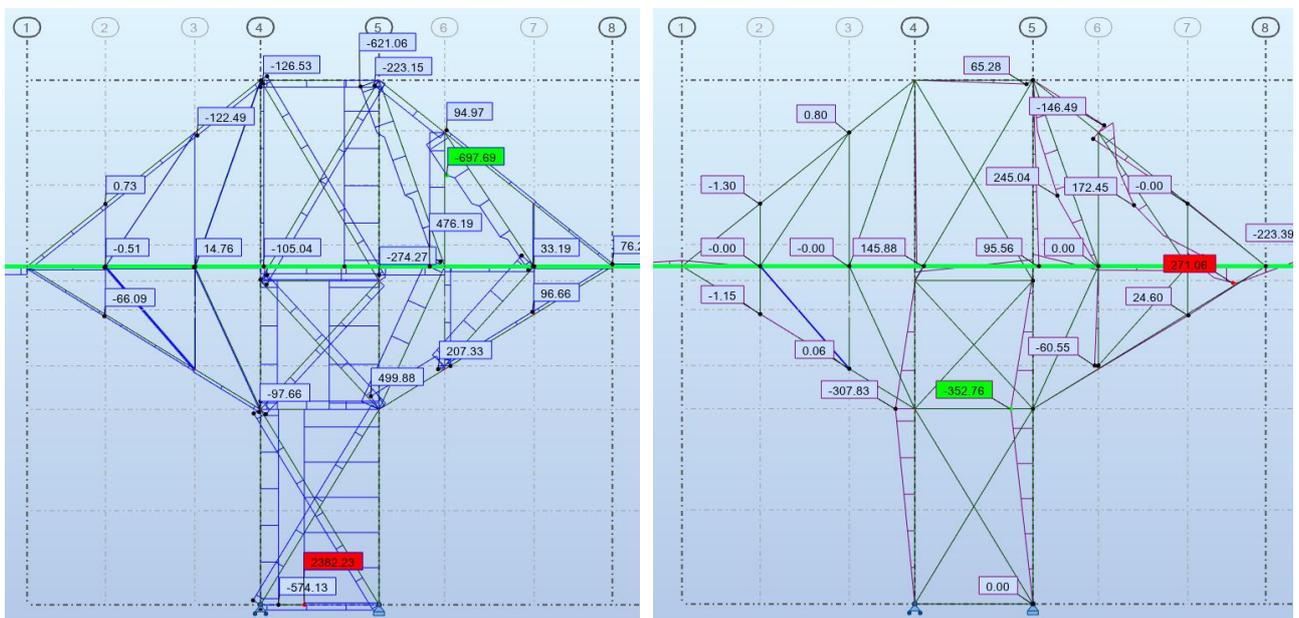


Figure 15 : Efforts normaux (en kN) à gauche et moments fléchissant (en kNm) à droite dans la pile

On s'intéresse maintenant aux contraintes dans les poutres pour valider ou non la résistance du pont. La figure 16 présente les contraintes dans la pile.

On s'aperçoit alors qu'il n'y pas de problèmes de sur-contrainte dans la plupart des poutres : on rappelle que la contrainte limite est de 57 MPa. Mais deux poutres posent problème, elles atteignent toutes les deux des contraintes bien au-delà de la contrainte admissible. Cela s'explique par le moment fléchissant très important qu'elles subissent (figure 15). Mais ce moment fléchissant provient du problème soulevé précédemment donc nous n'en prendrons pas compte (sans ce moment fléchissant la contrainte limite n'est pas atteinte).

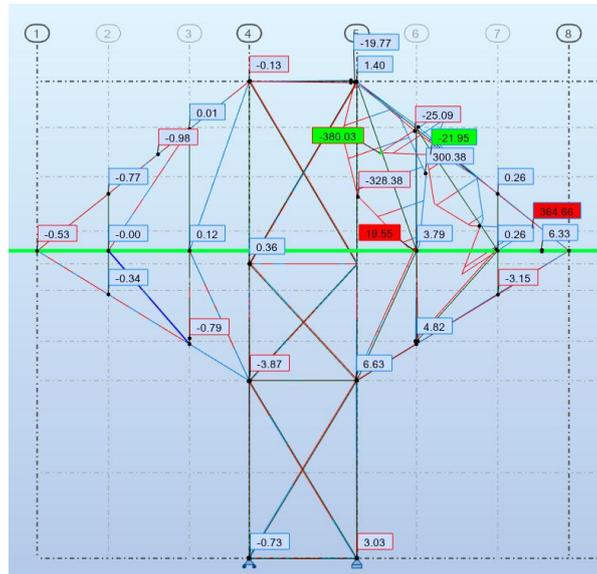


Figure 16 : Contraintes de traction en MPa (encadrées en bleu) et de compression (encadrées en rouge) dans la pile

4.3 - Étude du tablier

On isole le tablier seul pour observer le comportement de la charge du train au niveau de la zone en porte-à-faux. On souhaite voir si le comportement est très différent, ou non, de celui observé dans la modélisation de la structure.

La figure 17 présente les valeurs de contraintes et la déformée dans le tablier pour les deux cas de calculs : avec ou sans structure. Le tableau 2 présente la comparaison de certaines mesures caractéristiques.

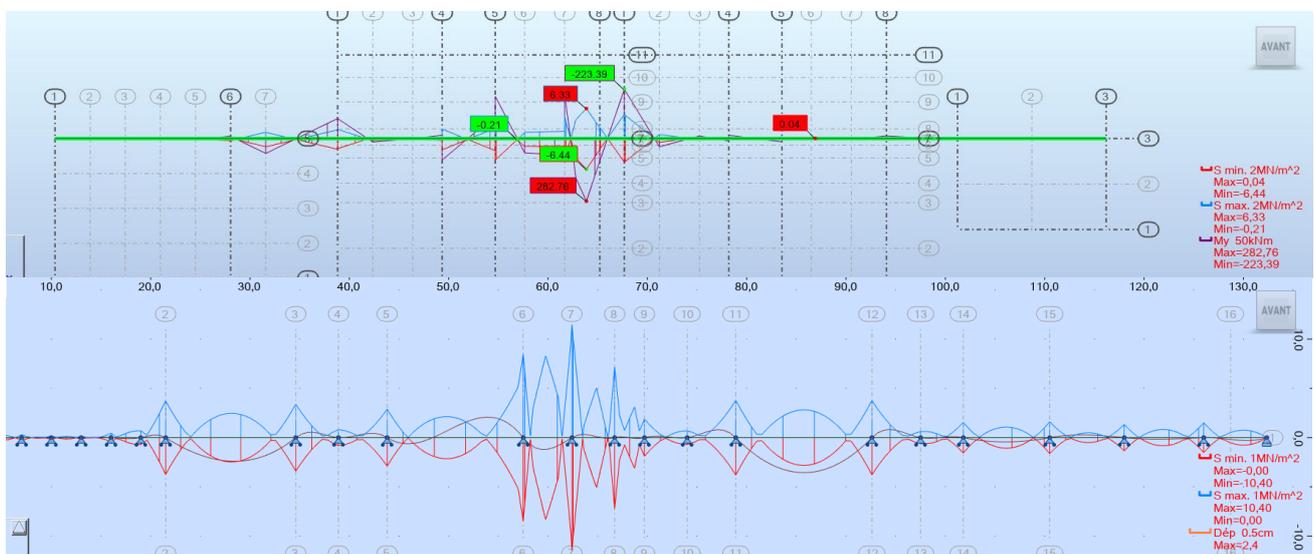


Figure 17 : Contraintes et déformées dans le tablier calculées : avec la structure (en haut) et seul (en bas)

	Tablier dans la structure	Tablier seul
Flèche maximale (en cm)	4,0	2,4
Contrainte maximale (en MPa)	6,4	10,4

Tableau 2 : Comparaison des flèches et des contraintes maximales dans les deux cas de calculs

4.4 - Flambement d'une poutre

On s'intéresse maintenant aux risques de flambement d'une poutre d'une des piles. Les poutres verticales des piles étant particulièrement larges, elles ne posent pas de risques de flambement mais les poutres en diagonales des bras peuvent, elles, poser problème.

Le tableau 3 présente les efforts normaux dans les deux barres comprimées les plus susceptibles de flamber : les deux poutres en diagonales du bras (voir figure 15).

Poutres	Effort normal [kN]
De gauche	620
De droite	570

Tableau 3 : Efforts normaux des poutres comprimées

Les deux poutres ont le même diamètre ainsi que des longueurs et des efforts équivalents, on considère qu'elles ont le même risque de flambement. On mènera alors le calcul de la charge critique sur la poutre de gauche.

Alors, pour une poutre à section circulaire de diamètre D , de longueur de flambement L_f et de module d'Young E , la charge critique d'Euler vaut :

$$N_{cr} = \frac{\pi^3 ED^4}{64L_f} \quad (3)$$

On considère la poutre comme articulée-appuyée, on prendra alors une longueur de flambement identique à un cas bi-articulé, soit L . On a alors :

$$\begin{cases} E = 14 \text{ GPa} \\ L = 8,7 \text{ m}, D = 0,2 \text{ m} \\ N_{cr} = 1,25 \text{ Nm} \end{cases} \quad (4)$$

On voit alors que les efforts sont assez éloignés de la charge critique mais que le flambement n'est pas à négliger car l'élançement réduit λ vaut 0,7. Ainsi, la poutre la plus susceptible de flamber ne devrait pas poser de graves problèmes de résistance au moment du passage du train.

4.5 - Conclusion

Avec cette simulation nous pouvons conclure que, a priori, le pont semble résister au passage du train.

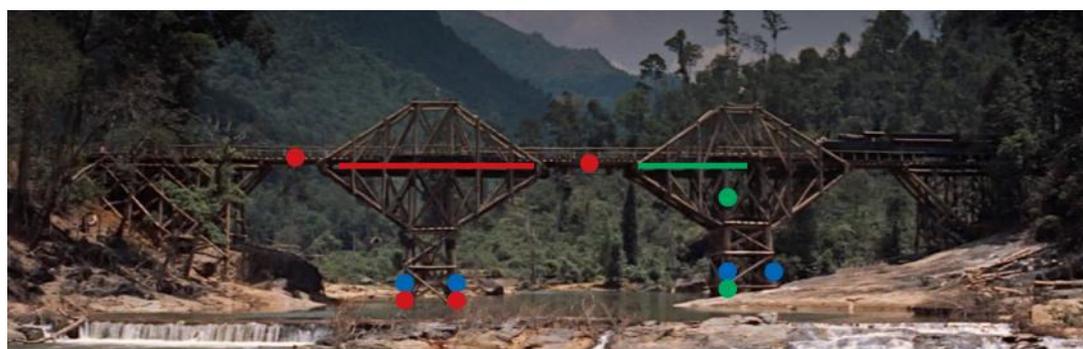
Ce résultat est à nuancer car sous condition que l'erreur de modélisation de deux barres n'impacte pas le reste du calcul. Il faut aussi prendre en compte que l'ensemble de la structure, et notamment les liaisons avec le tablier, ne correspond pas réellement à celle du pont (notamment les liaisons entre la culée, les piles et le sol). Enfin, les caractéristiques mécaniques du bois utilisé pour la modélisation ont peut être été surestimées et cela peut impacter les risques de flambement. De plus, nous avons abandonné l'étude de la culée droite par manque d'informations.

Il est aussi important de noter que nous avons étudié en détail une seule position du train et en ne considérant que le chargement de la locomotive, donc il est possible que d'autres situations avec un certain nombre de wagons soient plus défavorables que la situation étudiée.

5 – Destruction du pont

5.1- Les explosions

Comme on le voit dans le film à partir de 02:31:23 (cf partie 7), le pont explose en deux temps : la première explosion anéantit la pile de gauche avec deux points d'explosion puis la seconde casse en deux la seconde pile avec là aussi deux explosions. Les deux explosions ont lieu d'une part au niveau de la base des piles puis une explosion plus répartie sous le tablier sur la longueur d'une pile. On voit alors que ce scénario d'explosion est très différent de celui montré à l'écran, en effet les personnages ne placent des explosifs qu'au niveau de la base des piles et comptent tout faire sauter en même temps. La figure 18 résume le scénario de l'explosion.



Légende :

- Explosions prévues
- Premières explosions montrées
- Secondes explosions montrées



Train et pont pendant et après l'explosion

Figure 18 : Configuration des explosions

5.2 - Effondrement et volonté cinématographique

Compte tenu des efforts dans les poutres verticales des piles (figure 15), il est évident que les poutres en diagonales à la base des piles céderont (sous flambement) sous le poids du train et même sous le poids propre du pont : après les explosions prévues elles seront seules à soutenir l'ensemble des charges. Dans ce cas les piles sombreront dans l'eau mais sans forcément se disloquer et entraîneront avec elles les culées (ou le tablier glissera sur les culées). On aura alors un effondrement progressif du pont et le train ne tombera probablement pas directement dans l'eau mais restera sur les décombres des piles.

N'oublions pas que le but de cette explosion est d'être impressionnante mais aussi de montrer une volonté du réalisateur. Cette explosion doit amener le train à plonger la tête la première dans le fleuve pour y sombrer et laisser un pont amputé aux deux tiers. Cette explosion en deux

temps est le seul moyen d'obtenir ces images : un train plongeant dans la rivière et un pont tronqué.

Ce petit arrangement avec la « réalité » permet de montrer des images marquantes et c'est bien ce à quoi sert le cinéma. De plus, il ne faut pas oublier qu'une seule prise a été possible au moment du tournage : il était impensable de reconstruire le pont dans le cas d'une prise ratée. Utiliser plusieurs explosions en deux temps était donc le meilleur moyen de contrôler au mieux l'explosion du pont [21].

6 – Conclusion

Nous avons vu au travers de cet exemple que l'ouvrage montré à l'écran est réaliste d'un point de vue résistance mais aussi d'un point de vue historique. En revanche, sa destruction est conçue pour coller à une vision cinématographique plutôt que d'être en accord avec la vraisemblance.

Ce compromis entre spectacle et vraisemblance est inhérent au cinéma car bien souvent la réalité n'est pas spectaculaire. On voit aussi que le génie civil est là pour servir un but et est utilisé comme un symbole d'autre chose souvent associé à un personnage ou à l'humanité. Dans le cas du pont de la rivière Kwai, le pont représente l'opposition et les ressemblances entre les prisonniers britanniques (notamment le colonel Nicholson) et leurs geôliers japonais (notamment le colonel Saïto). Il est d'autant plus symbolique que ce soit le colonel Nicholson qui détruit le pont faisant ainsi sombrer le train japonais dans rivière.

Plus généralement le génie civil sert à faire passer un message, une émotion au spectateur et le plus souvent par sa destruction. De par ce but, cette destruction est plus souvent guidée par une volonté cinématographique que par un souci de vraisemblance ce qui peut amener à des incohérences.

Un exemple très symbolique est celui de la destruction du Vatican dans le film *2012* [9] : un tremblement de terre va causer une unique fissure passant exactement par la voûte de la chapelle Sixtine qui va mener à l'effondrement complet du bâtiment. Cette scène sert à montrer une fissure passant exactement entre les doigts d'Adam et de Dieu dans la célèbre fresque de Michel-Ange.

La question récurrente qui accompagne ce compromis entre spectacle et réalisme est de connaître le « point d'aberration ». Jusqu'où peut-on aller dans le spectacle sans rendre une situation complètement aberrante, voir ridicule. C'est là qu'une certaine connaissance du génie civil est intéressante et peut éviter de véhiculer certains clichés comme celui où les systèmes de déclenchement à distance ne marche jamais (ou n'existe pas) ce qui implique toujours le sacrifice d'un personnage (comme dans *Armageddon* [16]).



Figure 19 : La création d'Adam par Michel-Ange, chapelle Sixtine, source [25]

7 – Annexe : Timelines dans le film [1]

- 00:01:20 Plan rail + tombes
- 00:01:41 Construction voie ferré
- 00:33:31 Premier plan du début du pont
- 00:35:30 Maquette pont + évocation du retard (sabotage)
- 00:47:45 Plan pont en construction
- 01:02:34 - 01:06:48 Ensemble plan : voie ferrée, pont
- 01:04:08 Attache poutre pont
- 01:06:54 - 01:10:26 - Réunion chantier
- 01:24:55 Plan pont nouvelle implantation
- 01:42:48 Plan pont avancé
- 01:58:03 Plan pont quasi fini
- 02 :02:24 - 02:03:24 Vue travée centrale pont
- 02:05:26 Maquette pont
- 02:09:10 Autre plan travée pont + vue piliers
- 02:16:03 Vue pont
- 02:18:30 Vue pont haut
- 02:19:26 Vue pont basse
- 02:20:45 Autre vue pont
- 02:21:06 Inauguration pont
- 02:21:42 Plan pont
- 02:22:50 Voies ferrées finies
- 02:23:22 Plan pont autre sens
- 02:26:12 Vue pont par la rive
- 02:28:08 Premier plan train
- 02:31:17 Arrivée train sur le pont
- 02:31:23 Explosion
- 02:31:49 Pont détruit
- 02:32:17 Autre vue pont détruit
- 02:33:18 Plan mouvant aérien pont détruit

Références :

[1]: David Lean, The Bridge on the River Kwai, Columbia Pictures and Horizon Pictures, 1957

[2]: Affiches de cinéma de la collection EricBad, <https://affiches.ericbad.net>

[3]: Edwin S. Porter and Wallace McCutcheon, The Great Train Robbery, Edison Manufacturing Company, 1903

[4]: John Ford, The Iron Horse, Fox Film Corporation, 1924

[5]: Jean-Louis Leutrat, Le western : quand la légende devient réalité, Gallimard, 1995. ISBN : 2-07-053222-4

[6]: James Cameron, Avatar, 20th Century Fox and other, 2009

[7]: Edwin S. Porter – The Kobal Collection, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13518>

[8]: Harry NGuyen – originally posted to Flickr as my avatar, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9458609>

- [9]: Roland Emmerich, 2012, Centropolis Entertainment, 2009
- [10]: Roland Emmerich, The Day After Tomorrow, 20th Century Fox and other, 2004
- [11]: Brett Ratner, X-Men : The Last Stand, 20th Century Fox and other, 2006
- [12]: John Guillermin, The Towering Inferno, Twentieth Century Fox and Warner Bros, 1974
- [13]: Peter Berg, Deepwater Horizon, Di Bonaventura Pictures and other, 2016
- [14]: James Bridges, The China Syndrome, Columbia Pictures, 1979
- [15]: Kathryn Bigelow, K-19 : The Widowmaker, Paramount Pictures, 2002
- [16]: Michael Bay, Armageddon, Touchstone Pictures, 1998
- [17]: Encyclopédie des films Larousse, Le Pont de la rivière Kwaï, consulté le 15/04/19, https://www.larousse.fr/encyclopedie/film/le_Pont_de_la_riviere_Kwaï/7847
- [18]: Eric molina – Flickr: approaching the Bridge, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18576298>
- [19]: Wikipédia France, Ligne Siam-Birmanie, consulté le 18/04/2019, https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_Siam-Birmanie
- [20]: Bernard Marrey, Des histoires de bois, PICARD, 1997. ISBN : 2-7084-0456-3, p90
- [21]: Wikipédia France, Pont sur la rivière Kwaï, consulté le 18/04/2019, https://fr.wikipedia.org/wiki/Pont_sur_la_riviere_Kwaï
- [22]: Marco Vasco, Faune et flore du Sri Lanka, consulté le 15/05/2019, <https://srilanka.marcovasco.fr/guide-srilanka/fauneet-flore-du-sri-lanka.html>
- [23]: Wikipédia France, Teck, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Teck>, consulté le 15/05/2019
- [24]: <https://tropix.cirad.fr>, Fiche de l'essence de teck, <https://tropix.cirad.fr/FichiersComplementaires/FR/Asie/TECK.pdf>, consulté le 15/05/2019
- [25]: Travail personnel, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=280349>
- [26]: Déformée du pont au passage du train, Clément Ecker, https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/deformee-du-pont-au-passage-du-train