



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

Conception d'un protocole graphique des opérations de construction par l'utilisation des textures et des couleurs

P. Carrier-Fraser, A. Francis, M. J. McGuffin

Département de génie de la construction, École de technologie supérieure, Université du Québec

Résumé: Les sources de complexité dans la représentation graphique de la planification des projets de construction proviennent du fait que les informations concernant l'ingénierie, la procurement et les opérations de construction sont trop étendues pour qu'une simple modélisation traditionnelle des réseaux d'ordonnancement soit vouée à les présenter fidèlement et clairement. L'objectif principal de cette recherche concerne la visualisation des données et la communication de l'information clairement et efficacement par des moyens graphiques. Cet article propose un encodage des éléments de production par l'utilisation des textures et des couleurs. L'objectif étant d'établir un protocole standard pour la modélisation visuelle de planification du projet. Pour atteindre cet objectif, l'approche Chronographique analyse l'interface utilisateur, les paramètres de présentation visuelle appropriés et leurs valeurs associées. Le protocole chronographique proposé illustre les opérations de construction en utilisant des textures architecturales pour encoder les activités, des teintes de saturation et luminosité normales pour illustrer les ressources et des couleurs à saturation faible pour représenter les emplacements de travail. Le processus de validation du protocole est effectué par une double vérification. En utilisant un questionnaire pour collecter les préférences des planificateurs et à travers un test qui utilise un coefficient d'optimisation visuel (VCO) pour mesurer la quantité d'information collectée durant un temps prédéfini.

1 Mise en situation

Un siècle vient d'être écoulé depuis la première adoption d'une méthode scientifique pour la planification et le contrôle des projets de construction. Malgré cette longue durée d'application, de recherche et d'innovation, la représentation graphique de la planification des projets de construction reste considérée comme une tâche complexe. Cette source de complexité provient du fait que les informations concernant l'ingénierie, la procurement et les opérations de construction sont trop étendues pour qu'une simple modélisation traditionnelle des réseaux d'ordonnancement Gantt/Précédence¹ soit vouée à les présenter fidèlement et clairement. Cette méthode est actuellement la plus utilisée pour illustrer la planification de projet de construction, et ce, malgré les nombreuses défaillances bien connues reliées soit au diagramme de Gantt qu'à la logique de la précédence (Badiru et Pulat 1995, Francis 2004). L'état de la situation actuelle montre aussi que la plupart des logiciels de planification de projet n'explorent pas efficacement les aspects et les variables graphiques. Le manque de fidélité pour représenter le processus d'exécution diminue le niveau de confiance de l'échéancier produit. La clarté visuelle, du graphe créé, forme un obstacle vers une utilisation efficace et efficiente des aspects graphiques. Il appert que les couleurs semblent apparaître de façon presque aléatoire et l'utilisation des textures est souvent négligée. Considérant que la majorité des apprenants ayant l'âge d'aller au collège et plus sont de type visuel

¹ un diagramme à barres combiné avec la logique de la précédence



Montréal, Québec
 May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

(Felder et Sylverman 1988), l'amélioration de procédés utilisant la vision comme outil s'avère une avenue prometteuse.



Figure 1: Exemples d'approches chronographiques montrant la planification d'un projet de construction.

La modélisation chronographique pour la planification des projets (Francis 2004; Francis et Miresco 2002, 2006, 2012) propose une méthode alternative à la méthode Gantt/Précédence. Une des particularités de la méthode chronographique est l'attention portée à la présentation visuelle permettant une meilleure compréhension du projet. La figure 1 montre les deux échelles de couleurs utilisées, pour définir les emplacements et les équipes de travail, respectivement. Le présent article propose un protocole pour aider dans le choix des couleurs (ou textures) utilisées dans les modélisations graphiques de la planification des projets. L'utilisation appropriée des variables graphiques, c'est-à-dire des représentations graphiques exploitant certaines capacités du système visuel, permet d'améliorer les performances de recherche dans l'échéancier et augmente ainsi l'efficacité. Les habitudes du système visuel se doivent être exploitées et c'est ce à quoi cet article s'intéresse, plus particulièrement l'utilisation adéquate des couleurs et des textures visuelles dans la représentation graphique de la planification des projets de construction.

La couleur a fait l'objet d'innombrables recherches. Le phénomène de pop-out (Treisman, Gelade 1980), ou de discrimination préattentive de la couleur, particulièrement utile dans la visualisation des données, a été étudié par de nombreux auteurs. Trois critères ont été déterminés pour qu'une couleur se distingue préattentivement de celles qui l'entourent, la séparabilité linéaire (D'Zmura 1991, Bauer, Jolicoeur et Cowan 1996, 1998), la distance dans l'espace de couleur et l'appartenance à une catégorie de couleur (Healey et Enns 1996, 1999).

Quant aux textures visuelles, Julesz fut un pionnier dans l'étude de la discrimination préattentive et a élaboré la théorie des textons, éléments à la base des images, analogue aux atomes pour la matière. Une approche plus mathématique de la discrimination des textures a également été développée, utilisant notamment les transformées de Fourier et fonctions de Gabor (Turner 1986). Peu d'effort toutefois a été consacré à l'application pratique et combinée des textures visuelles et de la couleur à la visualisation des données.



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

2 Analyse graphique de la méthode chronographique

La méthode chronographique utilise des éléments appelés entités (Francis, 2004) afin de faire la planification d'un projet de construction. Ces entités sont divisées en cinq catégories d'entités à savoir : Physiques; Associatives; Fonctionnelles; Échelles et de Directions. Ce sont ces entités qu'il est nécessaire d'encoder pour avoir une bonne représentation graphique du projet.

Les **Entités Physiques** représentent les éléments nécessaires aux opérations de production à savoir : les activités, les ressources et les emplacements du travail. Ces entités sont toutes des entités de type qualitatif, c'est-à-dire composées des éléments pouvant être regroupés, mais non hiérarchisable d'une manière unique.

Les **Entités Associatives** sont des éléments relationnels et de regroupements des Entités Physiques et elles sont de type ordinal.

Les **Entités Fonctionnelles** représentent les fonctions déterministes, probabilistes et généralisées et les décisions gérant le comportement des Entités Physiques.

Les **Entités d'Échelles** définissent les mesures des axes et les mesures internes des Entités Physiques et sont des variables de type quantitatif.

Les **Entités de directions** représentent les axes cartésiens et la variable de position graphique des diverses entités dans l'échéancier de construction.

Cet article cherche à encoder les Entités Physiques par l'utilisation de textures et de couleur et s'intéresse à leurs illustrations graphiques.

3 Utilisation de la couleur dans les illustrations graphiques

La couleur se qualifie de trois façons : par sa teinte, par sa saturation et sa clarté. Bien que l'œil puisse distinguer une quantité très importante de couleur, pour que la recherche demeure dans le domaine du préattentif (également qualifiée de recherche en parallèle), les études révèlent qu'un maximum de 7 teintes devrait être utilisé (Healey et Enns 1996).

La teinte est un excellent moyen d'encoder des variables de type qualitatives, mais non quantitatives ni ordinales (Mackinlay 1986). En effet, plusieurs recherches sur les échelles de couleur révèlent que la teinte ne possède pas de qualité de hiérarchisation (Ware 1988, Levkowitz, Herman 1992, Reingans 2000, Borlan, Taylor 2007, Silva et coll 2007, Tominsk et coll 2008). Elles possèdent toutefois d'excellentes qualités de séparation. La clarté et la saturation possèdent elles aussi des qualités de séparation efficaces pour l'encodage de données qualitatives et de hiérarchisation. Ceci permet d'encoder les variables de type ordinal, mais s'avère également utile pour illustrer des variables de type nominal n'exigeant pas un haut degré de précision.

Afin de pousser au maximum le potentiel de l'utilisation de la couleur, il faut se demander quel est le nombre maximum d'échelles de couleur qu'il est possible d'utiliser dans une même représentation? Pour y répondre, une autre question à savoir comment les couleurs sont-elles associées entre elles? Berlin et Kay (1979) ont utilisé des études sur différents langages pour comprendre la perception des couleurs dans différentes cultures. Dans la même logique, le langage peut être utilisé comme indice d'association avec les couleurs. Les couleurs sont, en français, le plus souvent classées selon les termes pastel, chaud/froid, primaires/secondaire/tertiaire. De plus, les couleurs dites « pastel » font en fait références à la saturation, l'adjectif s'applique à des teintes dont la saturation est faible. Donc pour définir des ensembles de couleur en se fondant uniquement sur la teinte, il serait possible d'émettre l'hypothèse selon laquelle nous pourrions utiliser six échelles de couleur à la fois. Toutefois, des chevauchements



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

entre ces types d'échelles empêchent l'efficacité de leur utilisation simultanée. En effet, les couleurs primaires comprennent des couleurs froides et chaudes : le magenta et le jaune sont des couleurs chaudes tandis que le cyan est une couleur froide. La même chose s'applique pour les couleurs secondaires et tertiaires. Donc, il n'est pas efficace d'utiliser les échelles de distinction chaud/froid en même temps que les échelles de distinction primaire-secondaire-tertiaire.

Il y a deux principaux désavantages à l'utilisation des échelles de distinction primaire-secondaire-tertiaire. Le plus critique étant qu'ils contiennent un nombre limité de couleurs. Il n'existe pas plus de trois couleurs primaires et secondaires et pas plus de neuf couleurs tertiaires, de plus, dans la plupart des représentations de cercle chromatique, seulement six des couleurs tertiaires sont représentées. Le second désavantage est l'inégalité de la quantité de couleur qu'ils contiennent. Il existe en effet, comme mentionné, plus de couleur tertiaire que pour les deux autres classes de couleur. Ceci peut toutefois être utilisé si une catégorie d'éléments contient plus d'entités que les deux autres. Donc au total, ce type de catégorie permet 3 échelles contenant au maximum 15 teintes réparties inégalement entre les groupes. Si l'on considère que l'idéal est de ne pas dépasser 7 teintes par échelles de couleur, cela limite alors la quantité de couleur à 13 : 3 primaires, 3 secondaires et 7 tertiaires.

L'avantage de l'utilisation de l'échelle de distinction chaud-froid est qu'elle permet d'utiliser presque toutes les couleurs, ces dernières faisant partie soit d'une catégorie ou de l'autre ce qui permet d'atteindre la quantité « maximum » de sept teintes par échelle de couleur pour un total de 14.

La langue française contient également des termes pour définir les autres caractéristiques de la couleur soit la saturation et la luminosité. En effet, comme mentionné précédemment, les couleurs pastel sont perçues comme étant une catégorie de couleur alors qu'en fait cela est en relation avec leur saturation. Les couleurs sont aussi définies comme des couleurs claires ou foncées, adjectifs reliés à leur luminosité. Il faut rappeler que la luminosité et la saturation possèdent des caractéristiques de hiérarchisations intéressantes. Toutefois, leurs caractéristiques de séparation fait qu'elles pourraient être utilisées pour les échelles de couleur si la séparation est prioritaire à la hiérarchie. Ajoutant ainsi les options couleur de saturation faible (pastel) et de luminosité faible (foncée), les catégories possibles triplent.

Encore une fois, dans le cas de l'échelle de couleur primaire, secondaire et tertiaire, la modification de la luminosité et de la saturation vient altérer le regroupement des couleurs, affectant ainsi l'efficacité de celle-ci. C'est-à-dire qu'une couleur primaire dont on altère la luminosité et la saturation n'est plus perçue comme étant une couleur primaire. Par exemple, un rouge de faible saturation et de luminosité moyenne à élevée est perçu comme un rose et un jaune à luminosité négative peut être perçu comme un brun ou un vert olive.

Comme l'illustrent les échelles précédentes, certains éléments doivent être pris en considération lors de la construction des échelles. Comme mentionné précédemment, les jaunes ne sont plus perçus comme tels lorsque la luminosité baisse, ils restent toutefois catégorisables comme une teinte chaude. La diminution de la saturation influence la perception des couleurs et il serait bien de se questionner à savoir si la distance dans l'espace de couleur doit être augmentée lorsque la saturation diminue afin de préserver la discrimination préattentive. De plus, certaines couleurs aux extrémités du cercle chaud-froid sont plus difficiles à associer à une catégorie ou à une autre. Par exemple un vert contenant beaucoup de jaune est-il une couleur froide ou chaude? Les rouges violacés à l'autre extrémité sont également durs à classer.



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

Un autre désavantage de la classification chaud/froid est qu'elle sépare l'espace de couleur en deux. Pour conserver une discrimination préattentive, il faut maintenir une bonne distance dans l'espace couleur. La séparation de cet espace, ainsi que l'élimination des couleurs difficilement classifiables diminue les possibilités.

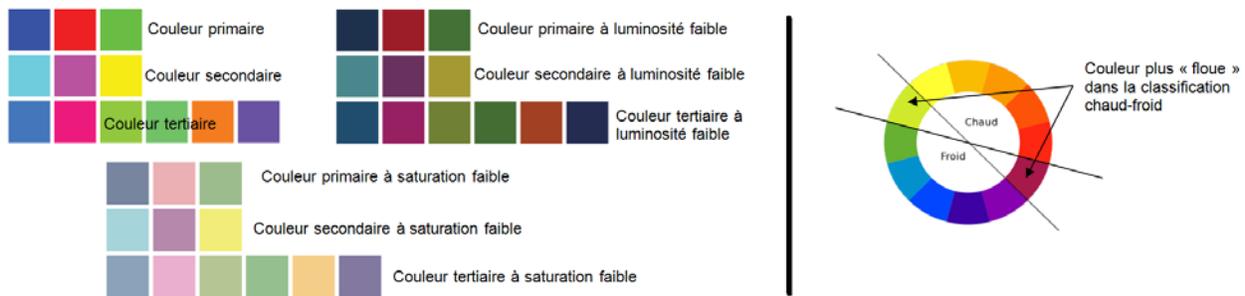


Figure 2(gauche): Modification de la luminosité et de la saturation.
Figure 2(droite): Couleurs chaudes et froides

Pour les besoins de la modélisation chronographique, trois types d'échelles sont souhaitables afin de définir les emplacements, les activités, et les ressources utilisées dans un projet. De plus, la codification de couleur se doit d'être constante dans le projet et idéalement pour tous les projets. Puisqu'il s'avère que la séparation des teintes en catégories, soit de couleur tertiaire, secondaire et primaire ou encore chaud et froid n'est pas idéale, ces trois échelles pourraient constituer simplement en des échelles de teinte « normale », de luminosité faible et de saturation faible, celles-ci demeurent effectivement distinguables entre elles malgré les changements de teinte. Au besoin une sous-catégorie chaud-froid demeure envisageable. L'échelle de saturation faible est idéale pour les entités d'emplacements, puisque la couleur pale permet d'utiliser du texte ou d'autres éléments en superposition. Les activités étant les entités les plus nombreuses, nous croyons les associés aux textures, cela sera étudié à la section suivante. Les ressources seraient alors associées aux teintes de saturation et luminosité normales et avec une sous-catégorie chaud-froid. Les couleurs de luminosité faible devraient être utilisés pour les entités indirectes au projet, cela permet une meilleure distinction.

Une utilisation maximale des couleurs pourraient désavantager les gens souffrant de troubles de la vision liés à la couleur. Ces troubles sont en effet assez fréquents chez les hommes. Près de 8% des hommes en seraient des bichromates anormaux. Il est plus rare que les femmes en souffrent, les chiffres se situant en général sous les 1% (Gazzaniga et coll 2001). Bien entendu, ces données varient selon les sociétés. Les bichromates anormaux peuvent ne pas voir, par exemple, les rouges et verts si leur trouble affecte les longueurs d'onde moyennes ou grandes, ou encore les jaunes-bleu peuvent être affectés si ce sont les longueurs d'onde courte qui ne sont pas perçues. Vu l'importance du nombre de sujets atteints, il semble essentiel de prendre en considération ces troubles pour l'élaboration d'une convention graphique pour les échanciers de construction. Ce problème peut être surmonté facilement en utilisant des logiciels de planification. L'utilisation des textures et l'ajout d'un texte (nom, code, etc.) sur l'entité facilitera l'identification de celle-ci par les personnes ayant des troubles de visions reliés à la couleur.



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

4 Utilisation de la texture dans les illustrations graphiques

Une autre variable graphique de séparation qu'il ne faut pas négliger est la texture visuelle. En effet, selon l'échelle des variables visuelle établie par Mackinlay (1986), la texture vient en troisième position pour l'efficacité d'encodage des variables de nature nominale, tout de suite après la couleur. Les textures visuelles peuvent être un outil très riche pour l'encodage d'informations dans les échéanciers de construction. En effet, il est possible de discriminer préattentivement une quantité très importante de textures visuelles différentes. Les premières études faites sur la discrimination des textures ont été réalisées sur des textures visuelles artificielles comportant un grand nombre de terminaisons et un niveau de contraste élevé. Les textures utilisées par les architectes pour représenter divers matériaux pourraient être utilisées pour la représentation des plusieurs types d'activités dans les échéanciers. Un des avantages de cette utilisation est que le code est connu de la majorité des intervenants du monde de la construction et que ces textures sont pour la plupart assez différentes les unes des autres pour être distinguables préattentivement.

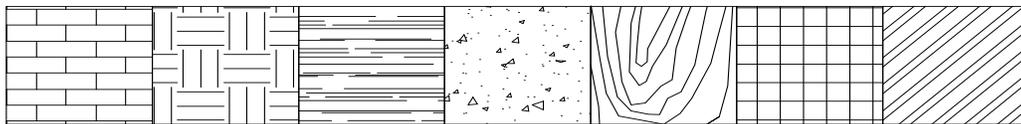


Figure 3: Les textures utilisées en architectures

L'utilisation de texture visuelle pour encoder des données a été largement critiquée (Tufté 2001). Bertin (1977) en voyait le potentiel, mais admettait qu'il était très difficile d'arriver à un résultat satisfaisant en utilisant cette technique. En effet, l'utilisation de textures artificielle à fort contraste peut comporter des risques, dont, entre autre, l'inconfort visuel, pouvant diminuer la performance des tâches de recherche dans les échéanciers de construction. Les textures à rayures (Figure 4) peuvent quant à elles induire une impression de vibration et de mouvement causant divers symptômes passant de la simple fatigue visuelle, aux maux de tête, allant même jusqu'au déclenchement de crises chez des personnes épileptiques lorsque certains critères spécifiques sont rencontrés (Wilkins 1985, Wilkins et coll 2004).



Figure 4: Les textures à rayures

Toutefois, si les contrastes sont moins forts, ces effets s'en trouvent diminués. La taille aussi est à prendre en considération. Plus la surface est petite, moins ces effets indésirables sont susceptibles de survenir (Wilkins et coll. 1984). La couleur est aussi un moyen de diminuer ces phénomènes. L'utilisation de verres teintés réussit également à diminuer l'apparition de la fatigue visuelle et autres effets inconfortants.

L'utilisation de textures « naturelles » pourrait de plus être une alternative aux textures artificielles. Certains procédés mathématique, dont les transformés de fourrier, permettent de prédire efficacement la discrimination visuelle des texture, et ce même pour des textures naturelles. Il est donc possible de les utilisés dans un échéancier. L'utilisation de celle-ci permettrait, tout comme pour les textures architecturales, d'utiliser une association forte d'idée entre la texture et ce qu'elle représente, favorisant ainsi la mémoire et compréhension.



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013



Figure 5: Les textures naturelles et échelle de luminosité positive

Un des avantages des textures naturelles est qu'elle pourrait permettre d'être comprises sans la connaissance préalable du code d'architecture. Cet avantage est toutefois contrebalancé en ce qui concerne les objets aux textures lisses comme par exemple le verre ou l'acier dont la texture à elles seules ne suffisent pas pour identifier le matériau ou l'entité en question. La différence étant évidente entre les textures naturelles et les textures artificielles, celles-ci pourraient être utilisées pour diviser des entités en sous catégories. Les activités étant les entités les plus nombreuses à représenter et qui sont également celles qui sont les plus en liées à des textures visuelles, il serait plus pertinent de les encodés ainsi, libérant de ce fait une échelle de couleur pour d'autres fins.

5 Combinaison entre les variables d'illustration graphique

L'utilisation des variables graphiques que sont la couleur et la texture visuelle ont un grand potentiel dans l'amélioration de l'efficacité graphique des échéanciers de construction. Toutefois, une recherche combinée de texture et de couleur transforme une recherche préattentive en une recherche en série demandant plus de temps et de mémoire. En effet, lorsque l'on demande à des sujets de trouver combien de cible jaune parmi il y a parmi les cibles vertes, ou encore combien de cibles rectangulaire parmi des hexagones, le temps de réponse demeure indépendant du nombre de distracteurs. Toutefois si on demande aux sujets de chercher, par exemple, combien de rectangle jaune il y a parmi les rectangles et hexagones verts et jaunes, le temps de réponse est proportionnel au nombre de distracteurs. (Healey et Enns 1999).

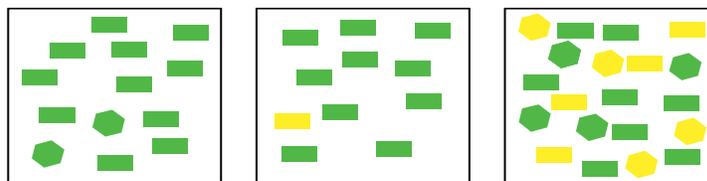


Figure 6: Effet des éléments combinés sur la recherche préattentive
Adaptée de Healey et Enns 1999

Ceci à pour résultat que pour une recherche dans un échéancier de construction, si l'on désire conserver le mode de détection préattentif, il faut que les informations encodés par les textures soient indépendant des informations encodées par la couleur. C'est-à-dire que l'on souhaite chercher soit l'une ou l'autre des informations, mais pas les deux à la fois. De plus, lorsque l'on utilise les textures, le facteur d'échelle devient crucial. En effet, plus la texture est dense, moins l'information se trouvant derrière est accessible. À l'inverse, le fond peut aussi nuire à la lisibilité de la texture. Effectivement, si le fond a une luminosité ressemblant à la texture qui lui est superposée, la lecture sera très difficile à faire. Il est possible de contrer cet effet en doublant une texture, c'est-à-dire en juxtaposant une texture identique d'une luminosité inverse. De cette façon, la lisibilité est possible indépendamment de la luminosité du fond.



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

6 Directives de conception d'un protocole pour l'illustration graphique des opérations de construction

Puisqu'il est impossible d'illustrer toutes les variables régissant un projet de construction en une seule représentation sans causer une grande confusion, la méthode Chronographique propose d'illustrer différentes combinaisons d'entités en des vues compatibles en elles. En outre les vues Chrono-Task, Chrono-Allocation, et Chrono-Location. (Francis 2012). Si deux échelles de couleurs doivent être utilisées, elles devraient respecter les critères suivants :

1. Ne pas dépasser 7 couleurs chacune
2. Les deux types d'échelles doivent être de catégories distinctes reconnues par les utilisateurs.
3. Pour les deux échelles, les couleurs devraient respecter les critères de distinction préattentive i.e la séparabilité linéaire, respecter une certaine distance dans l'espace de couleur ainsi que d'appartenir à une catégorie de couleur forte pour le public ciblé.

En ce qui concerne la règle des 7 couleurs déterminée par Healey, il est possible de dépasser ce nombre dans le cas où il serait assuré que les couleurs semblables seraient juxtaposées. En effet, l'œil distingue une quantité supérieure de couleur s'il est possible de les comparer entre elles, côte à côte.

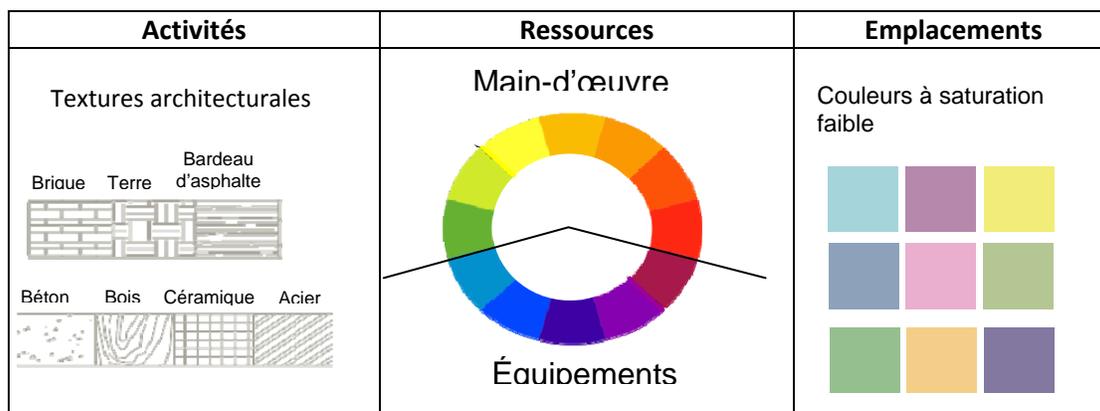


Figure 7: Conception d'un protocole pour l'illustration graphique des opérations de construction

La Figure 7 démontre le premier concept du protocole chronographique pour l'illustration des opérations de construction. Dans ce protocole :

- Les activités sont associées aux textures architecturales et les livrables aux textures naturelles.
- Les ressources seraient alors associées aux teintes de saturation et luminosité normales et avec une sous-catégorie chaud-froid.
- Les emplacements de travail sont représentés par des couleurs à saturation faible, puisque la couleur pale permet d'utiliser du texte ou d'autres éléments en superposition comme la texture.

Le processus de validation du protocole consiste à comparer sur trois exemples différents en utilisant quatre (4) propositions graphiques. Les tests seront effectués sur un total de 12 figures (4 protocoles x 3



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

exemples). Le processus de validation du protocole est effectué par une double vérification. En utilisant un questionnaire pour collecter les préférences des planificateurs et à travers un test qui utilise un coefficient d'optimisation visuel (VCO) pour mesurer la quantité d'information collectée durant un temps prédéfini. Les trois (3) exemples démontrent : un (1) Gantt traditionnel et deux (2) approches différentes de la méthode Chronographique à savoir la Chrono-Affectation et la Chrono-Emplacement. Les quatre (4) protocoles graphiques démontrent : deux (2) propositions qui combinent les couleurs et les Motifs ; une (1) proposition qui illustre les couleurs seulement ; et une (1) proposition avec les couleurs utilisées traditionnellement à savoir le bleu pour les activités non critiques et le rouge pour les activités critiques.

7 Conclusion

Cette recherche concerne la visualisation des données et la communication de l'information clairement et efficacement par des moyens graphiques. L'utilisation appropriée des variables graphiques, c'est-à-dire des représentations graphiques exploitant certaines capacités du système visuel, permet d'améliorer les performances de recherche dans l'échéancier et augmente ainsi l'efficacité. Les habitudes du système visuel se doivent être exploitées et c'est ce à quoi cet article s'intéresse, plus particulièrement l'utilisation adéquate des couleurs et des textures visuelles dans la représentation graphique de la planification des projets de construction. Un encodage des éléments de production par l'utilisation des textures et des couleurs est développé. Cela conduit à une lecture plus efficace des différentes informations graphiques utilisées dans l'échéancier du projet de construction. Le protocole chronographique proposé encode les Entités Physiques qui représentent les opérations de production par l'utilisation de textures et de couleur et s'intéresse à leurs illustrations graphiques. Ces entités sont toutes des entités de type qualitatif, c'est-à-dire composées des éléments pouvant être regroupés, mais non hiérarchisable d'une manière unique. Les textures architecturales et naturelles sont utilisées pour encoder les activités et les livrables respectivement; les teintes de saturation et luminosité normales pour illustrer les ressources avec une sous-catégorie chaud-froid pour distinguer entre la main-d'œuvre et les équipements; et les couleurs à saturation faible pour représenter les emplacements de travail. Le processus de validation du protocole est effectué par une double vérification : En utilisant un questionnaire pour collecter les préférences des planificateurs et à travers un test qui utilise un coefficient d'optimisation visuel (VCO) pour mesurer la quantité d'information collectée durant un temps prédéfini.

8 Références

- Bauer Ben, Jolicoeur Pierre, Cowan B. William 1998. *The linear separability effect in color visual search: Ruling out the additive color hypothesis*, Perception & Psychophysics Vol. 60 No. 6, pp.1083-1093
- Bauer Ben, Jolicoeur Pierre 1996. Cowan B. William, *Visual Search for Colour Targets that Are or Are Not Linearly Separable from Distractors*, Vision Search, Vol. 36, No. 10, pp. 1439-1465
- Bertin Jacques 1977. *La graphique et le traitement graphique de l'information*, France, Flammarion, 273p.
- Bergen, J. R., Landy, M. S. 1991. *Computational modeling of visual texture segregation*, Computational models of visual processing, Cambridge, MIT Press.
- Borland David, Taylor Russell M. II 2007. *Rainbow Color Map (Still) Considered Harmful*, IEEE Computer Graphics & Applications, Vol. 27 No.2 pp.14-17
- D'Zmura Michael 1991, *Color in Visual Search*, Vision Research Vol. 31 No.6 pp.951-966
- Francis, A. 2004. *La méthode chronographique pour la planification des projets*. Thèse de doctorat (20), École de technologie supérieure, Montréal, Université du Québec.
- Francis, A. The Chronographical Approach for construction project modelling. *Management, Procurement and Law*, ICE, in print, 2013.



Montréal, Québec
May 29 to June 1, 2013 / 29 mai au 1 juin 2013

- Francis, A. and Miresco, E. 2006. Toward a new generation of project management software. *Icccbe '06'*, Montreal, Qc, Ca, 1: IC-553, 3558-3567.
- Francis, A. and Miresco, E.T. 2011. Improving the sharing of information on construction projects sites using a chronographical model. *CSCE '11'*, Ottawa, ON, CA, 1: CN-041, 1-8.
- Felder, Richard M., Silverman Linda K. 1988. *Learning and Teaching Styles in Engineering Education*, Engr. Education, Vol.78 No.7, pp.674-681
- Healey. Christopher G. 1996. *Choosing effective colours for data visualization*, Proc. IEEE Visualization '96, pp263-270
- Healey, Christopher G., Enns James T. 1996. *A perceptual colour segmentation algorithm*. Computer Science, University of British Columbia
- Healey Christopher G., Enns James T. 1999. Large Datasets at a Glance: Combining Textures and Colors in Scientific Visualization, IEEE TVCG, Vol. 5, No. 2, avril-juin
- Julesz B. 1986., *Texton Gradients: The Texton Theory Revisited*, Biological Cybernetics, Volume 54 Number 4-5, pp245-251
- Kay P., 1975. *Synchronic Variability and Diachronic Change in Basic Color Terms*, Language in society Vol 4 No3 Décembre, pp.257-270
- Berlin Brent et Kay (1969) *Basic color terms : Their Universality and Evolution*, Berkeley, University of California Press
- Landy, Michael S., Bergen, James R. 1991. *Texture Segregation and Orientation Gradient*, Vision Res. Vol. 31, No. 4, Pergamon Press, pp. 679-693
- Mackinlay Jock D. 1986. *Automating the Design of Graphical Presentations of Relational Information*, ACM Transactions on Graphics, Vol. 5, No. 2, pp. 110-141.
- Malik Jitendra Et Perona Pietro 1990, *Preattentive texture discrimination with early vision mechanisms*, Journal of the Optical Society of America, Vol. 7, No. 5, Mai 1990 pp.923-932
- Malik Jitendra, Belongie Serge, Shi Jianbo et Leung Thomas 1999. *Textons, Contours and Regions: Cue Integration in Image Segmentation*, IEEE Conference on Computer Vision, 1999.
- Rhyne Theresa-Marie, Treinish Lloyd 2000. *Harnessing Natural Textures for Multivariate Visualization*, IEEE Computer Graphics and Applications, Novembre/Décembre pp. 6-11
- Rushing John A. et coll. 2001, Using Association Rules as Texture Features, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, no. 8, août 2001, pp. 845-858
- Sagi D. Julesz B. 1987. *Short-range limitation on detection of feature differences*, Spatial Vision, Vol. 2, No. 1, Science Press, pp. 39-49
- Silva Samuel, Madeira Joaquim, Santos Beatriz Sousa, 2007., *There is More to Color Scales that Meets the Eye: A Review on the Use of Color in Visualization*, Conference Information Visualization (IV'07)
- Tominski Christian, Fuchs Georg, Schumann Heidrun 2008, *Task-Driven Color Coding*, 12th International Conference Information Visualisation Juillet 8-10, IEEE Computer Society pp.373-380
- Tufte Edward R 2001. *The Visual Display of Quantitative Information 2nd Edition*, Graphics Press, 213p.
- Turner M. R., 1986. *Texture Discrimination by Gabor Function*, Biological Cybernetics Vol 55 pp. 71-82
- Ware Colin 2004. *Information Visualization: Perception for Design*, 2^e ed. Morgan Kaufmann
- Ware Colin 1988. *Color Sequences for Univariate Maps: Theory, Experiments, and Principles*, IEEE Computer Graphics and Applications, Sept, pp.41-49
- Wilkins Arnold, Nimmo-Smith Ian, Tait Anne, Mcmanus Christopher, Della Sala Sergio, Tilley Andrew 1984 , *A Neurological Basis for Visual Discomfort*, Brain vol .107 pp.989-1017
- Wilkins Arnold 1985. *Discomfort and visual displays*, Displays, Vol. 6, No 2, Avril 1985, pp.101-103
- Wilkins Arnold, et al. 1992. *Preliminary observations concerning treatment of visual discomfort and associated perceptual distortion*, Ophtal. Physiol. Opt. Vol 12 Avril pp.257-264
- Wilkins Arnold, Huang Jie, Cao Yue 2004. *Visual stress theory and its application to reading and reading tests*, Journal of Research in Reading, Volume 27, No.2, Mai, pp. 152-162