

Statistique

## MODELES MIXTES

Référence : 2020-STAT-N2-MN

3 jours (21h) – Présentiel ou À distance

**Population visée :** Technicien – Employé – Cadre – Chercheur – Etudiant

**Public concerné :** Toute personne souhaitant consolider ses connaissances sur les modèles mixtes, aussi bien sur la méthodologie que sur la mise en œuvre.

### La formation en quelques mots

Cette formation s'adresse à des personnes souhaitant consolider leurs connaissances sur les modèles mixtes, aussi bien sur la méthodologie que sur la mise en œuvre.

La formation conviendra tout à fait à un public venant chercher du savoir statistique sur :

- La compréhension générale des modèles mixtes
- Les concepts mathématiques inhérents aux modèles mixtes
- Les contextes d'utilisation des différents modèles
- La comparaison des modèles
- Les différentes méthodes d'approximation des p-values sur les facteurs à effets fixes
- La mise en œuvre et l'interprétation des résultats de ces modèles

### Thèmes principaux

- ANOVA à effets fixes
- ANOVA à effets aléatoires
- ANOVA à effets fixes et aléatoires
- ANOVA à mesures répétées selon 1 ou plusieurs facteurs
- ANOVA hiérarchisée (facteurs imbriqués)
- Tests post-Hoc
- Modèles mixtes
- Estimation des coefficients du modèle
- Comparaison des modèles
- Méthodes d'approximation des p-values
- Random slope, random intercept
- Mise en œuvre sous R. Packages : lme4, lmerTest, lsmeans...

### Outil logiciel

Cette formation n'est pas strictement dédiée à un logiciel. Les illustrations se feront autour de logiciels spécialisés sur les plans d'expériences (R, Graphpad Prism, Jamovi, Jmp, MiniTab, ...).

### Prérequis

- Il est **INDISPENSABLE** que les participants aient de très bonnes connaissances sur l'ANOVA et quelques connaissances sur les modèles mixtes. Il est notamment demandé que l'ensemble des stagiaires aient déjà mis en œuvre une analyse de type modèles mixtes.

Page 1/5 - MODELES MIXTES - Mis à jour le 06/01/2022  
Concepteur : Groupe ARKESYS – Diffuseur : Groupe ARKESYS



La certification qualité a été délivrée au titre de la ou des catégories d'actions suivantes : actions de formation

#### ARKESYS.NET

70 rue Bergson - 42000 Saint-Etienne  
T. 04 37 24 36 78 - [info@arkesys.fr](mailto:info@arkesys.fr)

SAS AU CAPITAL DE 60 000 € - SIRET : 501 033 609 00030  
ETS secondaire : 24 espace H.Vallée - 69007 Lyon - SIRET : 501 033 609 00014

#### AVANTEAM FORMATION

650 chemin de l'Aumône Vieille - 13400 Aubagne  
T. 04 37 24 36 78 - [info@arkesys.fr](mailto:info@arkesys.fr)

SAS AU CAPITAL de 10 000 € - SIRET : 749 889 713 00022

- 🌀 Dans le cas où la mise en œuvre sous R serait demandée, il est **INDISPENSABLE** que l'apprenant ait les connaissances de bases sur le logiciel R : création et manipulation des objets sous R, importation des données (.csv, .xls, .xlsx...), utilisation de R en mode script...

## Jeux de données

Afin de s'approcher au mieux des réalités quotidiennes des praticiens, nous suggérons de nous appuyer pour l'animation pratique de thématiques et surtout de jeux de données reflétant le quotidien des apprenants.

Ce souhait est un facteur de réussite pour la formation. Elle permet aux apprenants de :

- 🌀 Se "reconnaitre" dans les thèmes abordés,
- 🌀 Mieux percevoir l'intérêt des notions étudiées
- 🌀 S'appropriier le contenu de la formation

## Objectifs pédagogiques

A l'issue de cette formation, l'apprenant sera capable de :

- 🌀 Expliquer le contexte d'application
  - Des ANOVA à mesures répétées
  - Des ANOVA hiérarchisées
  - Des modèles linéaires mixtes
  - Des modèles mixtes généralisés
- 🌀 Vérifier les conditions de mise en œuvre d'un modèle mixte
- 🌀 Faire la différence entre un facteur à effets fixes et un facteur à effets aléatoires
- 🌀 Expliquer la différence entre les différentes méthodes d'estimation des coefficients du modèle : sommes des carrés, ML, REML
- 🌀 Ecrire l'équation mathématique du modèle
- 🌀 Mettre en œuvre :
  - 🌀 un modèle mixte
  - 🌀 un modèle mixte généralisé
- 🌀 Sélectionner le « meilleur » modèle
- 🌀 Mettre en œuvre sous R un test de comparaison multiple (test post-Hoc) sur un modèle mixte
- 🌀 Interpréter les sorties logiciel : coefficients du facteur à effets aléatoires, moyennes ajustées

## Programme

### Rappels des notions de bases sur les modèles mixtes

- 🌀 Vocabulaire :
  - Effets fixes vs effets aléatoires
  - Mesures répétées
  - Données hiérarchisées (facteurs à effets aléatoires et imbriqués)
  - Blocs complets aléatoires
- 🌀 Différences entre ANOVA à effets fixes et modèles mixtes
  - Coefficient estimé
  - Equation du modèle

Page 2/5 - MODELES MIXTES - Mis à jour le 06/01/2022  
Concepteur : Groupe ARKESYS – Diffuseur : Groupe ARKESYS



La certification qualité a été délivrée au titre de la ou des catégories d'actions suivantes : actions de formation

#### ARKESYS.NET

70 rue Bergson - 42000 Saint-Etienne  
T. 04 37 24 36 78 - [info@arkesys.fr](mailto:info@arkesys.fr)

SAS AU CAPITAL DE 60 000 € - SIRET : 501 033 609 00030  
ETS secondaire : 24 espace H.Vallée - 69007 Lyon - SIRET : 501 033 609 00014

#### AVANTEAM FORMATION

650 chemin de l'Aumône Vieille - 13400 Aubagne  
T. 04 37 24 36 78 - [info@arkesys.fr](mailto:info@arkesys.fr)

SAS AU CAPITAL de 10 000 € - SIRET : 749 889 713 00022

- Test de significativité
- ☞ Conditions d'utilisation du modèle
  - A effets fixes
  - A effets aléatoires
- ☞ Moyennes ajustées d'un facteur à effets fixes
- ☞ Quantification d'un effet aléatoire, estimation des composantes de la variance

## Maîtriser les modèles mixtes

- ☞ Calcul de la p-value d'un facteur à effet fixe d'une ANOVA à mesures répétées dans le cas d'un plan équilibré
- ☞ Calcul de la p-value d'un facteur à effet fixe d'une ANOVA à facteurs imbriqués dans le cas d'un plan équilibré
- ☞ Méthodes d'estimation des coefficients du modèle
  - Sommes de carrés de type I, de type III
  - Maximum de vraisemblance (ML)
  - Maximum de vraisemblance restreint (REML)
- ☞ Problématique
  - Des plans déséquilibrés (données manquantes)
  - Des degrés de liberté
- ☞ Sélection de modèles et tests de significativité des facteurs à effets fixes
  - Fisher
  - LRT
  - Approximations de Satterthwaite, de Kenward- Roger
  - Parametric Bootstrap
- ☞ Prise en compte des covariables dans un modèle mixte
- ☞ Notions de
  - Random slope
  - Random intercept
- ☞ Intervalle de confiance des coefficients estimés du modèle
- ☞ Intervalles de prédiction (prévision)

## Mise en œuvre et interprétation des résultats d'un modèle mixte

- ☞ Modèles à effets aléatoires
- ☞ ANOVA à mesures répétées selon 1 ou plusieurs facteurs
- ☞ ANOVA à facteurs imbriqués
- ☞ Modèles mixtes en blocs
- ☞ Tests post-Hoc de comparaisons multiples
- ☞ Ouverture sur les modèles mixtes généralisés

## Méthodes et moyens

- 🌀 Explications théoriques suivies de pratiques guidées puis de mises en autonomie
- 🌀 Votre formation a lieu en présentiel :
  - 1 vidéoprojecteur par salle
  - 1 ordinateur
- 🌀 Votre formation se déroule à distance avec :
  - 1 ordinateur
  - 1 connexion Internet
  - 1 adresse e-mail valide
  - 1 équipement audio (micro et enceintes ou casque)
  - 1 Webcam (facultatif – dans l'idéal)
  - 1 deuxième écran (facultatif – dans l'idéal)
- 🌀 Votre formation se déroule sur notre plate-forme de formation avec :
  - 1 ordinateur
  - 1 connexion Internet
  - 1 adresse e-mail valide
  - 1 équipement audio (micro et enceintes ou casque - facultatif)

## Méthodes d'évaluation des acquis

L'acquisition des compétences de la formation se fait à travers le suivi du formateur tout au long de la formation (séquences synchrones et asynchrones). Elle s'appuie également sur la réalisation d'exercices et de TP. Enfin, des quiz s'ajoutent aux différents outils de validation de l'acquisition des compétences visées. Une évaluation est systématiquement réalisée par chaque stagiaire, à l'issue de la formation.

## Profil formateur

Nos formateurs sont certifiés à l'issue d'un parcours organisé par nos soins. Ils bénéficient d'un suivi de maintien et d'évolution de leurs compétences aussi bien au niveau technique que pédagogique. Chacun de nos formateurs a bénéficié d'une formation spécifique à l'animation de classe virtuelle et à l'utilisation des solutions de formation à distance du Groupe ARKESYS.

## Support stagiaire

À l'issue de la formation, les exercices et travaux pratiques réalisés, leurs corrigés ainsi qu'un support de cours dématérialisé sera fourni à chaque stagiaire par e-mail ou via la plate-forme FOAD.

## Accessible à tous

Cette formation est accessible à toute personne en situation de handicap. Notre référent handicap prendra contact avec les stagiaires concernés pour adapter l'animation à leurs besoins et rendre

l'apprentissage accessible à tous. Enfin, nos centres de formation sont accessibles aux personnes à mobilité réduite.

Page 5/5 - MODELES MIXTES - Mis à jour le 06/01/2022  
Concepteur : Groupe ARKESYS – Diffuseur : Groupe ARKESYS



La certification qualité a été délivrée au titre de la ou des catégories d'actions suivantes : actions de formation

#### ARKESYS.NET

70 rue Bergson - 42000 Saint-Etienne  
T. 04 37 24 36 78 - [info@arkesys.fr](mailto:info@arkesys.fr)

SAS AU CAPITAL DE 60 000 € - SIRET : 501 033 609 00030  
ETS secondaire : 24 espace H.Vallée - 69007 Lyon - SIRET : 501 033 609 00014

#### AVANTEAM FORMATION

650 chemin de l'Aumône Vieille - 13400 Aubagne  
T. 04 37 24 36 78 - [info@arkesys.fr](mailto:info@arkesys.fr)

SAS AU CAPITAL de 10 000 € - SIRET : 749 889 713 00022