

La confection automatique des cartes électorales

par

Gilbert Laporte

*GERAD and École des Hautes Études Commerciales
3000 chemin de la Côte-Sainte-Catherine
Montréal Canada H3T 2A7*

gilbert@crt.umontreal.ca

Avril, 1999

Les Cahiers du GERAD

G-99-23

Résumé

Il est généralement reconnu que le processus de découpage électoral doit être à l'abri du gerrymandering et de l'intervention politique. L'utilisation de méthodes automatiques est un gage d'objectivité. Cet article résume un algorithme capable de produire des circonscriptions électorales contiguës, compactes et ayant des populations sensiblement égales. La méthode est illustrée sur l'Île de Montréal.

Abstract

It is generally recognized that the political districting process should be free of gerrymandering or of political intervention. The use of automatic techniques is a good way to guarantee objectivity. This article summarizes an algorithm capable of producing electoral districts satisfying several criteria, including contiguity, compactness, and equality of population. The method is illustrated on the Island of Montreal.

Présenté à la Société Royale du Canada le 29 avril 1999.

Dans les régimes parlementaires de type britannique, chaque circonscription élit un député à la majorité simple et le gouvernement est confié au parti ayant fait élire le plus grand nombre de députés. Ce type de système engendre plusieurs distorsions et il arrive que le parti porté au pouvoir ne recueille pas la majorité simple des voix. L'histoire contemporaine montre que certains politiciens sont passés maîtres dans l'art de manipuler le découpage du territoire en circonscriptions à des fins partisans. Ainsi, au début du dix-neuvième siècle, le gouverneur de l'état du Massachusetts, Elbridge Gerry, proposa des districts électoraux aux formes irrégulières afin de favoriser son parti (figure 1). Cette pratique malhonnête devint connue sous le nom de *gerrymandering* (l'article de Lewyn (1993) contient une analyse intéressante de la pratique de gerrymandering).

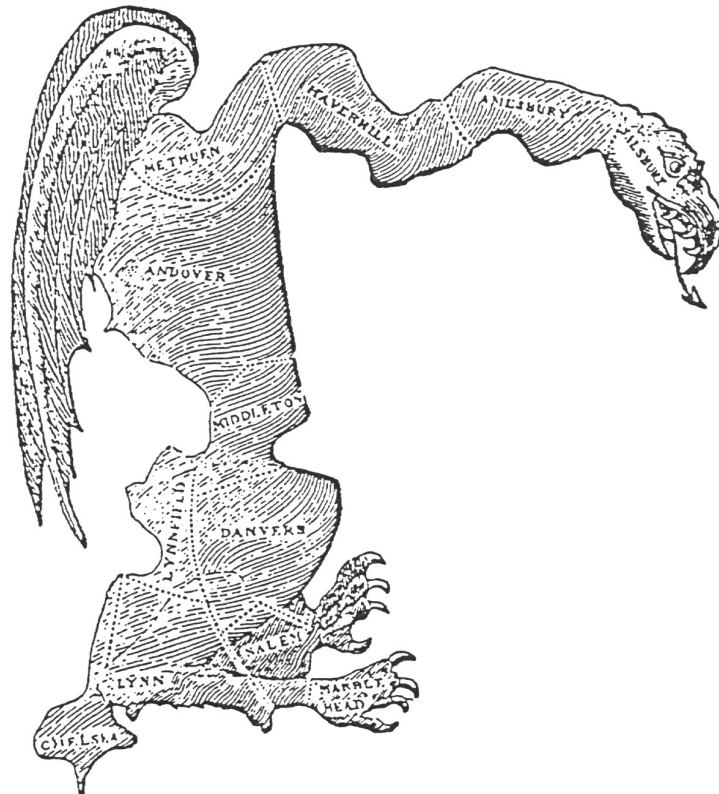


FIG. 1 – Un cas classique de gerrymandering observé au Massachusetts (source : The Boston Gazette, 26 mars 1812).

Afin d'éviter l'interférence politique dans le processus de découpage électoral, plusieurs états ont mis sur pied une commission neutre dont le rôle est de tracer les frontières des circonscriptions tout en respectant des exigences légales et des critères tombant sous le sens commun. Parmi les critères les plus fréquemment utilisés se retrouvent l'équité, la contiguïté et la compacité. Au nom du principe de l'équité, les circonscriptions devraient avoir approximativement le même nombre d'habitants ou d'électeurs. Dans certains états, la déviation maximale par rapport à la moyenne est déterminée par la loi. La contiguïté exige que le territoire de chaque circonscription soit constitué d'un seul tenant. Enfin, les circonscriptions doivent être aussi compactes que possible afin d'éviter les apparences de gerrymandering.

Notons qu'il est encore possible de conférer un avantage indu à un parti tout en créant des circonscriptions équilibrées et compactes, soit en fractionnant les appuis à un parti, soit en les concentrant. Ainsi, dans l'exemple de la figure 2, le parti A qui recueille 40% des voix n'obtient aucun des deux sièges à cause du fractionnement de ses votes, alors qu'un découpage plus équitable lui en aurait donné un. Dans l'exemple de la figure 3, le parti A compte 160 électeurs sur 300, mais la concentration de ses votes fait qu'il ne recueille qu'un seul des trois sièges. Dans ces deux exemples, chacune des circonscriptions compte 100 électeurs.

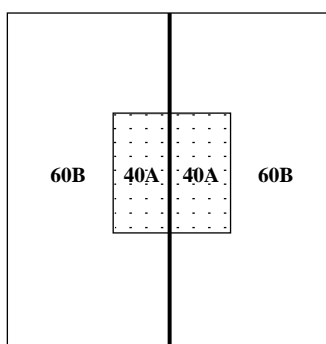


FIG. 2 – Première technique de gerrymandering : le fractionnement des votes du parti adverse.

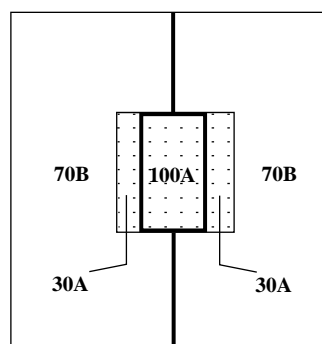


FIG. 3 – Deuxième technique de gerrymandering : la concentration des votes du parti adverse.

D'autres critères communément admis incluent le respect des frontières naturelles ou de celles d'autres unités administratives, l'homogénéité socio-économique des circonscriptions, l'intégrité des communautés culturelles ainsi que la représentation équitable des groupes minoritaires. Dans certains cas on exigera que les circonscriptions récemment remaniées ne diffèrent pas trop des circonscriptions existantes. Pour une discussion plus approfondie de ces critères, le lecteur est prié de se référer à Williams (1995).

Si l'équité, la contiguïté et la compacité font l'unanimité, il n'en va pas de même pour certains des autres critères énoncés. Ainsi, la pratique visant à conférer une représentation équitable aux minorités, tout louable qu'elle soit, peut être interprétée comme une forme

de gerrymandering. De même, l'utilisation explicite de données électorales dans le but d'assurer une représentation équitable aux divers partis porte atteinte au principe d'objectivité qui doit sous-tendre le processus de délimitation des circonscriptions électorales.

Afin d'assurer la plus grande crédibilité possible au processus de découpage électoral, on devrait éviter d'en confier la gestion aux politiciens ou d'y faire intervenir des données politiques. Le processus ne devrait faire appel qu'à des données et critères objectifs. Il serait de plus souhaitable qu'il se fonde sur l'utilisation d'algorithmes automatiques, lesquels ont l'avantage d'être à l'abri des influences partisans.

Le rôle de la recherche opérationnelle dans le découpage électoral automatisé

Vue comme une application de la recherche opérationnelle, la confection automatique des cartes électorales donne lieu à un problème d'optimisation combinatoire de grande taille. L'approche normalement retenue est de partitionner en un premier temps le territoire en unités de base indivisibles qu'on regroupera ensuite pour former des circonscriptions satisfaisant aux critères retenus. Les unités de base utilisées doivent être suffisamment petites pour assurer une marge de manoeuvre raisonnable au processus de confection et suffisamment grandes pour que les temps de calcul ne soient pas prohibitifs. On préférera des unités géocodées pour lesquelles on possède des données statistiques adéquates. Les secteurs d'énumération utilisés par Statistique Canada répondent à tous ces critères. Pour donner une idée de la taille du problème à résoudre, l'Île de Montréal comptait au recensement de 1996 un total de 2796 secteurs d'énumération dont la population moyenne était de 635 (figure 4). Aux élections provinciales de novembre 1998, elle était divisée en 30 circonscriptions. Dans ce cas, le nombre de solutions admissibles est astronomique.



FIG. 4 – Partition de l'Île de Montréal en 2796 secteurs d'énumération.

Au cours des trente dernières années, des spécialistes de la recherche opérationnelle ont proposé plusieurs méthodes de découpage automatique. Les principales d'entre elles sont passées en revue dans l'article de Bozkaya, Erkut et Laporte (1999). Les progrès récents de l'informatique et de l'algorithmique permettent aujourd'hui de produire des solutions de qualité en des temps de calcul fort raisonnables. Nous résumons ici une méthode récemment mise au point par Bozkaya, Erkut et Laporte.

Cette méthode suppose qu'on a retenu certains critères (équité, compacité, homogénéité socio-économique, etc.), ainsi qu'une façon de les mesurer. Chaque critère i peut être exprimé sous la forme d'une fonction f_i à minimiser et est pondéré par un facteur positif α_i choisi par l'utilisateur. Ce poids reflète l'importance relative du critère i dans l'objectif. À une solution x on pourra donc associer un coût global

$$F(x) = \sum_i \alpha_i f_i(x) \quad (1)$$

devant être minimisée. Pour mesurer la compacité associée à une solution x , on utilise un indice proposé par Bozkaya, Erkut et Laporte, soit

$$f_{\text{comp}}(x) = \left(\sum_{j \in J} R_j(x) - R \right) / 2R, \quad (2)$$

où J est l'ensemble des indices des circonscriptions, $R_j(x)$ est le périmètre de la j^{e} circonscription et R est le périmètre de tout le territoire. Le numérateur de cette expression est égal au double de la longueur de toutes les frontières des circonscriptions, dont on soustrait le périmètre du territoire. La division par $2R$ élimine le double décompte ainsi que l'effet de d'échelle.

L'algorithme proposé construit d'abord une solution initiale x_1 contiguë à l'aide d'une méthode relativement simple conçue par Vickrey (1961). Cette solution comporte le nombre de circonscription souhaité ainsi qu'une répartition assez équitable de la population entre les circonscriptions. À chaque itération de l'algorithme, on examine les solutions voisines de la solution courante et on se dirige vers celle qui correspond à la plus petite valeur de l'objectif F défini par l'équation (1). Comme la méthode accepte implicitement que la nouvelle solution retenue soit de moins bonne qualité que la solution courante, on doit mettre en place un mécanisme anti-cyclage afin que l'algorithme converge, selon les règles en vigueur dans les méthodes de recherche avec tabous (voir, par exemple, l'article de Soriano et Gendreau, 1997). L'algorithme prend fin lorsqu'on a atteint un nombre donné d'itérations consécutives sans amélioration de l'objectif. Dans cette méthode, le voisinage d'une solution s'obtient en déplaçant une unité de base vers une circonscription voisine ou en permutant des unités de base limitrophes entre deux circonscriptions voisines. Seuls les mouvements qui préservent la contiguïté des circonscriptions sont considérés.

Par rapport aux méthodes précédentes, l'algorithme proposé se distingue par sa flexibilité puisqu'il permet de prendre en compte un objectif multicritère défini par l'utilisateur. Il est aussi très efficace puisqu'il peut considérer très rapidement une suite de solutions de bonne qualité.

Application à l'Île de Montréal

L'algorithme qui vient d'être décrit a été programmé en C et exécuté sur un ordinateur Pentium 233 MMX PC, avec calibration d'usage des paramètres. Afin de manipuler et de visualiser l'information d'entrée et de sortie, nous avons utilisé le système d'information géographique Arc View. Des tests furent exécutés sur les données de l'Île de Montréal et les cartes électorales produites furent comparées à la situation actuelle.

Au recensement de 1996, la population moyenne des 30 circonscriptions de l'Île de Montréal était de 59,162 habitants, mais on observe des écarts variant de -33.1% à 33.4% par rapport à la moyenne. La circonscription la moins peuplée est Pointe-aux-Trembles (34,579 h.) et la plus peuplée est Nelligan (78,934 h.) Nous avons exécuté l'algorithme en permettant successivement des écarts de population maximaux de 25%, 10% et 5% par rapport à la moyenne. On devrait normalement s'attendre à ce que la compacité se détériore à mesure que l'écart de population diminue. Les données présentées au tableau 1 montrent que c'est ce qui se produit effectivement lorsque la compacité est mesurée par l'équation (2). Ce qui ressort toutefois du tableau est que dans chacun des trois scénarios utilisés, l'écart de population par rapport à la moyenne ainsi que la compacité représentent en fait une amélioration par rapport à la situation actuelle. En d'autres termes, l'utilisation d'un processus de découpage électoral automatisé a permis de gagner sur les deux tableaux à la fois.

TAB. 1 – Écart de population maximal et mesure de compacité (Île de Montréal, données du recensement de 1996).

	Écart de population toléré	Mesure de compacité
Situation actuelle	33.4%	0.1898
Scénario 1	25.0%	0.1732
Scénario 2	10.0%	0.1834
Scénario 3	5.0%	0.1846

La carte électorale présentement utilisée, ainsi que celles correspondant aux trois nouveaux scénarios analysés sont représentées par les figures 5, 6, 7 et 8. Le temps de calcul pour chaque scénario est d'environ 3.5 minutes.

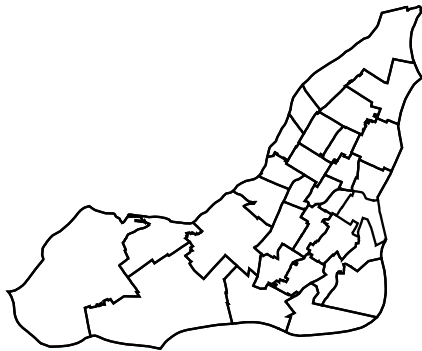


FIG. 5 – Découpage électoral en vigueur sur l'Île de Montréal.



FIG. 6 – Découpage obtenu en tolérant des écarts de population de 25% par rapport à la moyenne.



FIG. 7 – Découpage obtenu en tolérant des écarts de population de 10% par rapport à la moyenne.



FIG. 8 – Découpage obtenu en tolérant des écarts de population de 5% par rapport à la moyenne.

Conclusion

Plusieurs raisons militent en faveur de la confection automatique des cartes électorales. Un processus automatisé bien conçu, basé sur des données objectives et non politiques, assure plus de transparence et d'objectivité. La méthode que nous venons de décrire s'appuie sur des principes d'optimisation simples et utilise des données mises à jour à chaque recensement. L'intervention humaine n'est pas évacuée du processus puisque l'utilisateur peut faire varier à sa guise les poids qu'il attribue aux divers critères, ce qui confère beaucoup de souplesse et de convivialité à la méthode. Comme son temps d'exécution est relativement faible, il est possible d'en réaliser plusieurs exécutions dans des temps raisonnables et de retenir une solution acceptable.

Bibliographie

- BOZKAYA, B., ERKUT, E., LAPORTE, G. (1999), "A Tabu Search Heuristic for Political Districting", rapport de recherche 99-12, Centre de recherche sur les transports, Montréal.
- LEWYN, M.E. (1993), "How to Limit Gerrymandering", *Florida Law Review* 45, 403-486.
- SORIANO, P., GENDREAU, M. (1997), "Fondements et applications des méthodes de recherche avec tabous", *RAIRO - Recherche Opérationnelle* 31, 133-159.
- VICKREY, W. (1961), "On the Prevention of Gerrymandering", *Political Science Quarterly* 76, 105-110.
- WILLIAMS, J.C. JR. (1995), "Political Redistricting : A Review", *Papers in Regional Science* 74, 13-40.