

Perception des visualisations sur smartwatch

Visualization perception on smartwatches

Tanja Blascheck, Lonni Besançon, Anastasia Bezerianos, Bongshin Lee, and Petra Isenberg

Résumé—We present a perceptual study to assess how quickly people can perform a simple data comparison task for small-scale visualizations on a smartwatch. The main goal of this study is to extend our understanding of design constraints for smartwatch visualizations. We conducted a two-alternative forced choice experiment in which we assessed the lower bounds of task time for three common data representations on smartwatches (bar charts, donut charts, and radial bar charts) with three different data sizes for each representation (7, 12, and 24 data values) for a simple data comparison task. Through this experiment we found that participants were able to reach task time thresholds between ~160–245 ms across all data sizes for bar and donut charts, while the radial bar chart threshold was considerably higher at 1550 ms.



1 INTRODUCTION




L'utilisation des smartwatches aux États-Unis devrait augmenter de 60% en 2019, amenant ~15% des consommateurs à posséder une smartwatch [14]. Les smartwatches sont notamment utilisées pour monitorer les activités ou répondre aux notifications. (e. g., [11], [13]–[15]). Des études récentes de l'utilisation de la smartwatch sur le terrain montrent que la majorité des interactions avec des smartwatches impliquent des coups d'œil succints à la montre [13], souvent en dessous du seuil de 5 s. Ces coups d'œil limitent la quantité d'informations qu'un utilisateur peut assimiler et suggèrent que les interfaces des montres doivent être adaptées à ces aperçus rapides et être conçues pour transmettre l'information aussi rapidement que possible.

Les représentations visuelles des données, de par leur conception, permettent de transmettre efficacement l'information et de réduire le temps de lecture [4]. Par conséquent, elles peuvent être adaptées pour fournir un maximum d'informations lors de brefs coups d'œil à une montre smartwatch. Il existe de nombreux contextes d'application possibles, dans lesquels les visualisations peuvent aider à fournir des informations détaillées en un coup d'œil rapide. Par exemple, dans le contexte du suivi de données personnelles, les visualisations sur les smartwatches peuvent montrer les progrès d'un entraînement, représenter des indicateurs de condition physique et de santé ou montrer des profils d'élévation lors d'une randonnée.

Bien que les visualisations sur smartwatch présentent des avantages potentiels, la petite taille de l'écran ainsi le visionnement spécifique à cet outil (i. e., coups d'œil

succints) posent des défis uniques en matière de conception. Récemment, des travaux se sont focalisés sur les visualisations à petite échelle, par exemple, des graphiques de la taille d'un mot ou "word-sized graphics" (e. g., [1], [3], [7], [9], [12]) et les glyphes de données (e. g., [2], [5], [16]). Cependant, ces travaux n'ont pas pris en compte le contexte particulier d'utilisation des smartwatches—et en particulier la rapidité avec laquelle les utilisateurs peuvent lire des visualisations à petite échelle. Il existe peu de lignes directrices en matière de visualisation pour la conception de visualisations à petite échelle, et nous n'en connaissons aucune qui tienne compte à la fois des petites tailles d'affichage et des temps de visionnement courts. Par conséquent, nous présentons la conception et les résultats d'une étude perceptuelle menée pour évaluer la rapidité avec laquelle les utilisateurs peuvent lire l'information à partir de visualisations à petite échelle sur une smartwatch.




2 EXPÉRIENCE CONTRÔLÉE

Nous avons mis en place une expérience contrôlée afin de trouver le *seuil de temps* nécessaire à des utilisateurs pour une simple comparaison de données sur une smartwatch avec trois *types de visualisation* (Bar , Radial  et Donut ) et trois *tailles de données* (7, 12, et 24) (cf. Figure 1 et Figure 2). Sur chaque graphique, nous avons mis en évidence deux valeurs de données cibles à l'aide de points noirs et la tâche des participants consistait à sélectionner la plus grande des deux cibles. Nous avons utilisé le design *two-alternative forced choice* [8], [10] et la méthode *weighted up/down staircase* : nous diminuons le temps d'exposition de 300 ms après trois réponses correctes et l'augmentons de 100 ms après chaque erreur. Pour les premiers essais, le temps d'exposition diminue de 300 ms par essais jusqu'à la première erreur. Ensuite, la méthode escalier décrite précédemment commence. Cette méthode conduit généralement à un seuil qui représente ~91% de réponses correctes [6]. Pour chaque condition, les participants ont d'abord effectué dix essais d'entraînement, puis une série d'essais jusqu'à ce que l'un des deux critères de terminaison

- Tanja Blascheck: Inria, Univ. Paris Saclay
E-mail: tanja.blascheck@inria.fr
- Lonni Besançon: Linköping University, Department of Science and Technology, Norrköping, Sweden; Univ. Paris Saclay
E-mail: lonni.besancon@gmail.com
- Anastasia Bezerianos: Univ. Paris-Sud, CNRS, Inria, Univ. Paris Saclay
E-mail: anab@lri.fr
- Bongshin Lee: Microsoft Research
E-mail: bongshin@microsoft.com
- Petra Isenberg: Inria, Univ. Paris Saclay
E-mail: petra.isenberg@inria.fr




soit atteint : (1) 15 inversions de diminution-augmentation et d'augmentation-diminution, ou (2) un participant avait effectué 150 essais au total. Nous contrebalançons les *type de visualization* l'ordre des tailles *tailles de données*.




Nous avons utilisé une Sony SmartWatch 3 avec le système Android Wear 2.8.0. La smartwatch dispose d'une zone d'écran visible de 28.73 mm × 28.73 mm et une résolution de 320 px × 320 px (= taille de pixel de 0.089 mm). Nous avons attaché la smartwatch à un support ajustable à un angle de 50° (cf. Figure 3). Au début de l'étude, nous avons ajusté le stand de manière à ce que la smartwatch soit placée à une distance de vision de 28 cm.



Nous avons recruté 18 participants (7 femmes), avec une moyenne d'âge de 30 ans. ($SD = 7.7$). Dix étaient des chercheurs et huit étudiants. Tous les participants avaient une formation en informatique alors que la plupart d'entre eux provenaient du domaine de l'IHM (9) ou de la visualisation (5). Tous les participants avaient une vision normale ou corrigée à normale et n'avaient aucune déficience de vision des couleurs. Douze participants ont déclaré avoir de l'expérience avec les visualisations, en moyenne pendant 6,83 ans. ($SD = 7.12$). Les participants ont évalué leur degré de familiarité avec le Bar  ($M = 4.89, SD = 0.32$), le Donut  ($M = 4.11, SD = 1.23$) et le Radial  ($M = 2.28, SD = 1.27$) sur une échelle de Likert de 5 points (1 : pas du tout familier et 5 : très familier).

3 RÉSULTATS ET CONCLUSION

Nous avons mesuré le *seuil de temps* pour chaque escalier, seuil à partir duquel les participants atteignent ~91% de réponses correctes pour la combinaison particulière de *type de visualization* × *taille de données* [6]. Nous calculons le seuil comme le temps moyen de tous les points d'inversion après la deuxième inversion. La Figure 4 montre un exemple d'escalier avec des points d'inversion marqués.

Le tableau 1 (colonne de gauche) résume les seuils moyens des trois types de graphiques pour toutes les tailles de données. Les résultats montrent clairement que le seuil de Radial  était supérieur de plus de 1000 ms en moyenne dans les deux cas. Il y a des preuves solides que le seuil pour Bar  était plus élevé que Donut  mais la différence entre les deux est faible.

Notre étude montre que la hauteur des barres individuelles ou des secteurs de donut peut être évaluée en quelques centaines de millisecondes. Pour le Radial  jusqu'à la taille 7 peut également être évalué en un coup d'œil. Mais, pour plus de données les seuils sont beaucoup plus élevés et varient considérablement d'un participant à l'autre. Un autre inconvénient de Radial  est la largeur de barre disponible. En raison de son encodage, les barres ont la moitié de la taille d'un Bar  pour le même nombre d'éléments, ce qui rend toute tâche de distinction plus difficile.

Les résultats obtenus dans le cadre de notre étude soulignent également que Bar  et Donut  donnent des résultats similaires. Pour les valeurs de données 7 et 12, les différences sont sous 100 ms et en dessous de 200 ms pour 24. Ces faibles différences nous portent à croire que lors

de la création de visualisations, les designers peuvent les utiliser de façon presque interchangeable.

Nos seuils sont une limite inférieure pour la lisibilité parce que nous avons utilisé une montre statique. Dans la pratique, nous ne gardons pas notre bras tout à fait stable, surtout lorsque nous marchons ou courons. Une orientation intéressante pour les travaux futurs consiste à étudier la lisibilité in situ pendant que les gens se déplacent ou participent à des activités sociales (bavarder, manger, marcher ou courir).

4 REMERCIEMENTS

Nous remercions Sarkis Halladjian pour ses relectures et suggestions.

RÉFÉRENCES

- [1] F. Beck and D. Weiskopf. Word-sized graphics for scientific texts. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(6) :1576–1587, 2017.
- [2] R. Borgo, J. Kehler, D. Chung, E. Maguire, R. Laramée, H. Hauser, M. Ward, and M. Chen. Glyph-based visualization : Foundations, design guidelines, techniques and applications. In *Proceedings of Eurographics - State of the Art Reports*, pages 39–63. The Eurographics Association, 2013.
- [3] U. Brandes, B. Nick, B. Rockstroh, and A. Steffen. Gestaltlines. *Computer Graphics Forum*, 32(3) :171–180, 2013.
- [4] S. K. Card, J. D. Mackinlay, and B. Shneiderman. *Readings in Information Visualization : Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, USA, 1999.
- [5] J. Fuchs. *Glyph Design for Temporal and Multi-Dimensional Data : Design Considerations and Evaluation*. PhD thesis, Universität Konstanz, Konstanz, 2015.
- [6] M. García-Pérez. Forced-choice staircases with fixed step sizes : asymptotic and small-sample properties. *Vision Research*, 38(12) :1861–1881, 1998.
- [7] P. Goffin, J. Boy, W. Willett, and P. Isenberg. An exploratory study of word-scale graphics in data-rich text documents. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(10) :2275–2287, 2017.
- [8] M. Greene and A. Oliva. The briefest of glances : The time course of natural scene understanding. *Psychological Science*, 20(4) :464–72, 2009.
- [9] B. Greenhill, M. Ward, and A. Sacks. The separation plot : A new visual method for evaluating the fit of binary models. *American Journal of Political Science*, 55(4) :991–1002, 2011.
- [10] F. A. A. Kingdom and N. Prins. *Psychophysics : A Practical Introduction*. Elsevier, 1st edition, 2010.
- [11] C. Min, S. Kang, C. Yoo, J. Cha, S. Choi, Y. Oh, and J. Song. Exploring current practices for battery use and management of smartwatches. In *Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers*, pages 11–18. ACM, 2015.
- [12] C. Perin, R. Vuillemot, and J.-D. Fekete. SoccerStories : A kick-off for visual soccer analysis. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12) :2506–2515, 2013.
- [13] S. Pizza, B. Brown, D. McMillan, and A. Lampinen. Smartwatch in vivo. In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 5456–5469. ACM, 2016.
- [14] The NPD Group, Inc. Smartwatch ownership expected to increase nearly 60 percent into 2019. Online Press Release, 2017. Accessed Mar 26, 2018.
- [15] A. Visuri, Z. Sarsenbayeva, N. van Berkel, J. Goncalves, R. Rawassizadeh, V. Kostakos, and D. Ferreira. Quantifying sources and types of smartwatch usage sessions. In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 3569–3581. ACM, 2017.
- [16] M. Ward. Multivariate data glyphs : Principles and practice. In 1st, editor, *Handbook of Data Visualization*, pages 179–198. Springer, 2008.

TABLE 1

Seuils moyens (thr.) et intervalles de confiance (CI) pour toutes les tailles et pour chaque *taille de données*.




	Toutes tailles confondues		7 valeurs		12 valeurs		24 valeurs	
	thr.	CI	thr.	CI	thr.	CI	thr.	CI
Bar 	245 ms	[221 ms, 272 ms]	168 ms	[228 ms, 422 ms]	208 ms	[240 ms, 187 ms]	360 ms	[307 ms, 432 ms]
Donut 	159 ms	[155 ms, 164 ms]	157 ms	[147 ms, 165 ms]	158 ms	[154 ms, 164 ms]	162 ms	[158 ms, 168 ms]
Radial 	1548 ms	[1116 ms, 2030 ms]	286 ms	[228 ms, 422 ms]	766 ms	[415 ms, 1519 ms]	3593 ms	[2515 ms, 4679 ms]



FIGURE 1. Un stimulus montré sur la Smartwatch.

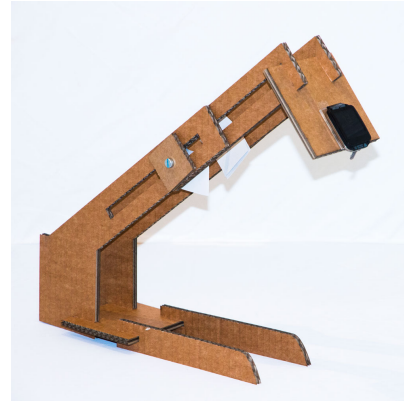


FIGURE 3. Setup expérimental, montrant la Sony SmartWatch 3 attachée au support ajustable.

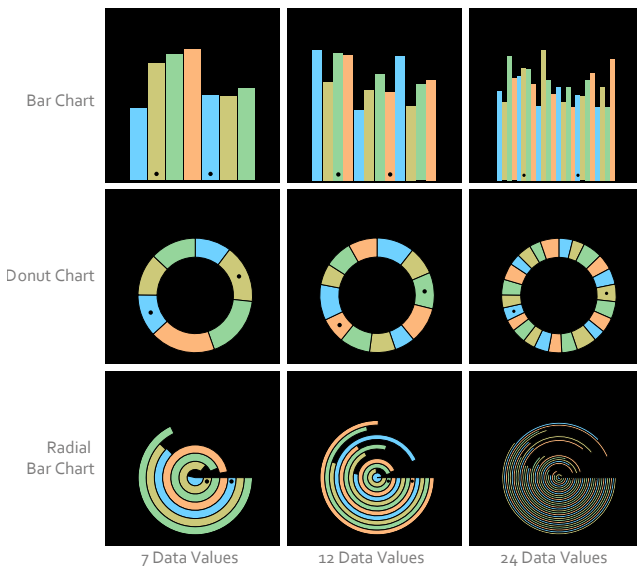


FIGURE 2. Exemples d'images des stimuli utilisés dans l'étude. Nous avons testé trois *types de visualisation* (Bar, Radial, and Donut) avec trois tailles de données (7, 12 et 24) sur une smartwatch.

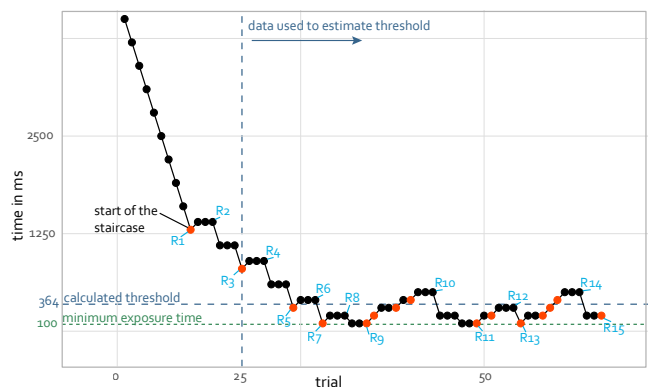


FIGURE 4. Staircase (escalier) de P02 pour le bar chart avec une *taille des données* de 24. Les essais en rouge sont des erreurs. La ligne bleue verticale indique la troisième inversion, au-delà, tous les points d'inversion sont moyennés pour calculer le seuil (ligne bleue horizontale). Les points d'inversion R1-R15 sont étiquetés.