Introduction
Point sur le TD 4
Autres grandeurs dépendantes du temps
Grandeurs indépendantes du temps
Estimation de paramètres
Activité
Exercices supplémentaires
Conclusion
References

Sûreté de fonctionnement — TD 5

Maher Mallem[1]

[1]SUPMICROTECH, FEMTO-ST, 25000 Besançon, France

28 octobre 2026

Plan

1. Introduction
   - Point sur le TD 4
   - Autres grandeurs dépendantes du temps
2. Grandeurs indépendantes du temps
3. Estimation de paramètres
   - Activité
   - Exercices supplémentaires
4. Conclusion
5. References

Plan

1. Introduction
   - Point sur le TD 4
   - Autres grandeurs dépendantes du temps
2. Grandeurs indépendantes du temps
3. Estimation de paramètres
   - Activité
   - Exercices supplémentaires
4. Conclusion
5. References

Retours sur le déroulement du TD 4

Avis ?

- Mini-activités autour des probabilités.
  - *Lancer de pièce.*
  - *Problème de Monty Hall.*
- Activité sur les lois de probabilité usuelles.
  - *Contenu*
    (lois usuelles choisies, nombre).
  - *Format*
    (en autonomie, rendu en fiche de synthèse, puis discussions).

Plan

1. Introduction
   - Point sur le TD 4
   - Autres grandeurs dépendantes du temps
2. Grandeurs indépendantes du temps
3. Estimation de paramètres
   - Activité
   - Exercices supplémentaires
4. Conclusion
5. References

Autres grandeurs : maintenabilité

Soit Y une variable aléatoire à valeurs dans $\mathbb{R}^+$ représentant la **durée de réparation** du système suite à une défaillance.
On suppose que Y une loi de fonction de répartition F.

Définition: maintenabilité

$$\forall t \geq 0, M(t) = \mathbb{P}(\text{système en panne au temps 0 réparé au temps } t)$$
$$= F(t).$$

Définition: taux de réparation (instantané)

$$\forall t \geq 0, \mu(t) = \mathbb{P}(\text{système réparé entre } t \text{ et } \Delta t \mid \text{toujours défaillant à } t)$$
$$= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} \mathbb{P}(t < Y \leq t + \Delta t | Y > t)$$
$$= \frac{M'(t)}{1 - M(t)}.$$

Autres grandeurs : en cumul

Introduction
Point sur le TD 4
Autres grandeurs dépendantes du temps
Grandeurs indépendantes du temps
Estimation de paramètres
Activité
Exercices supplémentaires
Conclusion
References

Définition: taux de défaillance cumulé

$$\forall t \geq 0, H(t) = \text{cumul du taux de défaillance instantané } h(t)$$
$$= \int_0^t h(s)ds = -\ln R(t).$$

Définition: Mean Time To Failure (MTTF)

$$\text{MTTF} = \text{temps moyen de fonctionnement avant la } 1^{ere} \text{ défaillance}$$
$$= \mathbb{E}[T]$$
$$= \int_0^{+\infty} R(s)ds$$

Définition: Mean Time To Repair (MTTR)

$$\text{MTTR} = \text{temps moyen de remise en service}$$
$$= \mathbb{E}[Y]$$
$$= \int_0^{+\infty} (1 - M(s))ds$$

Avant de passer à la suite...

Questions

- Pourquoi des intégrales ?
- Pourquoi des moyennes ?

Plan

1 Introduction
- Point sur le TD 4
- Autres grandeurs dépendantes du temps

2 Grandeurs indépendantes du temps

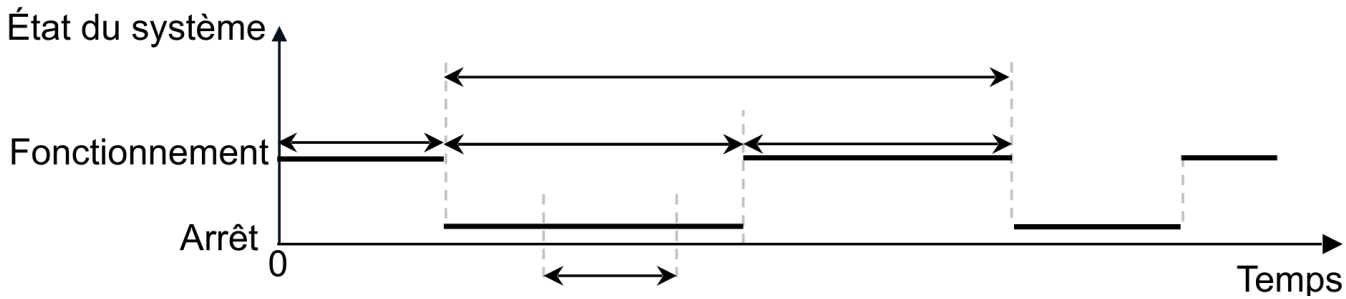
3 Estimation de paramètres
- Activité
- Exercices supplémentaires

4 Conclusion

5 References

Grandeurs indépendantes du temps

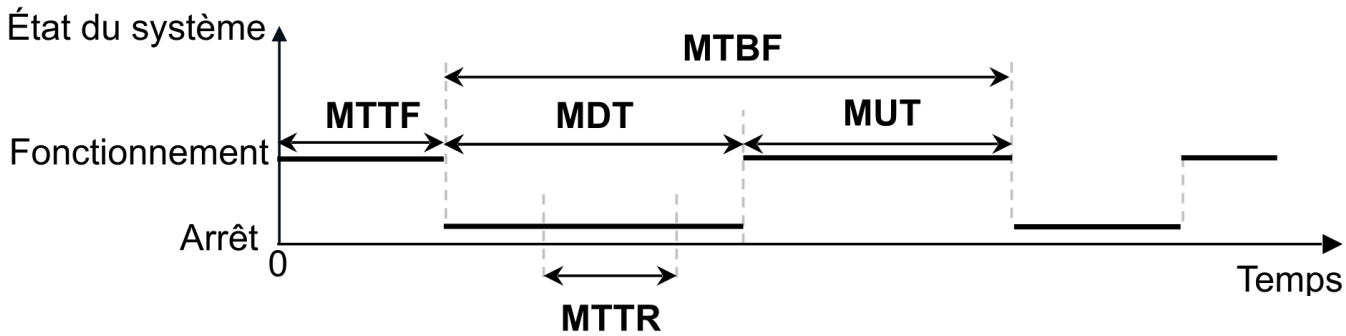
- **Mean Time To Failure (MTTF) :** temps moyen de fonctionnement avant la première défaillance.
- **Mean Time To Repair (MTTR) :** temps moyen de réparation.
- **Mean operating Time Between Failure (MTBF) :** temps moyen entre défaillances.
- **Mean Up Time (MUT) :** temps moyen des durées de disponibilité (après réparations).
- **Mean Down Time (MDT) :** temps moyen des durées d'indisponibilité (dues aux défaillances).



[1] Source : cours de 2024 de Zeina Al Masry.

Grandeurs indépendantes du temps

- **Mean Time To Failure (MTTF) :** temps moyen de fonctionnement avant la première défaillance.
- **Mean Time To Repair (MTTR) :** temps moyen de réparation.
- **Mean operating Time Between Failure (MTBF) :** temps moyen entre défaillances.
- **Mean Up Time (MUT) :** temps moyen des durées de disponibilité (après réparations).
- **Mean Down Time (MDT) :** temps moyen des durées d'indisponibilité (dues aux défaillances).



[1] Source : cours de 2024 de Zeina Al Masry.

MTTF avec les lois usuelles

Introduction
Point sur le TD 4
Autres grandeurs dépendantes du temps
Grandeurs indépendantes du temps
Estimation de paramètres
Activité
Exercices supplémentaires
Conclusion
References

- normale(μ, σ) :
- log-normale(μ, σ) :
- exponentielle(λ) :
- de Weibull(β, η) :

[1] Source : cours de 2024 de Zeina Al Masry.

Introduction
Point sur le TD 4
Autres grandeurs dépendantes du temps
Grandeurs indépendantes du temps
Estimation de paramètres
Activité
Exercices supplémentaires
Conclusion
References

MTTF avec les lois usuelles

- normale(μ, σ) : μ
- log-normale(μ, σ) : $\exp(\mu + \frac{\sigma^2}{2})$
- exponentielle(λ) : $\frac{1}{\lambda}$
- de Weibull(β, η) : $\eta\Gamma(\frac{1}{\beta} + 1)$ avec :

$$\Gamma(t) = \int_0^{+\infty} x^{t-1} \exp(x) dx.$$

[1] Source : cours de 2024 de Zeina Al Masry.

Plan

1. Introduction
   - Point sur le TD 4
   - Autres grandeurs dépendantes du temps
2. Grandeurs indépendantes du temps
3. Estimation de paramètres
   - Activité
   - Exercices supplémentaires
4. Conclusion
5. References

Plan

1. Introduction
   - Point sur le TD 4
   - Autres grandeurs dépendantes du temps
2. Grandeurs indépendantes du temps
3. Estimation de paramètres
   - Activité
   - Exercices supplémentaires
4. Conclusion
5. References

Activité

Objectif

- Étudier un outil d'estimation de paramètres parmi les suivants : maximum de vraisemblance, intervalle de confiance, test de Kolmogorov-Smirnov.
- Informations :
  - définitions (principe, formules),
  - mettre en avant les éléments apportant de la confiance dans la justesse de l'estimation,
  - un exemple d'utilisation pour une loi usuelle (e.g., exponentielle, normale).
- Format libre (e.g., document texte ou slides).

Organisation

- Six groupes de 4-6 personnes, deux par outil.
- 45 min de préparation.
- A la fin : restitution (rendu via email) et présentations.

Plan

1. Introduction
   - Point sur le TD 4
   - Autres grandeurs dépendantes du temps
2. Grandeurs indépendantes du temps
3. Estimation de paramètres
   - Activité
   - Exercices supplémentaires
4. Conclusion
5. References

Exercice 1

130 ampoules électriques d'une même fabrication sont testées en laboratoire. Le critère de défaillance étant l'extinction de la lampe, les résultats obtenus sont les suivants.

1. Caractériser la fiabilité de ces ampoules (e.g., loi de densité).
2. Donner leur durée de vie moyenne.

Temps (h)	Ampoules défaillantes
0-200	0
200-400	0
400-600	12
600-800	19
800-1000	25
1000-1200	32
1200-1400	20
1400-1600	13
1600-1800	8
1800-2000	1

[1] Source : cours de Rafael Gouriveau.

Introduction
Point sur le TD 4
Autres grandeurs dépendantes du temps
Grandeurs indépendantes du temps
Estimation de paramètres
Activité
Exercices supplémentaires
Conclusion
References

Exercice 2

Considérons un système de contrôle utilisé sur plusieurs lignes de production et étudions la fiabilité de ce système. Nous disposons d'un relevé des durées de bon fonctionnement avant défaillance de ces systèmes (tableau ci-dessous).

1. Établir la loi de fiabilité régissant ce type de système de contrôle.
2. Donner une estimation du MTTF.
3. Estimer la probabilité pour qu'un système de contrôle soit défaillant en moins de 2000 h.

Système	Date déf. (h)
1	184
2	434
3	563
4	802
5	946
6	956
7	1403
8	1859
9	1908
10	2087
11	2267
12	2411
13	2609
14	2611
15	3233

Système	Date déf. (h)
16	3303
17	3601
18	3642
19	3663
20	3782
21	4233
22	5486
23	6260
24	6647
25	7192
26	7530
27	7809
28	9601
29	11462
30	25618

[1] Source : cours de 2024 de Zeina Al Masry.

Introduction
Point sur le TD 4
Autres grandeurs dépendantes du temps
Grandeurs indépendantes du temps
Estimation de paramètres
Activité
Exercices supplémentaires
Conclusion
References

Exercice 3

Pour étudier la fiabilité des machines d'un atelier, de même type, fonctionnant dans les mêmes conditions, on a relevé le nombre de jours de bon fonctionnement avant pannes de 10 machines et on a obtenu les résultats suivants :

$$80 - 110 - 68 - 86 - 100 - 61 - 120 - 94 - 15 - 74$$

La durée de bon fonctionnement de ces machines suit une loi de Weibull de paramètres $\eta = 52$ et $\beta = 1.5$.

1. Calculer la fiabilité de ces machines pour $t = 60, 80, 100, 120, 130$.
2. Sachant que le taux de défaillance est $h(t) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$, tracer la courbe représentative de h sur l'intervalle $[60, 130]$ et interpréter les résultats.
3. Calculer t pour une fiabilité de 88%.

[1] Source : cours de 2024 de Zeina Al Masry.

Plan

1. Introduction
   - Point sur le TD 4
   - Autres grandeurs dépendantes du temps
2. Grandeurs indépendantes du temps
3. Estimation de paramètres
   - Activité
   - Exercices supplémentaires
4. Conclusion
5. References

Introduction
Point sur le TD 4
Autres grandeurs dépendantes du temps
Grandeurs indépendantes du temps
Estimation de paramètres
Activité
Exercices supplémentaires
Conclusion
References

Conclusion

- **Ressources**
  - https://mahermallem.github.io/teaching/26-27/SF
- **Contact**
  - Bureau : 0 62 36
    (couloir RDC du département AS2M, avant-dernier bureau sur la gauche)
  - Courriel : maher.mallem@supmicrotech.fr
- **Prochaine séance (04/11, 14h-16h) :** révisions (1h), évaluation (30min) et mini-synthèse.

Plan

1. Introduction
   - Point sur le TD 4
   - Autres grandeurs dépendantes du temps
2. Grandeurs indépendantes du temps
3. Estimation de paramètres
   - Activité
   - Exercices supplémentaires
4. Conclusion
5. References

Introduction
Point sur le TD 4
Autres grandeurs dépendantes du temps
Grandeurs indépendantes du temps
Estimation de paramètres
Activité
Exercices supplémentaires
Conclusion
References



Jean-Claude Laprie.
Guide de la sûreté de fonctionnement.
Cépaduès-Editions, Toulouse, 1995.



Alain Villemeur, Paul Caseau, and Arnould D'Harcourt.
Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels : fiabilité, facteurs humains, informatisation.
Collection de la Direction des études et recherches d'Electricité de France. Eyrolles, Paris, 1988.