
A Content Aware Approach to Multiscale Navigation

Cyprien Pindat
pindat@lri.fr

Laboratoire de Recherche en Informatique, ORSAY, FRANCE

Thèse soutenue le 20 décembre 2013

1 Introduction

Le monde du numérique se développe à une vitesse grandissante [6]. Alors que nos fenêtres sur ce monde virtuel, les écrans d'ordinateurs, sont de tailles bien trop petites comparées à celle des ensembles de données auxquels sont confrontés de nombreux utilisateurs. Dans des domaines artistiques, des photographes travaillent sur des panoramas de plusieurs millions de pixels de large, comme le panorama de Shanghai [14]. Ou bien des domaines scientifiques, des astrophysiciens travaillent sur des images de notre Galaxie réalisés par des télescopes spatiaux de plusieurs centaines de milliers de pixels de large, tels que les images prises par le télescope spatial Spitzer. Ou encore dans des domaines industriels, où la conception est implique la réalisation de modèle virtuelles aussi complexe que le modèle Boeing 777, qui compte pas moins de 350 millions de polygones [5]. Des utilisateurs sont confrontés aux mêmes difficultés de comprendre un espace de donnée trop grand pour être affiché sur un écran. Des jeux de données d'une telle ampleur sont également générés par des plates-formes de connaissances collaboratives, comme le système de cartographie OpenStreetMap [13] qui fournissent une cartes de notre globe de plusieurs millions de pixels de large.

Pour visualiser ces ensembles de données, les utilisateurs ont besoin d'interfaces aux capacités multi-échelles, qui permettent l'exploration interactive des données en facilitant la transition entre vues zoomées et vues dé-zoomées. Ces interfaces doivent permettre à l'utilisateur d'examiner les informations en détail tout en étant capable de les interpréter dans un contexte plus global [12]. La conception de ces interfaces a été un des sujets principaux de la recherche en Interaction Homme-Machine de ces vingt dernières années, et la conception des techniques proposées sont généralement basées sur l'un des trois schémas d'interface principaux suivant: les interfaces *zoomables*, les interfaces dites *Focus + Context*, les interfaces *Overview + Detail*; ou bien une combinaison de ces derniers [4]. Parmi ces techniques, celles qui proposent une grande vue d'ensemble occupant généralement la totalité de la fenêtre, à laquelle on va superposer des vues grossies des données sont appelées des lentilles grossissantes (Figure:1). Ces différentes techniques permettent d'intégrer plusieurs représentations à différents niveaux de détails du jeux de données de manière simple et plus lisible pour l'utilisateur [7].

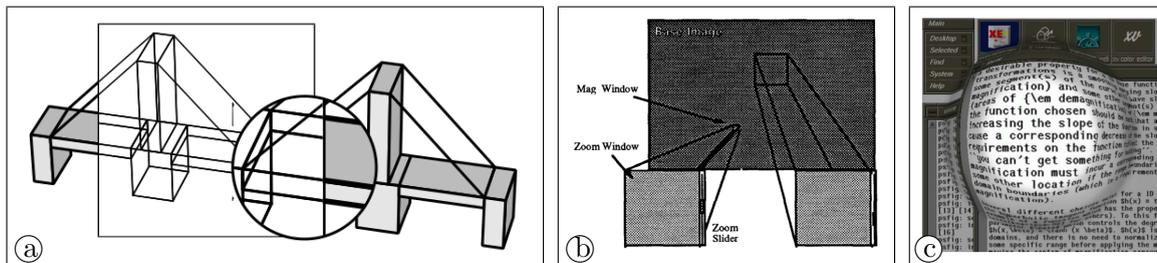


Figure 1: Trois interfaces multi-échelles : (a) les Magic Lenses [1] superposent un grossissement locale des données à une vue d'ensemble, l'intégration est discontinue et génère l'occlusion du contexte environnant; (b) Dragmag [15] déporte la représentation grossie dans une fenêtre mobile se qui permet de révéler de manière interactive le contexte sous-jacent; et (c) les techniques de lentilles fisheye [8] intègrent de manière continue la vue zoomée dans le contexte environnant en utilisant de la distorsion.

La conception de tels interfaces soulève trois défis principaux.

Intégration du détail dans le contexte:

Identifiée par Plumlee et Ware, la compréhension de la relation spatiale entre la vue zoomée affichée par la lentille et la vue contextuelle affichée autour de la lentille, est l'un des principaux défis soulevés par la conception de techniques basées sur les lentilles grossissantes [10]. En effet, pour que l'utilisateur profite pleinement des deux représentations à deux niveaux d'échelles, il doit pouvoir comprendre où se trouvent les objets affichés par la lentille, dans la vue dé-zoomée, ainsi que le facteur de grossissement utilisé, ou bien l'angle sous lequel sont vues ces objets par la lentille.

Dans le monde de la 2D, les techniques *focus+context* utilisent la distorsion géométrique afin d'intégrer de manière continue la vue zoomée dans la vue dé-zoomée, facilitant ainsi la compréhension de la relation spatiale. Cependant elle cause des problèmes de compréhension à l'utilisateur [2, 3]. En effet, cette transformation distord la forme des objets d'intérêts se trouvant dans la zone de transition, perturbant leur reconnaissance par les utilisateurs.

Alors que dans le monde de la 3D, les scènes complexes tels que les modèles de CAO, soulèvent également des problèmes de conception. En effet, ces modèles sont constitués de nombreuses pièces, imbriquées les unes dans les autres, et génèrent beaucoup d'occlusions. Ainsi, une pièce mise en évidence par la lentille pourra ne pas être visible dans la vue contextuelle, elle pourrait, par exemple, être cachée par une autres pièces, rendant impossible la compréhension de la relation spatiale entre les deux vues, gênant ainsi un bonne lecture de la visualisation.

Interaction:

Comme le suggère Mackinlay [9], naviguer dans de larges espaces d'information ne

se résout pas à une représentation multi-échelle statique. En effet, pour permettre une inspection en détail, l'utilisateur doit pouvoir réajuster de manière interactive les paramètres de la vue, il doit pouvoir sélectionner un objet d'intérêt, le faire apparaître dans la lentille, ajuster le niveau de zoom et l'angle de vue. Autant de paramètres que l'utilisateur doit pouvoir contrôler en se détournant le moins possible de son objectif premier qui est l'exploration. La conception des interactions permettant un exploration fluide est également un défi de taille pour la conception d'une interface de navigation multi-échelles.

Combinaison de plusieurs lentilles:

L'un des intérêt des techniques de lentilles grossissantes est qu'elle permettent de combiner plusieurs lentilles sur une même représentation. Cette caractéristique des lentilles permet ainsi à l'utilisateur d'inspecter simultanément deux objets distants à l'aide de deux lentilles différente, facilitant ainsi grandement la comparaison de ceux-ci [11]. Combiner plusieurs lentilles permet également de proposer des vues complémentaires d'un même objet d'intérêt. Seulement, la présence de plusieurs lentilles sur une représentation génère des conflits, définir le comportement des lentilles, et les interactions nécessaires pour les manipuler restent un défis pour permettre une utilisation aisée de celles-ci.

1.1 Approche de la thèse

Cette thèse introduit une nouvelle approche de conception pour relever les défis de la conception d'interfaces multi-échelles. En effet, nous avons identifié deux approches de conceptions traditionnelles, mise en oeuvre dans la conception des techniques existantes. Tout d'abord, l'approche dites *dirigée par le contenu*, qui chercher à optimiser l'interface pour la navigation dans un type de contenu particulier. Cette approche profite de la structure de la représentation induite par le type de données pour faciliter la visualisation des information pertinentes par l'utilisateur.

La deuxième approche de conception identifiée est celle dites *agnostique au contenu*. En adoptant cette approche, on conçoit des techniques génériques permettant la navigation dans tout type de représentation.

Nous introduisons dans cette thèse une troisième approche de conception dites *sensible au contenu* qui adapte de manière dynamique l'interface au contenu focalisé pour proposer des visualisations plus pertinentes. Cette approche présente deux intérêts principaux, en optimisant localement les données elle permet de concevoir à la fois des visualisation plus pertinente qui profite de la structure locale des données, tout en pouvant s'adapter à un

plus large panel de type de données.

Dans ce manuscrit nous abordons différents défis de la conception d'interface multi-échelles en mettant en oeuvre cette nouvelle approche de conception. Nous présentons trois techniques de navigations qui abordent la navigation dans de grands ensembles de données, aussi bien en 2D qu'en 3D. Nous présentons dans un premier temps Arealens et Pathlens, deux lentilles de grossissement 2D dont la forme de la région focale va s'adapter à la géométrie des objets d'intérêts, afin de proposer une meilleure intégration de la vue zoomée dans son contexte environnant. Une expérience de laboratoire met en évidence un gain de performance de la technique Arealens par rapport aux lentilles de grossissement classiques, pour une tâche de recherche visuelle. Nous introduisons ensuite Gimlens, une lentille de grossissement permettant l'exploration de modèles 3D complexes. Gimlens permet d'identifier rapidement les objets d'intérêt de la scène, d'afficher des vues détaillées de ces objets, de parcourir des orbites autour de ceux-ci et de les mettre en perspective dans leur contexte environnant. L'utilisateur peut également combiner les lentilles pour afficher simultanément différentes vues complémentaires de la scène.

1.2 Contributions

Cette thèse fait trois types de contributions. (1) Nous introduisons une nouvelle approche pour la conception d'interface de navigation multi-échelles, cette approche permet l'adaptation dynamique de l'interface en fonction du contenu focalisé par l'utilisateur. (2) Nous introduisons deux techniques de lentilles fisheye adaptatives dont la forme s'adapte en fonction de la forme des objets focalisés par l'utilisateur. (3) Nous introduisons également une nouvelle bibliothèque logicielle de présentation qui permet la réalisation des lentilles fisheye, pouvant combiner plusieurs régions focales de formes arbitraires. (4) Nous présentons une lentille de grossissements pour la navigation dans des modèles 3D complexes

2 Contenance de la thèse

Le manuscrit est organisé de la manière suivante. Le premier chapitre introduit le domaine de la visualisation multi-échelles, en introduisant les notions clés qui seront utilisées par la suite. Nous introduisons une chaîne de processus propre à la navigation multi-échelles. Ensuite nous présentons les différents types d'interface introduites par la recherche ou l'industrie. Enfin nous terminons en introduisant les différentes approches de conception que l'on trouve dans la recherche ou l'industrie et présentons notre nouvelle approche de conception.

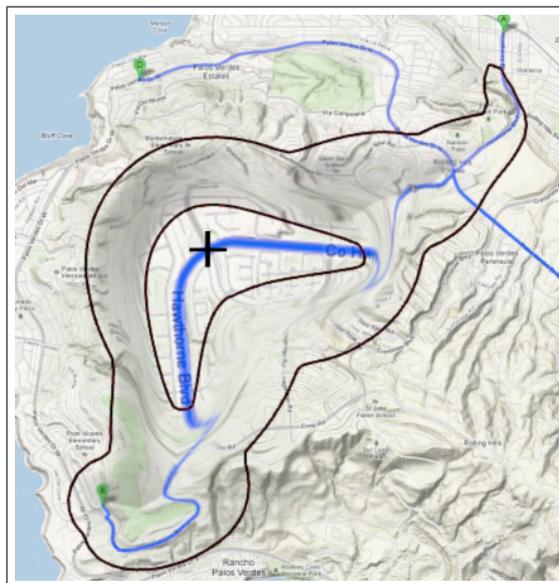


Figure 2: Une lentille Pathlens s’adapte pour magnifier une portion plus importante d’un itinéraire demander sur un service de cartographie en ligne.

2.1 Pathlens: Une technique de lentille fisheye pour le suivi de chemins

La distorsion est utilisée avec succès pour intégrer de manière continue la région focale dans son contexte environnant. En effet en compressant la représentation environnant la région focale, on parvient à éviter son occultation. Cependant, l’utilisation de distorsion géométrique non linéaire déforme les objets d’intérêts, les rend difficilement reconnaissable et compromet sa commodité d’utilisation par les utilisateurs de ces techniques [2, 3].

Pour pallier à ce problème, nous introduisons Pathlens, une lentille grossissante de type fisheye dont la forme va s’adapter dynamiquement en fonction de la forme des objets magnifier par la lentille, afin de les prémunir de toute distorsion et de proposer une visualisation plus pertinente. La lentille est utilisée de manière conventionnelle, l’utilisateur la déplace, sur la représentation afin de magnifier successivement les différentes informations. La configuration de la lentilles dépend de sa position actuelle et la répartition des objets d’intérêts aux alentours. Loin de tout objet d’intérêt, la lentille adopte une forme circulaire par défaut, alors que celle ci se rapproche d’un objets d’intérêt, sa forme va progressivement se transformer pour finalement adopter celle de l’objet d’intérêt, voir Figure 3. Cette effet n’est pas sans rappeler l’effet d’une goutte d’eau qui glisserait sur le fil d’une toile d’araignée, ou bien de manière générale qui glisserait sur une surface présentant des aspérités.

Cette technique est introduite dans le chapitre 2 du manuscrit. Nous présentons ensuite

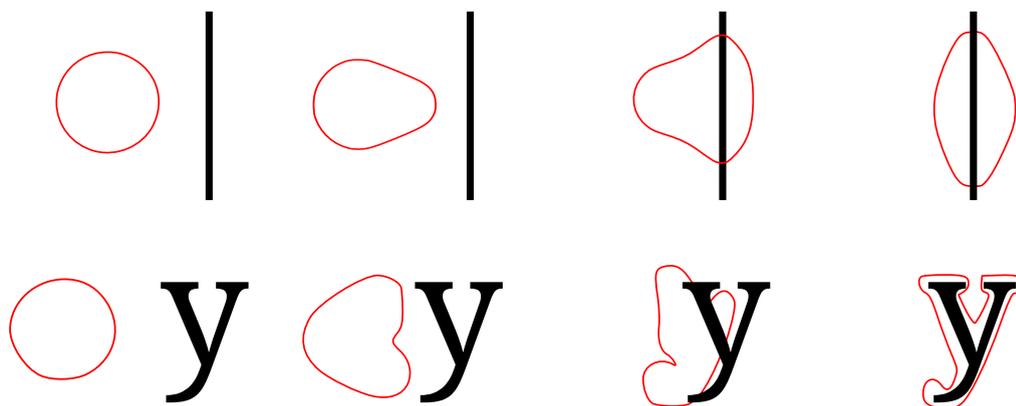


Figure 3: L'effet de transformation de Pathlens: la forme de la lentille se transforme progressivement en la forme de l'objet d'intérêt. Nous utilisons cette technique de transformation pour définir à la fois la forme de la région focale et la forme de la région contextuelle de la lentille.

plus en détails la manière de mettre en oeuvre une telle technique pour l'exploration de grands ensembles de données. Nous montrons également que cette technique a été conçue pour la navigation dans des ensembles clairsemés d'objets d'intérêts, et montre ses limites alors que l'espace entre les objets d'intérêts diminue. Le problème des champs d'objets 2D est abordé par une autre technique introduite dans le chapitre suivant.

2.2 Une lentille fisheye pour la dilatation d'objets dans un champs 2D

Nous introduisons dans le Chapitre 3 du manuscrit Arealens, une technique fisheye qui permet d'élargir successivement les différents objets d'intérêts tout d'un bloc. Cette technique met en oeuvre une technique de repositionnement spatial des objets d'intérêt, permettant de grossir l'objet focalisé par la lentille tout en évitant toute occlusion avec les objets environnants et ce même dans un contexte de forte densité. La technique translate et rétrécit tous les objets environnant pour permettre à l'objet focalisé d'être grossi.

Nous présentons dans un premier tant la technique de repositionnement des objets d'intérêt. Celle-ci doit permettre de fournir l'espace nécessaire à l'élargissement de l'objet focale tout en préservant au mieux leurs positionnements relatifs. Nous introduisons ensuite dans le chapitre comment mettre en oeuvre cette technique, et comment réaliser la distorsion afin d'intégrer de manière continue tout les objets d'intérêts dans le contexte environnant.

Nous présentons ensuite les résultat d'une expérience de laboratoire mettant en évidence un gain significatif de performance par rapport à une technique de lentille fisheye classique lors d'une tâche de recherche visuelle.

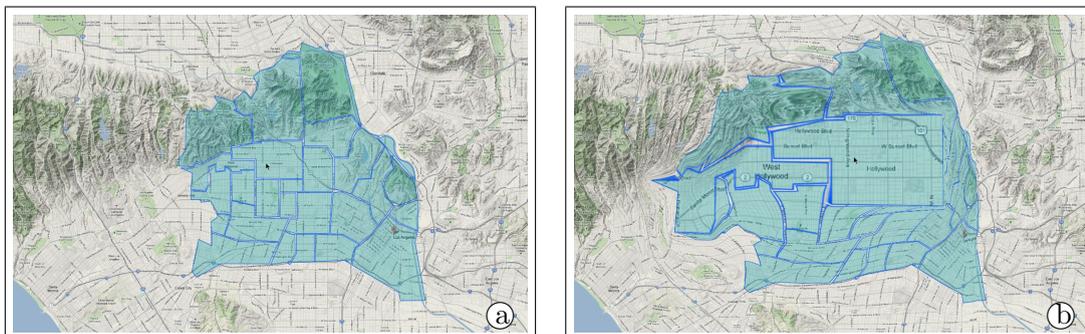


Figure 4: (a) Carte des quartiers de Los Angeles (pas de lentilles). (b) AreaLens élargit le quartier d'Hollywood et une partie de West Hollywood.

2.3 *Jelly Library*: prototypage de présentations basée sur de la distorsion

Nous introduisons dans le chapitre 4 de la thèse une bibliothèque logicielle permettant de réaliser des présentations utilisant de la distorsion, permettant de réaliser de lentille fisheye présentant une ou plusieurs régions focales de formes arbitraires. Nous avons développé cette bibliothèque afin de mettre en œuvre les deux techniques Arealens et Pathlens présentés dans les deux Chapitres précédents.

Déterminer la fonction de transformation permettant de réaliser des régions de distorsion afin d'intégrer des régions de formes arbitraires est ardue. Nous introduisons une autre approche où l'utilisateur n'a qu'à indiquer la géométrie des régions focales, et la transformation linéaire qu'il souhaite au sein de chacune d'elles. La bibliothèque se charge ensuite de créer la distorsion permettant d'intégrer de manière continue les différentes régions plates.

La fonction de distorsions est basée sur une technique d'interpolation en raison inverse des distances de chaque point à chacune des régions. Nous introduisons dans ce chapitre les fondements mathématiques d'une telle technique, nous introduisons ensuite l'interface que nous avons mise en œuvre pour permettre au designer de réaliser simplement des présentations riches et complexes. Nous présentons ensuite quelques détails sur la mise en œuvre d'une telle bibliothèque qui repose sur un développement sur la carte graphique afin de réaliser des visualisations interactives pour permettre à l'utilisateur une exploration temps réel des données.

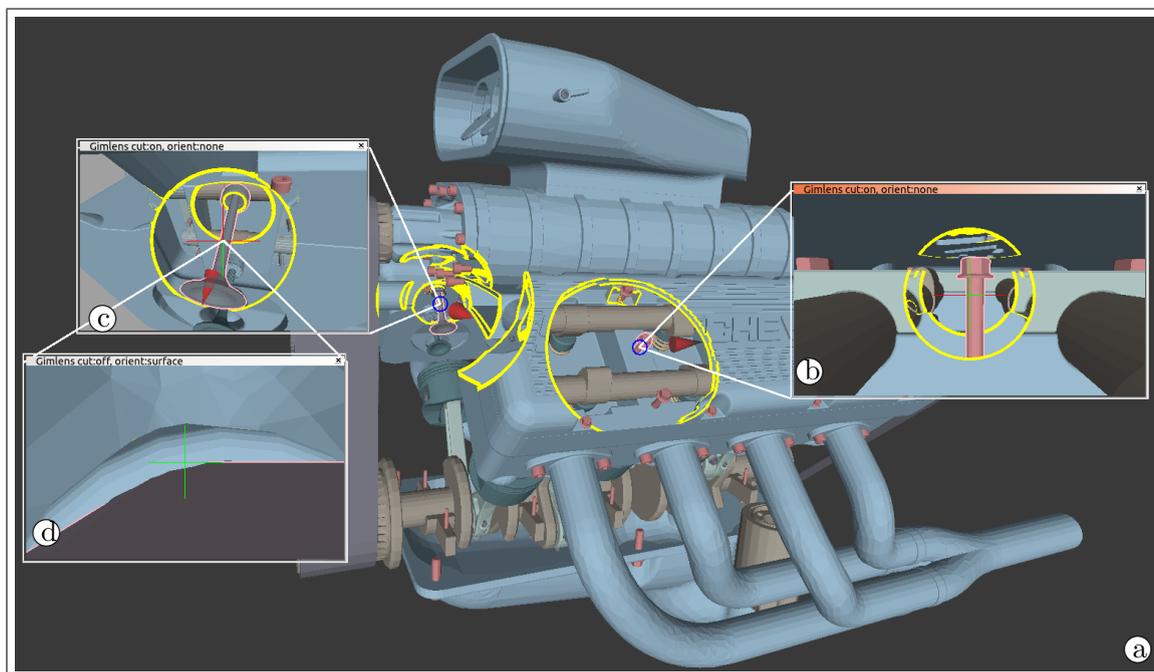


Figure 5: Exploration d'un moteur de voiture. Trois lentilles Gimlens proposent des vues détaillées de différents éléments du moteur, à différents niveaux de grossissement, différentes orientations, tout en indiquant leurs positions dans la modèle global. (a) La vue contextuelle montrant la globalité du modèle. (b) Vue zoomée et de profil d'un boulon sous le capot, et donc originellement cachée par ce dernier. (c) Vue faisant apparaître complètement une soupape, dans son contexte, vue d'un angle différent que la vue principale, avec (d) une autre Gimlens proposant une vue rasant de la soupape.

2.4 Une lentille de grossissement naviguer dans des scènes 3D complexes

Après avoir aborder des problème de navigation dans des représentation en 2D, nous avons ensuite souhaiter aborder des problème de navigation dans des modèles en 3D. Nous introduisons dans le chapitre 5 de la thèse la technique Gimlens qui permet la navigation dans des modèles complexe en 3D. La CAO, utilisées par de nombreuses industrie, génère des modèles complexes, dans lesquelles, de multiple éléments sont imbriqués les uns à côtés des autres, où bien même parfois les uns dans les autres, se cachant mutuellement, partiellement ou totalement. A cause de toute cette occlusion générés, la navigation dans de telles modèles à très complexe.

Gimlens intègre une nouvelle technique de gestion de l'occlusion en 3D permettant de révéler l'objet focalisé. Celle-ci s'adapte automatiquement en fonction de la tailles de l'objet focalisé, de la taille de l'objet occultant, et de l'interaction de l'utilisateur afin de fournir le meilleur compromis entre visibilité de l'objet focalisé et préservation de l'information contextuelle environnante.

2.5 Perspectives

Cette thèse à donc poursuivit deux buts, contribuer de manière théorique à la conception d'interface de navigation multi-échelles tout d'abord en catégorisant les méthode classiques et en introduisant une nouvelle approche. Dans un second temps, contribuer à la navigation multi-échelles en introduisant plusieurs technique de navigation abordant chacune de problème spécifique. L'approche sensible au contenu mise en oeuvre à plusieurs reprise dans cette thèse est basée sur la connaissance de la description géométrique des objets d'intérêts qui n'est pas toujours directement disponibles. Par exemple ces techniques ne s'appliquent pas dans le cas d'images brutes, qui nécessite un pré-traitement afin d'en extraire la description des objets. Chercher à rendre ce processus interactif augmenterait le domaine d'applicabilité des techniques étudiées.

References

- [1] E. A. Bier, M. C. Stone, K. Pier, W. Buxton, and T. D. DeRose. Toolglass and magic lenses: the see-through interface. In *SIGGRAPH '93: Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, SIGGRAPH '93, pages 73–80. ACM, 1993. 2
- [2] M. S. T. Carpendale, D. J. Cowperthwaite, and F. D. Fracchia. Making distortions comprehensible. In *Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Visual Languages (VL '97)*, VL '97, pages 36–45. IEEE, 1997. 2, 5
- [3] M. S. T. Carpendale, J. Ligh, and E. Pattison. Achieving higher magnification in context. In *UIST '04: Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '04, pages 71–80. ACM, 2004. 2, 5
- [4] A. Cockburn, A. Karlson, and B. B. Bederson. A review of overview+detail, zooming, and focus+context interfaces. *ACM CSUR*, 41:2:1–2:31, 2009. 1
- [5] A. Dietrich, A. Stephens, and I. Wald. Exploring a boeing 777: Ray tracing large-scale cad data. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 27(6):36–46, 2007. 1
- [6] J. F. Gantz and C. Chute. The diverse and exploding digital universe: An updated forecast of worldwide information growth through 2011. IDC, 2008. 1
- [7] J. Grudin. Partitioning digital worlds: focal and peripheral awareness in multiple monitor use. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '01, page 458–465, New York, NY, USA, 2001. ACM. 1
- [8] T. Keahey and E. Robertson. Techniques for non-linear magnification transforma-

- tions. In *Information Visualization '96, Proceedings IEEE Symposium on, INFOVIS '96*, pages 38–45, 1996. 2
- [9] J. D. Mackinlay, G. G. Robertson, and S. K. Card. The perspective wall: detail and context smoothly integrated. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Reaching through technology*, CHI '91, pages 173–176. ACM, 1991. ACM ID: 108870. 2
- [10] M. Plumlee and C. Ware. An evaluation of methods for linking 3D views. In *Proceedings of the 2003 symposium on Interactive 3D graphics, I3D '03*, page 193–201, New York, NY, USA, 2003. ACM. 2
- [11] M. D. Plumlee and C. Ware. Zooming versus multiple window interfaces: Cognitive costs of visual comparisons. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 13(2):179–209, jun 2006. 3
- [12] B. Shneiderman. The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. In *IEEE Symposium on Visual Languages, 1996. Proceedings*, pages 336–343, 1996. 1
- [13] <http://www.openstreetmap.org/>. 1
- [14] <http://www.shanghai-272-gigapixels.com/>. 1
- [15] C. Ware, M. Lewis, and O. F. Creativity. The DragMag image magnifier. In *Conference companion on Human factors in computing systems*, CHI '95 EA, page 407–408, New York, NY, USA, May 1995. ACM. 2