

Annexe 1: Description des projets de recherche

Projet 1: Recherche sur la géométrie de la thermodynamique **Mentor : Prof. Aissa WADE**

Ce projet de recherche porte sur la géométrie de contact et son application à la thermodynamique. La géométrie de contact est la partie de la géométrie différentielle qui étudie des champs d'hyperplans particulièrement intéressants. Elle est étroitement liée à la géométrie de symplectique.

Le (la) chercheur(e) de ce projet devra :

- Renforcer sa compréhension de quelques notions de base de la géométrie différentielle.
- Développer une compréhension de quelques concepts fondamentaux de la géométrie symplectique et de la géométrie de contact à travers la littérature pertinente
- Comprendre comment la thermodynamique peut être rigoureusement formulée en utilisant le formalisme de la géométrie de contact.
- Synthétiser et présenter un poster scientifique basé sur l'aboutissement des travaux de recherche.

Titre: Analyse des correspondances multiples robuste

Ndèye Niang, Cédric-CNAM, Paris, France

L'analyse des correspondances multiples (ACM) est une méthode factorielle de réduction de dimension pour l'exploration statistique de données qualitatives complexes. Cette méthode est une généralisation de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) permettant de décrire les relations entre p ($p > 2$) variables qualitatives simultanément observées sur n individus. L'AFC et donc l'ACM sont des généralisations de l'ACP à des variables qualitatives.

L'ACP est généralement connue comme une méthode de réduction de dimension dans laquelle on s'intéresse essentiellement aux premières composantes. L'ACP est également utilisée comme méthode de détection de valeurs aberrantes multidimensionnelles et on s'intéresse alors aux premières et aux dernières composantes. La présence de ces valeurs aberrantes nécessite d'adapter l'ACP pour la rendre moins sensible à cette présence. Cela se fait à travers des méthodes dites robustes. Riani et al. [3] ont proposé une version robuste de l'AFC.

Le travail demandé dans ce projet consiste à développer une extension de cette méthode à l'ACM. Plus précisément, il consistera à :

1. Etudier l'analyse factorielle de données qualitatives AFC, ACM
2. Étudier les méthodes robustes, comprendre les concepts associés et les méthodes de détection de valeurs aberrantes multidimensionnelles. [1, 3]
3. Etudier l'AFC robuste [3]
4. Proposer une extension à l'ACM
5. Etudier les outils informatiques (algorithmes, fonctions, packages...) et mettre en œuvre les méthodes.

Pour cela la méthodologie proposée est :

1. Recherche bibliographique : Commencez par lire des articles et des ouvrages sur les méthodes à étudier
2. Étude de cas : Simuler des jeux de données pour illustrer et évaluer les propriétés des méthodes
3. Appliquer les méthodes sur des données réelles
4. Rédaction et présentation : Ecrire un rapport détaillé sur votre étude, mettant en évidence les résultats clés, les conclusions et perspectives.

Références

- [1] Peter J. Rousseeuw* and Mia Hubert, Anomaly detection by robust statistics, *WIREs Data Mining Knowl Discov* 2018, 8:e1236. doi: 10.1002/widm.1236
- [2] Riani, M., Atkinson, A.C., Torti, F. & Corbellini, A. (2022) Robust correspondence analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 1–21. Available from: <https://doi.org/10.1111/rssc.12580>
- [3] Hubert, M., Debryne, M., Rousseeuw, P.J. Minimum covariance determinant and extensions. *WIREs Comput Stat.* 2018;10:e1421. <https://doi.org/10.1002/wics.1421>
- [4] Archimbaud, A. (2018). Détection non-supervisée d'observations atypiques en contrôle de qualité: un survol. *Journal de la société française de statistique*, 159(3), 1-39.

Un cours utile

<https://www.math.univ-toulouse.fr/~besse/Wikistat/pdf/st-m-explo-afcm.pdf>

Project 3: Surfaces dans l'espace de Minkowski

Abdoul Salam DIALLO¹
Université Alioune Diop de Bambey,
UFR SATIC, Département de Mathématiques, ER-ANLG

1 Objectif

Dans ce travail, l'objectif principal est de faire une étude comparative des surfaces dans l'espace vectoriel euclidien et l'espace vectoriel de Minkowski.

2 Plan du travail

2.1 Préliminaires algébriques

Cette partie porte sur des préliminaires algébriques qui seront nécessaires dans la suite du travail. La première section sera consacrée à des rappels sur l'espace euclidien et la deuxième section portera sur l'espace de Minkowski.

2.2 Surfaces dans l'espace euclidien

Cette partie sera consacrée à la théorie locale des surfaces dans l'espace euclidien.

2.3 Surfaces dans l'espace de Minkowski

Nous introduisons la notion de surface de type espace et de type temps et nous définirons la courbure moyenne et la courbure gaussienne pour ces surfaces. Ensuite, nous allons calculer ces courbures en utilisant des paramétrages et, enfin, nous allons caractériser les surfaces ombilicales et isoparamétriques de l'espace de Minkowski. Le développement de ce chapitre est similaire au cas de l'espace euclidien, même dans la formule locale de la courbure. Cependant,

¹E-mail: abdoulsalam.diallo@uadb.edu.sn

nous verrons comment le caractère causal impose des restrictions, comme par exemple: les surfaces ne peuvent pas être fermées et que l'application de Weingarten pour les surfaces de type temps peut ne pas être diagonalisable.

3 Référence

1. M. do Carmo, Differential Geometry of Curves and Surfaces, Prentice-Hall, Saddle River, 1976.
2. W. Kuhnel, Differential geometry. Curves-surfaces-manifolds. American Mathematical Society, Providence, RI, 2002.
3. R. Lopez, Differential geometry of curves and surfaces in Lorentz-Minkowski space, International Electronic Journal of Geometry, Vol. 7, pp. 44-107, 2014.

SWMA - Mentoring

Titre: Arbres et groupes libres : une introduction à la la théorie de Bass-Serre, Ndeye Coumba SARR, Eviden (Atos), France

La **théorie de Bass-Serre** est une branche de la **théorie des groupes et de la géométrie des groupes** qui étudie les groupes à travers leurs actions sur des arbres. Elle permet de comprendre la structure et les propriétés des groupes en analysant leurs actions sur ces structures arborescentes. Elle permet ainsi de faire des connexions entre la géométrie et l'algèbre des groupes. Dans ce projet d'étude et d'initiation à la recherche, vous allez vous concentrer spécifiquement sur les **actions de groupes libres sur les arbres** et explorer les divers aspects et propriétés associés.

Objectifs :

1. Comprendre les bases de la théorie de Bass-Serre et son utilisation pour les groupes libres.
2. Étudier les arbres de groupe et leurs liens avec les groupes libres
3. Examiner les actions de groupes libres sur les arbres, en mettant l'accent sur les propriétés des arbres de groupe libre.
4. Étudier les notions de sous-groupes, de sous-quotients et de stabilisateurs dans le contexte des groupes libres agissant sur les arbres.
5. Examiner les algorithmes et les méthodes de calcul pertinents pour l'étude des groupes libres agissant sur les arbres.

Méthodologie proposée :

1. Recherche bibliographique : Commencez par lire des articles et des livres sur la théorie de Bass-Serre ([1], [8]), en vous concentrant spécifiquement sur les groupes libres ([3] et les arbres. Familiarisez-vous avec les concepts, les résultats clés (démontrer le **théorème 4 de Bass-Serre du chapitre 3 de [1]** qui donne une caractérisation des groupes libres en terme d'action sur un arbre)et les exemples.

2. Études de cas : Sélectionnez des exemples spécifiques de groupes libres et étudiez leurs actions sur les arbres en utilisant la théorie de Bass-Serre. Identifiez les propriétés intéressantes et les phénomènes observés. Le cas de l'action du **groupe libre à deux générateurs** F_2 sur son graphe de Cayley est exemple intéressant pour débiter.
3. Application : Démontrer en deux lignes le **théorème de Nielsen-Schreier** : *Tout sous-groupe d'un groupe libre est lui-même un groupe libre*. Cette propriété montre que les sous-groupes des groupes libres sont également libres.
4. Implémentation informatique : Utilisez des outils informatiques (par exemple, SageMath, GAP, ou autres) pour effectuer des calculs et des simulations liés à la théorie de Bass-Serre pour les groupes libres.
5. Rédaction et présentation : Préparez un rapport détaillé sur votre étude, mettant en évidence les résultats clés, les observations intéressantes et les conclusions.

Bibliography

- [1] Serre, J.-P. (1977). *Arbres, amalgames, SL_2* . Société Mathématique de France.
- [2] Bass, H. (1987). *The Ihara-Selberg zeta function of a tree lattice*. In *The zeta function of Picard modular surfaces* (pp. 19-49). Springer.
- [3] Magnus, W., Karrass, A., & Solitar, D. (2004). *Combinatorial Group Theory: Presentations of Groups in Terms of Generators and Relations*. Dover Publications.
- [4] Serre, J.-P. (1972). *Trees*. Springer-Verlag.
- [5] Lyndon, R. C., Schupp, P. E. (1977). *Combinatorial group theory*. Springer-Verlag.
- [6] Stallings, J. R. (1983). *Topological graph theory*. Annual Review of Information Science and Technology, 18(1), 47-74.
- [7] Deschamps, B., & Suarez Atias, I. (2011). *Prographes sylvestres et groupes profinis presque libres*. *Mathematische Annalen*, 350, 475–495. Springer.
- [8] Baumslag, G. (2010). *Topics in combinatorial group theory*. Dover Publications.

Project 2

Yellow Fever in Senegal in 2002: Patrick Tchepmo; North West University

Yellow fever (YF) is a viral hemorrhagic fever transmitted by infected mosquitoes. YF is spread into human populations in three stages:

1. **Sylvatic** (or jungle). YF occurs in tropical rain forests where mosquitoes, which feed on infected monkeys, pass the virus to humans who work in the forest.
2. **Intermediate**. YF occurs as infected individuals bring the disease into rural villages, where it is spread by mosquitoes among humans (and also monkeys).
3. **Urban**. YF occurs as soon as an infected individual enters urban areas. This can lead to an explosive epidemic in densely inhabited regions. Domestic mosquitoes carry the virus from person to person.

The epidemic can be controlled by vaccination. The YF vaccine is safe and effective, and provides immunity within one week in 95% of those vaccinated.

Table 2 shows a data set of YF cases and YF deaths during an outbreak in Senegal in 2002, collected from the Internet archives of the World Health Organization (WHO) [5]. As soon as the virus was identified, a vaccination program was started (Oct. 1, 2002). On Oct. 11, 2002, the disease was reported in Touba, a city of 800,000 residents. More information can be found on the WHO website [5].

1. Develop a model for the three stages of YF as outlined above.
2. Include a fourth stage which describes vaccination in urban areas.
3. Fit your model to the data.
4. What would have happened without vaccination?
5. Would you expect the disease to die out, or to become persistent?

Date	In Bed	Convalescent
Jan. 22nd	3	0
Jan. 23rd	8	0
Jan. 24th	26	0
Jan. 25th	76	0
Jan. 26th	225	9
Jan. 27th	298	17
Jan. 28th	258	105
Jan. 29th	233	162
Jan. 30th	189	176
Jan. 31st	128	166
Feb. 1st	68	150
Feb. 2nd	29	85
Feb. 3rd	14	47
Feb. 4th	4	20

Table 1: Influenza in a boarding school (data from [4]).

Report date	Cases (total)	Deaths (total)
Jan. 18th	18	0
Oct. 4th	12	0
Oct. 11th	15	2
Oct. 17th	18	2
Oct. 24th	41	4
Oct. 31st	45	4
Nov. 20th	57	10
Nov. 28th	60	11

Table 2: Yellow Fever in Senegal, 2002 (data from the disease outbreak news archives of the WHO [167]).

Bibliography

- [1] H. de Arazoza and R. Lounes. A non-linear model for a sexually transmitted disease with contact tracing. *IMA J. Math. Appl. in Med. and Biol.*, 19(3):221-234, 2002.
- [2] N.T. Bailey and A.S. Thomas. The estimation of parameters from population data on the general stochastic epidemic. *Theoret. Pop. Biol.*, 2:253-270, 1971.
- [3] Anonymous. Influenza in a boarding school. *Brit. Med. J.*, 1:587, 1978.
- [4] Ampleforth Abbey (Publisher). Tashkent influenza ('red flu') January 1978. *Ampleforth Journal*, 83:110-111, and personal communication with Anselm Cramer OSB, Archivist, Ampleforth Abbey.
- [5] World Health Organization, www.who.int.
- [6] M. Heasman and D. Reid. Theory and observations in family epidemics of common cold. *Brit. J. Prev. Med.*, 15:12-16, 1961.
- [7] N.G Becker. *Analysis of Infectious Disease Data*. Chapman and Hall, London, 1989.
- [8] O. Liberg. Genetic aspects of viability in small populations with special emphasis on the Scandinavian wolf population, Sweden, 2005, International Expert Workshop at Farna Herrgard.
- [9] Health Canada, <http://www.hc-sc.gc.ca/>.
- [10] N.G Becker. *Analysis of Infectious Disease Data*. Chapman and Hall, London, 1989

- [11] M.S. Boyce, B.M. Blanchard, R.R. Knight, and C. Servheen. Population Viability for Grizzly Bears: A Critical Review. Scientific Monograph International Association of Bear Research and Management, Monograph Series Number 4, 2001.
- [12] C.T.H. Baker, G.A. Bocharov, C.A.H. Paul, and F.A. Rihan. Modelling and analysis of time-lags in some basic patterns of cell proliferation. *J. Math. Biol.*, 37:341-371, 1998.
- [13] O. Liberg. Genetic aspects of viability in small populations with special emphasis on the Scandinavian wolf population, Sweden, 2005, International Expert Workshop at Farna Herrgard.
- [14] G.F. Gause. *The Struggle for Existence*. Dover, New York, 2003.
- [15] H.L. Schantz and R.L. Peimeisel. Fungus fairy rings in eastern Colorado and their effect on vegetation. *J. Agricultural Research*, 11:191-245, 1917.
- [16] M.A. Merbach, D.J. Merbach, U. Maschwitz, W.E. Booth, B. Fiala, and G. Zizka. Mass march of termites into the deadly trap. *Nature*, 415:36-37, 2002.

Titre: Analyse des correspondances multiples robuste

Ndèye Niang, Cédric-CNAM, Paris, France

L'analyse des correspondances multiples (ACM) est une méthode factorielle de réduction de dimension pour l'exploration statistique de données qualitatives complexes. Cette méthode est une généralisation de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) permettant de décrire les relations entre p ($p > 2$) variables qualitatives simultanément observées sur n individus. L'AFC et donc l'ACM sont des généralisations de l'ACP à des variables qualitatives.

L'ACP est généralement connue comme une méthode de réduction de dimension dans laquelle on s'intéresse essentiellement aux premières composantes. L'ACP est également utilisée comme méthode de détection de valeurs aberrantes multidimensionnelles et on s'intéresse alors aux premières et aux dernières composantes. La présence de ces valeurs aberrantes nécessite d'adapter l'ACP pour la rendre moins sensible à cette présence. Cela se fait à travers des méthodes dites robustes. Riani et al. [3] ont proposé une version robuste de l'AFC.

Le travail demandé dans ce projet consiste à développer une extension de cette méthode à l'ACM. Plus précisément, il consistera à :

1. Etudier l'analyse factorielle de données qualitatives AFC, ACM
2. Étudier les méthodes robustes, comprendre les concepts associés et les méthodes de détection de valeurs aberrantes multidimensionnelles. [1, 3]
3. Etudier l'AFC robuste [3]
4. Proposer une extension à l'ACM
5. Etudier les outils informatiques (algorithmes, fonctions, packages...) et mettre en œuvre les méthodes.

Pour cela la méthodologie proposée est :

1. Recherche bibliographique : Commencez par lire des articles et des ouvrages sur les méthodes à étudier
2. Étude de cas : Simuler des jeux de données pour illustrer et évaluer les propriétés des méthodes
3. Appliquer les méthodes sur des données réelles
4. Rédaction et présentation : Ecrire un rapport détaillé sur votre étude, mettant en évidence les résultats clés, les conclusions et perspectives.

Références

- [1] Peter J. Rousseeuw* and Mia Hubert, Anomaly detection by robust statistics, *WIREs Data Mining Knowl Discov* 2018, 8:e1236. doi: 10.1002/widm.1236
- [2] Riani, M., Atkinson, A.C., Torti, F. & Corbellini, A. (2022) Robust correspondence analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 1–21. Available from: <https://doi.org/10.1111/rssc.12580>
- [3] Hubert, M., Debruyne, M., Rousseeuw, P.J. Minimum covariance determinant and extensions. *WIREs Comput Stat.* 2018;10:e1421. <https://doi.org/10.1002/wics.1421>
- [4] Archimbaud, A. (2018). Détection non-supervisée d'observations atypiques en contrôle de qualité: un survol. *Journal de la société française de statistique*, 159(3), 1-39.

Un cours utile

<https://www.math.univ-toulouse.fr/~besse/Wikistat/pdf/st-m-explo-afcm.pdf>

Project 3: Surfaces dans l'espace de Minkowski

Abdoul Salam DIALLO¹
Université Alioune Diop de Bambey,
UFR SATIC, Département de Mathématiques, ER-ANLG

1 Objectif

Dans ce travail, l'objectif principal est de faire une étude comparative des surfaces dans l'espace vectoriel euclidien et l'espace vectoriel de Minkowski.

2 Plan du travail

2.1 Préliminaires algébriques

Cette partie porte sur des préliminaires algébriques qui seront nécessaires dans la suite du travail. La première section sera consacrée à des rappels sur l'espace euclidien et la deuxième section portera sur l'espace de Minkowski.

2.2 Surfaces dans l'espace euclidien

Cette partie sera consacrée à la théorie locale des surfaces dans l'espace euclidien.

2.3 Surfaces dans l'espace de Minkowski

Nous introduisons la notion de surface de type espace et de type temps et nous définirons la courbure moyenne et la courbure gaussienne pour ces surfaces. Ensuite, nous allons calculer ces courbures en utilisant des paramétrages et, enfin, nous allons caractériser les surfaces ombilicales et isoparamétriques de l'espace de Minkowski. Le développement de ce chapitre est similaire au cas de l'espace euclidien, même dans la formule locale de la courbure. Cependant,

¹E-mail: abdoulsalam.diallo@uadb.edu.sn

nous verrons comment le caractère causal impose des restrictions, comme par exemple: les surfaces ne peuvent pas être fermées et que l'application de Weingarten pour les surfaces de type temps peut ne pas être diagonalisable.

3 Référence

1. M. do Carmo, Differential Geometry of Curves and Surfaces, Prentice-Hall, Saddle River, 1976.
2. W. Kuhnel, Differential geometry. Curves-surfaces-manifolds. American Mathematical Society, Providence, RI, 2002.
3. R. Lopez, Differential geometry of curves and surfaces in Lorentz-Minkowski space, International Electronic Journal of Geometry, Vol. 7, pp. 44-107, 2014.

Projet de recherche sur la géométrie de la thermodynamique

Mentor : Prof. Aissa WADE

Ce projet de recherche porte sur la géométrie de contact et son application à la thermodynamique. La géométrie de contact est la partie de la géométrie différentielle qui étudie des champs d'hyperplans particulièrement intéressants. Elle est étroitement liée à la géométrie de symplectique.

Le (la) chercheur(e) de ce projet devra :

- Renforcer sa compréhension de quelques notions de base de la géométrie différentielle.
- Développer une compréhension de quelques concepts fondamentaux de la géométrie symplectique et de la géométrie de contact à travers la littérature pertinente
- Comprendre comment la thermodynamique peut être rigoureusement formulée en utilisant le formalisme de la géométrie de contact.
- Synthétiser et présenter un poster scientifique basé sur l'aboutissement des travaux de recherche.

SWMA - Mentoring

Titre: Arbres et groupes libres : une introduction à la la théorie de Bass-Serre, Ndeye Coumba SARR, Eviden (Atos), France

La **théorie de Bass-Serre** est une branche de la **théorie des groupes et de la géométrie des groupes** qui étudie les groupes à travers leurs actions sur des arbres. Elle permet de comprendre la structure et les propriétés des groupes en analysant leurs actions sur ces structures arborescentes. Elle permet ainsi de faire des connexions entre la géométrie et l'algèbre des groupes. Dans ce projet d'étude et d'initiation à la recherche, vous allez vous concentrer spécifiquement sur les **actions de groupes libres sur les arbres** et explorer les divers aspects et propriétés associés.

Objectifs :

1. Comprendre les bases de la théorie de Bass-Serre et son utilisation pour les groupes libres.
2. Étudier les arbres de groupe et leurs liens avec les groupes libres
3. Examiner les actions de groupes libres sur les arbres, en mettant l'accent sur les propriétés des arbres de groupe libre.
4. Étudier les notions de sous-groupes, de sous-quotients et de stabilisateurs dans le contexte des groupes libres agissant sur les arbres.
5. Examiner les algorithmes et les méthodes de calcul pertinents pour l'étude des groupes libres agissant sur les arbres.

Méthodologie proposée :

1. Recherche bibliographique : Commencez par lire des articles et des livres sur la théorie de Bass-Serre ([1], [8]), en vous concentrant spécifiquement sur les groupes libres ([3] et les arbres. Familiarisez-vous avec les concepts, les résultats clés (démontrer le **théorème 4 de Bass-Serre du chapitre 3 de [1]** qui donne une caractérisation des groupes libres en terme d'action sur un arbre)et les exemples.

2. Études de cas : Sélectionnez des exemples spécifiques de groupes libres et étudiez leurs actions sur les arbres en utilisant la théorie de Bass-Serre. Identifiez les propriétés intéressantes et les phénomènes observés. Le cas de l'action du **groupe libre à deux générateurs** F_2 sur son graphe de Cayley est exemple intéressant pour débiter.
3. Application : Démontrer en deux lignes le **théorème de Nielsen-Schreier** : *Tout sous-groupe d'un groupe libre est lui-même un groupe libre*. Cette propriété montre que les sous-groupes des groupes libres sont également libres.
4. Implémentation informatique : Utilisez des outils informatiques (par exemple, SageMath, GAP, ou autres) pour effectuer des calculs et des simulations liés à la théorie de Bass-Serre pour les groupes libres.
5. Rédaction et présentation : Préparez un rapport détaillé sur votre étude, mettant en évidence les résultats clés, les observations intéressantes et les conclusions.

Bibliography

- [1] Serre, J.-P. (1977). *Arbres, amalgames, SL_2* . Société Mathématique de France.
- [2] Bass, H. (1987). *The Ihara-Selberg zeta function of a tree lattice*. In *The zeta function of Picard modular surfaces* (pp. 19-49). Springer.
- [3] Magnus, W., Karrass, A., & Solitar, D. (2004). *Combinatorial Group Theory: Presentations of Groups in Terms of Generators and Relations*. Dover Publications.
- [4] Serre, J.-P. (1972). *Trees*. Springer-Verlag.
- [5] Lyndon, R. C., Schupp, P. E. (1977). *Combinatorial group theory*. Springer-Verlag.
- [6] Stallings, J. R. (1983). *Topological graph theory*. Annual Review of Information Science and Technology, 18(1), 47-74.
- [7] Deschamps, B., & Suarez Atias, I. (2011). *Prographes sylvestres et groupes profinis presque libres*. *Mathematische Annalen*, 350, 475–495. Springer.
- [8] Baumslag, G. (2010). *Topics in combinatorial group theory*. Dover Publications.

Project 2

Yellow Fever in Senegal in 2002: Patrick Tchepmo; North West University

Yellow fever (YF) is a viral hemorrhagic fever transmitted by infected mosquitoes. YF is spread into human populations in three stages:

1. **Sylvatic** (or jungle). YF occurs in tropical rain forests where mosquitoes, which feed on infected monkeys, pass the virus to humans who work in the forest.
2. **Intermediate**. YF occurs as infected individuals bring the disease into rural villages, where it is spread by mosquitoes among humans (and also monkeys).
3. **Urban**. YF occurs as soon as an infected individual enters urban areas. This can lead to an explosive epidemic in densely inhabited regions. Domestic mosquitoes carry the virus from person to person.

The epidemic can be controlled by vaccination. The YF vaccine is safe and effective, and provides immunity within one week in 95% of those vaccinated.

Table 2 shows a data set of YF cases and YF deaths during an outbreak in Senegal in 2002, collected from the Internet archives of the World Health Organization (WHO) [5]. As soon as the virus was identified, a vaccination program was started (Oct. 1, 2002). On Oct. 11, 2002, the disease was reported in Touba, a city of 800,000 residents. More information can be found on the WHO website [5].

1. Develop a model for the three stages of YF as outlined above.
2. Include a fourth stage which describes vaccination in urban areas.
3. Fit your model to the data.
4. What would have happened without vaccination?
5. Would you expect the disease to die out, or to become persistent?

Date	In Bed	Convalescent
Jan. 22nd	3	0
Jan. 23rd	8	0
Jan. 24th	26	0
Jan. 25th	76	0
Jan. 26th	225	9
Jan. 27th	298	17
Jan. 28th	258	105
Jan. 29th	233	162
Jan. 30th	189	176
Jan. 31st	128	166
Feb. 1st	68	150
Feb. 2nd	29	85
Feb. 3rd	14	47
Feb. 4th	4	20

Table 1: Influenza in a boarding school (data from [4]).

Report date	Cases (total)	Deaths (total)
Jan. 18th	18	0
Oct. 4th	12	0
Oct. 11th	15	2
Oct. 17th	18	2
Oct. 24th	41	4
Oct. 31st	45	4
Nov. 20th	57	10
Nov. 28th	60	11

Table 2: Yellow Fever in Senegal, 2002 (data from the disease outbreak news archives of the WHO [167]).

Bibliography

- [1] H. de Arazoza and R. Lounes. A non-linear model for a sexually transmitted disease with contact tracing. *IMA J. Math. Appl. in Med. and Biol.*, 19(3):221-234, 2002.
- [2] N.T. Bailey and A.S. Thomas. The estimation of parameters from population data on the general stochastic epidemic. *Theoret. Pop. Biol.*, 2:253-270, 1971.
- [3] Anonymous. Influenza in a boarding school. *Brit. Med. J.*, 1:587, 1978.
- [4] Ampleforth Abbey (Publisher). Tashkent influenza ('red flu') January 1978. *Ampleforth Journal*, 83:110-111, and personal communication with Anselm Cramer OSB, Archivist, Ampleforth Abbey.
- [5] World Health Organization, www.who.int.
- [6] M. Heasman and D. Reid. Theory and observations in family epidemics of common cold. *Brit. J. Prev. Med.*, 15:12-16, 1961.
- [7] N.G Becker. *Analysis of Infectious Disease Data*. Chapman and Hall, London, 1989.
- [8] O. Liberg. Genetic aspects of viability in small populations with special emphasis on the Scandinavian wolf population, Sweden, 2005, International Expert Workshop at Farna Herrgard.
- [9] Health Canada, <http://www.hc-sc.gc.ca/>.
- [10] N.G Becker. *Analysis of Infectious Disease Data*. Chapman and Hall, London, 1989

- [11] M.S. Boyce, B.M. Blanchard, R.R. Knight, and C. Servheen. Population Viability for Grizzly Bears: A Critical Review. Scientific Monograph International Association of Bear Research and Management, Monograph Series Number 4, 2001.
- [12] C.T.H. Baker, G.A. Bocharov, C.A.H. Paul, and F.A. Rihan. Modelling and analysis of time-lags in some basic patterns of cell proliferation. *J. Math. Biol.*, 37:341-371, 1998.
- [13] O. Liberg. Genetic aspects of viability in small populations with special emphasis on the Scandinavian wolf population, Sweden, 2005, International Expert Workshop at Farna Herrgard.
- [14] G.F. Gause. *The Struggle for Existence*. Dover, New York, 2003.
- [15] H.L. Schantz and R.L. Peimeisel. Fungus fairy rings in eastern Colorado and their effect on vegetation. *J. Agricultural Research*, 11:191-245, 1917.
- [16] M.A. Merbach, D.J. Merbach, U. Maschwitz, W.E. Booth, B. Fiala, and G. Zizka. Mass march of termites into the deadly trap. *Nature*, 415:36-37, 2002.