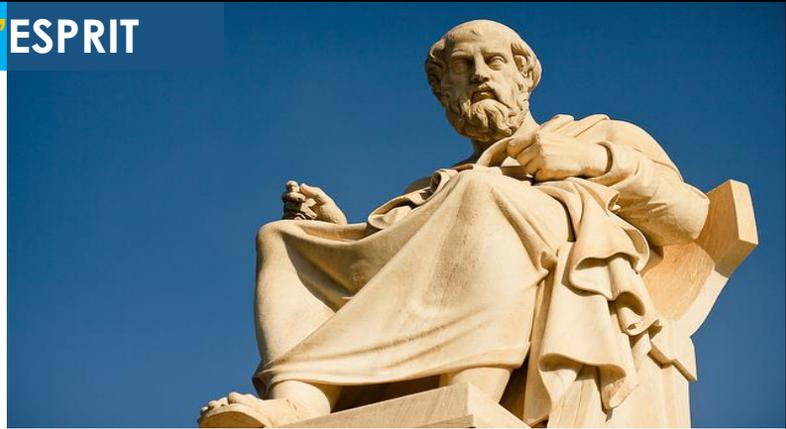




UN ÉTAT D'ESPRIT



# Module : Système

*Février 2017*

79, avenue NIEL  
75017 PARIS, France

809 124 993 R.C.S. PARIS  
N° TVA FR43809124993  
NAF 7022Z

Contact  
✉ : [jcapirossi@unexx.eu](mailto:jcapirossi@unexx.eu)  
☎ : +33634437053



Nous démarrons le module système du mooc architecture de la société Unexx.

L'ambition de ce module est de fournir les principales caractéristiques d'un système complexe en introduction et connaissance préalable au MOOC Architecture.

# Une histoire de chat



1

Le chat est-il un système ?

2

Dans quels jeux nous plonge un système complexe ?

3

Comment un système complexe se maintient-il en équilibre ?

Je vous propose de visiter les principales caractéristiques d'un système complexe à travers une histoire de chat en traitant les 3 questions

## Le chat est-il un système ?

- Le chat est un système



Donc, arrêtons nous un instant sur la question, le chat est-il un système ?

## Le chat est un système



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017



Faisons une expérience, marchons sur la queue du chat ! Que se passe-t-il ? Le chat crie de douleur. Ce réflexe, normal et légitime, montre que la queue et la gueule du chat sont liées de différentes façons :

- liaison spatiale – la tête et la queue sont reliées par le corps du chat,
- liaison temporelle – le chat crie au moment où l'on marche sur sa queue
- liaison fonctionnelle – le cri du chat fait partie d'un ensemble de réactions déclenché par l'écrasement de sa queue
- liaison de finalité – la queue et la gueule du chat participent de l'équilibre moteur du chat.

La liste des types de liaison n'est pas exhaustive, elle est limitée par la connaissance que l'on a du chat, qui est elle-même limitée.

Je vous propose d'appliquer ces propriétés aux Systèmes d'information

## Le chat est-il un système ?

- Il est indivisible



Qu'advient-il si l'on tente de diviser un système complexe ?

## Le chat est indivisible



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

Faisons à nouveau une expérience, coupons la tête du chat. Il en résulte qu'on le tue. Si l'on tente de recoller sa tête, il ne se remet pas à vivre pour autant. Un système complexe est indivisible, il n'est pas l'addition de chacune de ses parties. C'est un tout.

On en a pas une connaissance totale et complète, notamment des types de lien qui relie les composants du système entre eux

## Le chat est-il un système ?

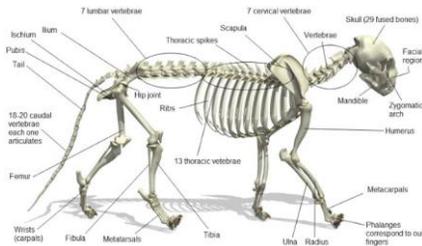


- Le chat est un système de systèmes

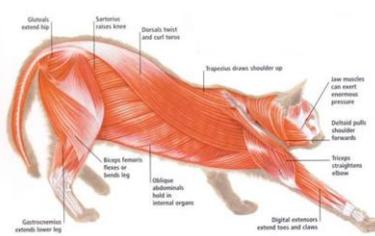


Un système complexe est souvent un système de systèmes complexes. Quezaco ?

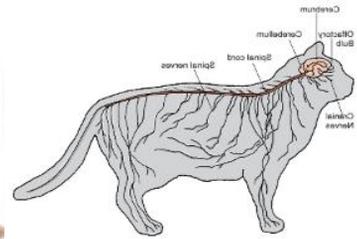
# Le chat est un système de systèmes



Système osseux



Système musculaire



Système nerveux

UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017



Le chat possède un système osseux qui s'adapte aux différentes phases de sa vie, mais également aux événements contingents comme les fractures. Ce système osseux est lié autres systèmes de l'anatomie du chat - système musculaire , nerveux, circulatoire,...-

avec lesquels il entretient des liaisons complexes. En ce sens, le chat est un système de systèmes complexes.

## Le chat est-il un système ?

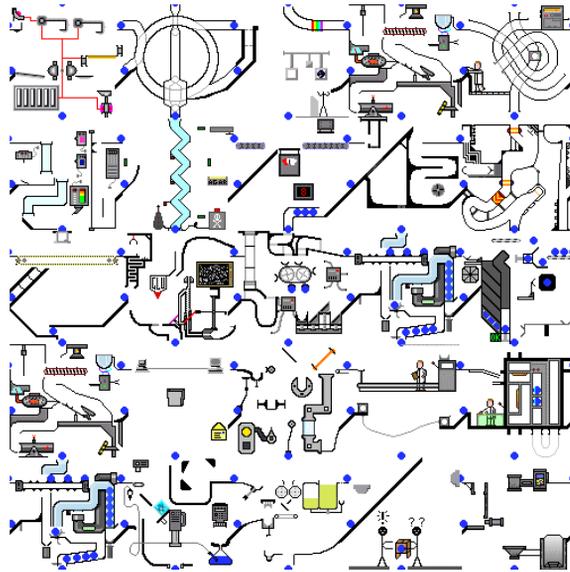


▪ Comme l'entreprise



Le croirez-vous si je vous dit que l'entreprise est aussi un système complexe.

## Comme l'entreprise



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

Si l'on a l'impression de maîtriser le fonctionnement interne de l'entreprise, c'est parce qu'on s'en fait une représentation simpliste et partielle basée sur un fonctionnement nominal, c'est-à-dire dans lequel chaque opération trouve une issue positive.

En réalité, le fonctionnement d'une entreprise doit faire face à des événements imprévus, des cas non pris en compte, des erreurs, des malveillances dont on ne maîtrise pas totalement les conséquences. Cette entreprise devient soudain imprévisible et complexe.

## Le chat est-il un système ?



▪ En bref



En définitive quelles sont les caractéristiques d'un système complexe ?

## En bref : Messages

- ① Un système complexe est un tout, on ne peut pas le diviser
- ② Un système complexe n'est pas déterministe :  
Les mêmes entrées ne produisent pas les mêmes sorties
- ③ On ne comprend pas le fonctionnement d'un système complexe  
lorsqu'on croit comprendre son fonctionnement c'est que l'on s'en fait  
une représentation partielle
- ④ On ne sait pas créer de toutes pièces un système complexe  
L'homme est un système complexe, c'est même un système de systèmes  
complexes
- ⑤ L'entreprise est aussi un système complexe



## En bref : Le message

Il est important de  
bien identifier les  
limites du système  
***Ne pas couper le chat en  
morceaux***



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

Il est important de bien identifier les limites du système  
Ne pas couper le chat en morceaux

## A quoi joue un système complexe ?

- Au jeu du chat et de la souris



Si le chat est un système complexe, qu'en sera-t-il du jeu du chat et de la souris ?

## Le jeu du chat et de la souris



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

L'imprévisibilité du comportement de la souris dérouté le chat. La main ne parvient pas à attraper la souris car elle est dans l'incapacité de prévoir ses déplacements. Elle peut croire parvenir à ses fins, mais cela ne sera qu'exceptionnel. La main pourrait essayer d'appâter la souris, cependant il n'est jamais sûr que la souris morde à l'appât. L'évolution d'un système complexe est comme celui de la souris, il est imprévisible. Il peut emprunter, de manière transitoire, des trajectoires voisines qui donnent une illusion de stabilité.

## A quoi joue un système complexe ?

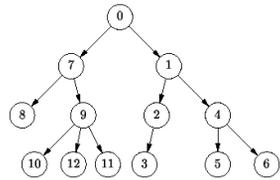
- La souris gagne au jeu du SI



La souris gagne le chat, gagnera-t-elle au jeu du SI ?

# La souris gagne au jeu du SI

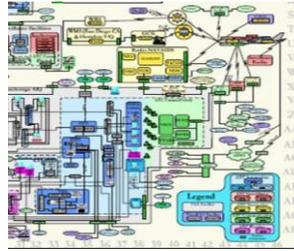
## Complexité d'un système informatique réparti



Vue statique du  
Système d'information  
graphe acyclique



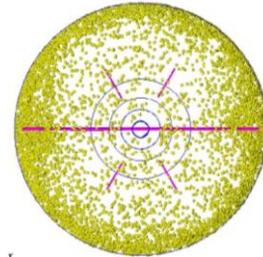
*On croit l'attraper*



Vue dynamique du  
Système d'information  
Graphe cyclique



*insaisissable*



Asynchronisme  
Mélange du temps  
et des causalités



*insaisissable*



Lorsqu'on décrit les système d'information, on cartographie leur structure au moyens de graphes cycliques. Ceux-ci donnent l'illusion que l'on a une connaissance suffisante du SI. Cette représentation structurelle ne rend pas compte d'une dynamique opérationnelle que l'on imagine souvent simple car chaque opération y trouve une issue positive et prévue.

La représentation de la dynamique réelle du SI nécessite d'utiliser des graphes cycliques dont les parcours tiennent compte d'événements imprévus et des erreurs. Ces parcours peuvent entrer dans des boucles infinis ou bien butter sur des problèmes indécidables de synchronisation des données et des états.

La souris sort gagnante du jeu du Système d'Information d'autant plus que les interactions sont asynchrones et que l'on se rende compte des imprévus, erreurs et incidents tardivement.

## A quoi joue un système complexe ?

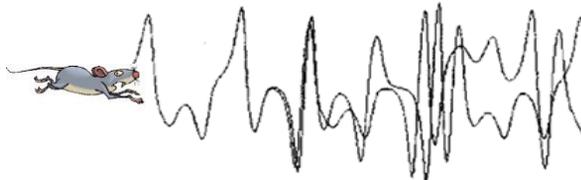


- La souris joue à la stratégie



L'imprévisibilité est constatée à tous les horizons temporels, courts, moyens et longs termes. Comment s'en sortir ?

## La souris joue à la stratégie



Lorenz's experiment:  
the difference between  
the starting values of  
these curves is only  
.000127

*Une trajectoire chaotique avec une finalité*



**Vision planifiée**

*On planifie la traque  
elle nous échappe*



**Gestion du risque**

*On parie pour gérer  
l'incertitude*



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

L'imprévisibilité des systèmes complexes, à court, moyen et long terme, fait qu'ils suivent une trajectoire chaotique. Ce type de trajectoire donne pendant un temps une illusion de stabilité lorsqu'elle demeure confinée dans une région finie de l'espace, mais elle peut s'en échapper à chaque instant de manière imprévisible. Cette illusion de stabilité des trajectoires chaotiques a été formalisée grâce au concept d'attracteurs dont le plus célèbre est l'attracteur de Lorenz qui figure la dynamique météorologique.

Nassim Taleb a exposé dans son ouvrage « Le Cygne Noir », les lois de l'imprévisibilité des instants où la trajectoire d'un système sort de son confinement

Le facteur clé pour pouvoir anticiper l'évolution d'un système complexe est de procéder par scénario en leur affectant une probabilité. Ce faisant, il ne faut pas négliger les scénarios dont les probabilités sont faibles et les impacts forts, ce qu'une approche basée sur une hypothèse de distribution gaussienne des probabilités pousse trop souvent à faire. C'est en appliquant cette méthode que l'on parvient parfois à localiser et à mettre en cause le responsable d'une cyber-attaque.

## A quoi joue un système complexe ?

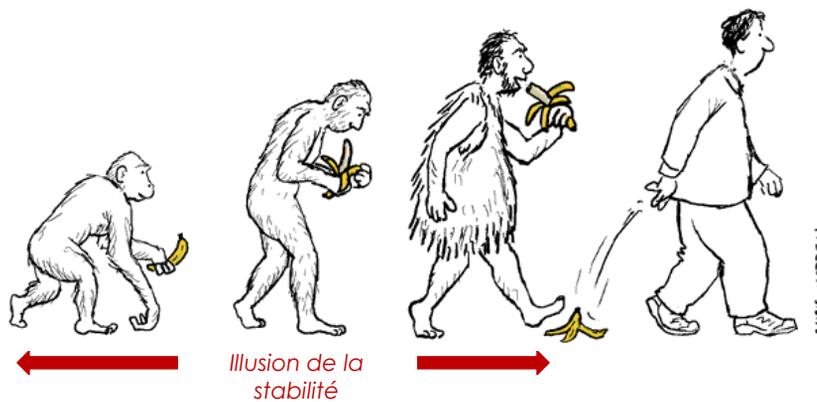


- L'homme aussi est imprévisible



L'homme est un facteur majeur d'imprévisibilité.

# L'homme est imprévisible



*L'homme est en proie à de nombreuses motivations  
physiologiques personnelles économiques sociales  
spirituelles souvent contradictoires*



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

L'homme est imprévisible. La plupart des accidents d'automobiles, d'avion ou de trains, sont en grande majorité imputables à une erreur humaine quand ce n'est pas une action intentionnelle comme l'a été le crash de l'Airbus de la Germanwings. Le comportement de l'homme est soumis à de nombreuses motivations qu'il garde secrètes, il est en proie à des émotions contraires : la joie, la colère, l'optimisme, la peur, la rancœur, la félicité... Les responsables de sécurité des systèmes d'information considèrent que les risques les plus importants proviennent des utilisateurs de l'entreprise. Cette imprévisibilité de l'homme est la principale source de complexité des systèmes d'information

## A quoi joue un système complexe ?



▪ En Bref



Quels sont les messages essentiels ?

## En bref : Message 1

- ① Un système complexe donne l'illusion d'être stable  
L'homme est un élément majeur d'imprévisibilité
- ② On ne comprend pas le fonctionnement d'un système complexe ni à court terme, ni à long terme. On fait des hypothèses sur son évolution
- ③ Un système complexe évolue en même temps qu'on l'observe
- ④ On peut et l'on doit faire des hypothèses de finalité et anticiper des passages probables et faire des paris  
On doit faire évoluer en permanence le système de paris
- ⑤ On doit adopter une démarche d'essais erreurs et multiplier les essais



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

Un système complexe donne l'illusion d'être stable car il évolue dans des trajectoires confinées dans un espace fini.

L'homme est un élément majeur d'imprévisibilité.

On ne comprend pas le fonctionnement d'un système complexe ni à court, ni à long terme. On fait des hypothèses simplificatrices qui occasionnent une perte d'information à propos du système.

Un système complexe évolue en même temps qu'on l'observe. Lorsqu'on observe des utilisateurs, lorsqu'on mesure leurs actions, ils changent de comportement.

On peut et l'on doit faire des hypothèses de finalité, anticiper des états probables et faire des paris, c'est-à-dire estimer la probabilité de réalisation des scénarios futurs du système.

Un système complexe grâce à son imprévisibilité peut s'adapter au contexte et poursuivre en même temps des objectifs de long terme

Pour comprendre l'évolution d'un système complexe, on doit faire évoluer en permanence le système de paris et la démarche d'attribution des probabilités.

On doit adopter une démarche d'essais erreurs et multiplier les essais

Planifier le court-  
terme, parier à long-  
terme  
***Savoir faire des paris  
multiples***



## A la recherche de l'équilibre

- Une suite d'équilibres éphémères



L'équilibre, la clé de la compréhension des systèmes complexes.

## Une suite d'équilibres éphémères



### Le mouvement naît du déséquilibre

« Lorsque l'homme tombe l'équilibre est permanent, toute l'énergie potentielle est utilisée, il n'y a plus de mouvement »



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

A chaque instant, un système complexe subit des événements externes qui mettent en défaut sa stabilité, ils le poussent à rechercher sans cesse un nouveau point d'équilibre. Ce déséquilibre permanent pousse le système à évoluer sans arrêt. S'agissant des systèmes d'information, l'équilibre est une situation du système où les composants se trouvent dans une état partiellement cohérent et sont partiellement synchronisés. Le système sélectionne le point d'équilibre qui minimise l'énergie potentielle. Par exemple, un nouvel équilibre suite à une comptabilité incohérente avec la gestion, peut être obtenu en recommençant des inventaires coûteux ou approximatifs ou bien en constatant des pertes en comptabilité.

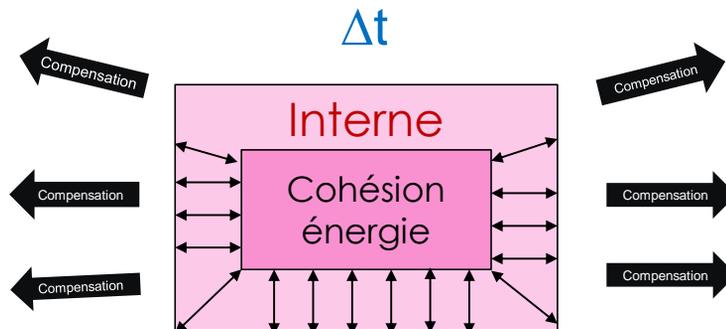
## A la recherche de l'équilibre

- La cohésion à coût énergétique minimum



Le système doit maintenir sa cohésion et réguler sa dépense d'énergie

## La cohésion à coût énergétique minimum



*Le système compense le déséquilibre et maintient le niveau d'énergie et la cohésion interne dans les limites vitales à chaque instant*



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

Pour paraître stable, le système complexe compense continuellement. Son but premier, fondamental est de maintenir sa cohésion, s'il en était autrement, son existence même serait en jeu. Cela lui demande une dépense d'énergie qui doit elle-même être compensée. Pour être viable, un système complexe doit s'attacher à maintenir son niveau de cohésion et d'énergie dans des limites acceptables. Pour une entreprise, l'énergie est le financement, le temps, la charge de travail, les compétences.

Tout système complexe a besoin d'un système de contrôle et de régulation.

## A la recherche de l'équilibre

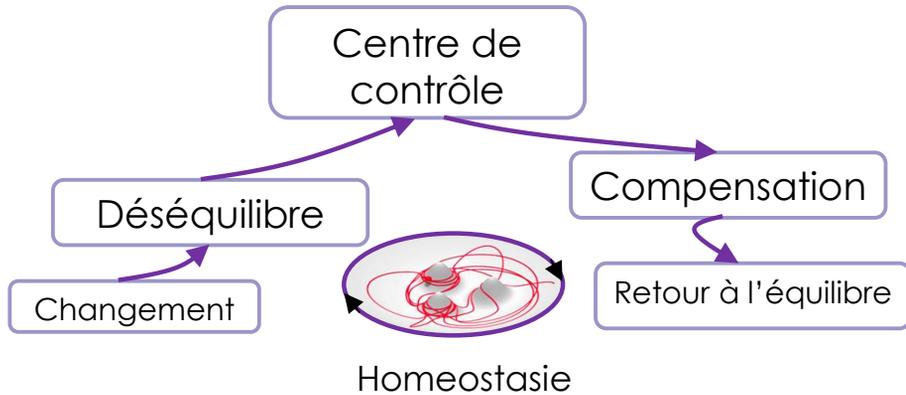


- L'homéostasie ou la nécessité du contrôle permanent



La nécessité du contrôle ou l'homeostasie

## L'homeostasie



*Un système complexe a un dispositif de contrôle permettant l'homeostasie*



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

Le centre de contrôle du système régule le processus de compensation. Il identifie les impacts des changements et des déséquilibres et favorise les actions de compensations adaptées. La régulation doit maintenir le système complexe sur une des trajectoires centrées sur un attracteur. La diversité de ces trajectoires qui offrent des chemins pseudo stables multiples est un facteur de flexibilité du système. Ceci lui donne une capacité d'adaptation importante. Cette régulation s'appelle l'homeostasie.

Le système de contrôle est un système complexe qui fait lui-même partie du système. D'ailleurs un système de contrôle doit avoir, a minima, le même niveau de complexité que le système qu'il contrôle.

Dans les entreprises, le centre de contrôle est constitué par les managers et leur système d'information.

## A la recherche de l'équilibre

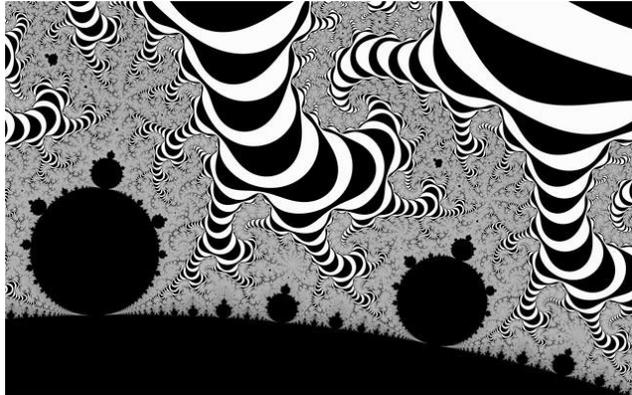


- Une finalité qui crée des invariances d'échelle



Une régulation basée sur les invariances d'échelle.

## Des invariances d'échelle



*Un système complexe a une finalité qui crée des invariances d'échelle*



UNEXX - MOOC Architecture - Module 1 - Système - 02/2017

L'illusion de stabilité d'un système complexe provient non seulement de trajectoires d'évolution voisines, mais aussi d'un phénomène d'invariance d'échelle. Une entreprise en évolution répète en permanence des comportements passés. Cela produit à travers les différents horizons temporels une invariance d'échelle. Cette invariance ne garantit pas qu'arrivé à une bifurcation, le système prenne une trajectoire instable et divergente.

L'invariance d'échelle a été étudiée par Benoit Mandelbrot et a donné lieu au concept de fractales.

## A la recherche de l'équilibre



▪ En bref



En définitive, comment est régulé un système complexe ?

## En bref : Message 1

- 1 La dynamique d'un système complexe ne connaît que des phases d'équilibres éphémères. Cela nécessite de compenser en permanence des déséquilibres à des horizons de temps variés
- 2 Un système complexe suit des trajectoires qui demeurent confinée dans des régions finies, appelées attracteurs. En procédant ainsi, le système parvient à se réguler pour un temps fini
- 3 Un système complexe a une finalité d'existence qui se traduit par des invariances d'échelle
- 4 Un système complexe s'autocontrôle, il s'adapte au contexte et poursuit des objectifs à long terme
- 5 Le contrôle du système d'information est assuré par le management réuni au système d'information. Cet ensemble est lui-même un système complexe



Un système régulé  
malgré l'imprévisibilité  
**Comprendre la régulation**



Un système complexe est nécessairement régulé, il est imprévisible car il sait faire face à l'imprévisibilité. Il est essentiel de comprendre les mécanismes de régulations du système complexe.

