

AFSCET : systémiciens sans le savoir – 15 Mai 2011

Modélisation d'un échange client – fournisseur
dans le cadre du métier de la compatibilité
électromagnétique

Olivier MAURICE

AFSCET

Journées du 14 – 15 Mai au moulin d'Andé

Modélisation d'un échange client – fournisseur dans le cadre du métier de la compatibilité électromagnétique

- ◆ Brève présentation de la compatibilité électromagnétique
- ◆ Brève description de la théorie des jeux
- ◆ Brève description de l'analyse tensorielle des réseaux
- ◆ Contexte
- ◆ Processus proposé et adopté pour décrire l'échange technique
 - ◆ Phases dans l'élaboration du dialogue
 - ◆ Acteurs considérés (client, fournisseur, « nature »)
 - ◆ Issues possibles
- ◆ Graphe du processus pour un sous-jeu
- ◆ Objets intervenants dans la modélisation du processus
 - ◆ L'espace des hypothèses, de l'imagination
 - ◆ L'espace des réseaux et du matériel – du vécu
 - ◆ L'espace du jeu – des décisions et du comportement analysé
- ◆ Le processus vu comme un sous-jeu d'un jeu où les hypothèses de déroulement sont variées
- ◆ Conclusion et travaux à venir

Disposition des diapositives

- Ici on essaiera d'expliquer les concepts.
- Ici on donnera des références, des notes historiques s'il y en a.
- Ici on donnera des expressions mathématiques lorsque cela est pertinent.

*Ici, on parle de
Systémique
(peut-être...)!*

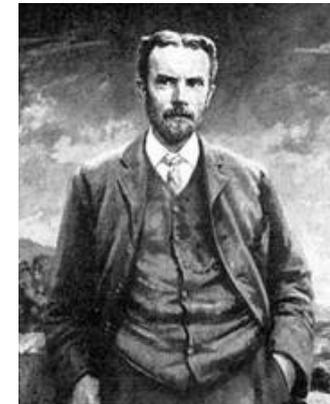


Brève présentation de la compatibilité électromagnétique

- Un histoire ancienne



- Histoire de la physique et des physiciens. J.C.Boudenot, Ellipse



Travaux de Heaviside



Partages locaux des cheminements sur les poteaux

→ Message principal

Réception de son par couplage entre les lignes :
« le fil qui chante » → diaphonie

Brève présentation de la compatibilité électromagnétique

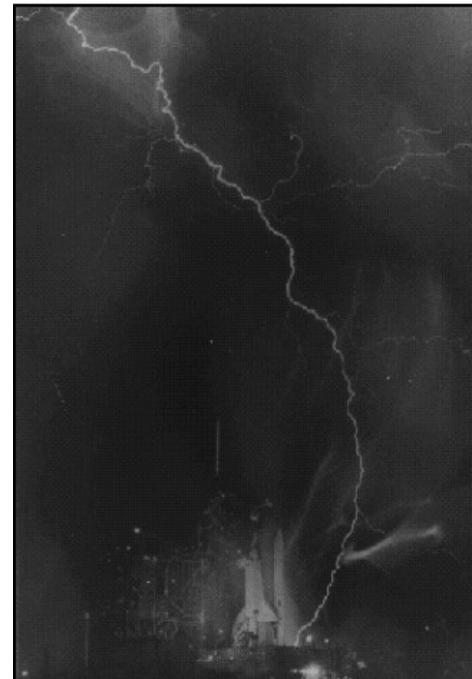
- La compatibilité électromagnétique (CEM) traite des interférences entre les électroniques ou entre les électroniques et leur environnement. La CEM est un métier vaste, elle aborde les problèmes liés à :

- La foudre
- Les décharges électrostatiques
- Les risques sur la santé lors des expositions aux champs électromagnétiques
- Les effets des rayonnements ionisants
- Les interférences électromagnétiques en général
- ...

Elle a son jargon et les sigles associés à ces différentes thématiques : Foudre, ESD, DAS, SEE, IEMN, etc.



- Pas d'ouvrages de vulgarisation à ce jour.



L'équation de la CEM :

$$\text{Risque de perturbation} \longrightarrow R = \frac{W.S}{P} \longleftarrow \text{Fonction de transmission de la puissance des perturbation}$$

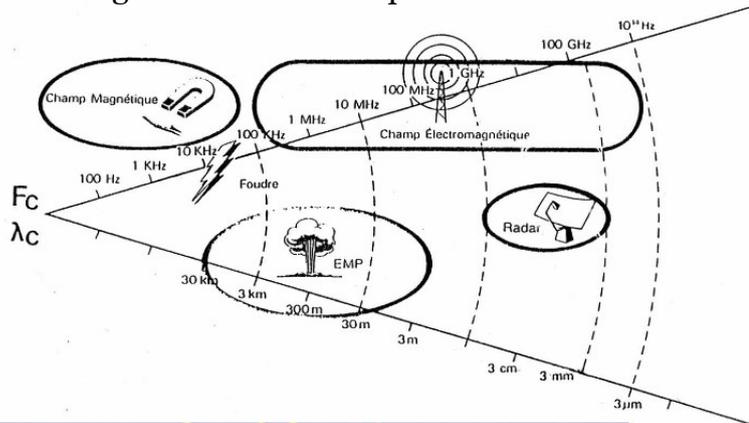
↑
Seuil de sensibilité des récepteurs de la perturbation

Source des perturbations

Brève présentation de la compatibilité électromagnétique

Le problème général de la compatibilité électromagnétique est la transmission d'énergie indésirable par les ondes électromagnétiques. Du fait de la diffusion exponentielle de l'électronique dans les objets de la vie de tous les jours, la CEM prend un rôle croissant dans les métiers de l'ingénierie.

Très large domaine des fréquences couvertes



Des conséquences qui peuvent être dramatiques



Des armes diverses basées sur ses principes



Avec encore bien des phénomènes complexes à comprendre en détail.

Brève description de la théorie des jeux

L'objet de la théorie des jeux est la mathématisation des prises de décision dans les situations de conflits (au sens large).

Dilemme du prisonnier : deux prisonniers sont interrogés et ne peuvent pas communiquer. Si un avoue et l'autre pas, il gagne une récompense (+1) et l'autre une lourde peine (-2). Si les deux avouent ils auront une peine légère (-1). Si aucun n'avoue, ils sont libres (0).

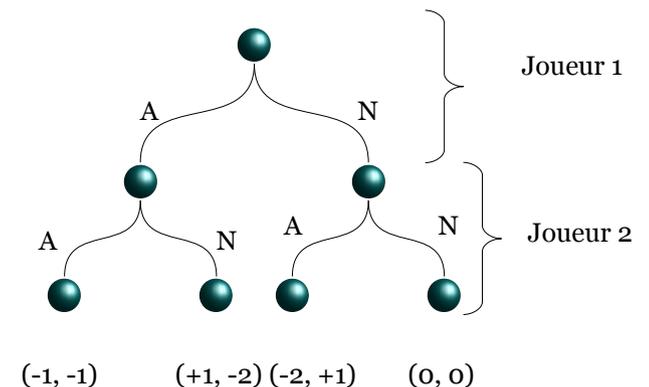
Matrice des « payoffs »	Avoue (joueur B)	N'avoue pas (joueur B)
Avoue (joueur A)	-1, -1	+1, -2
N'avoue pas (joueur A)	-2, +1	0, 0

La stratégie d'aveu est une stratégie dominante. La stratégie dominée est pourtant celle qui conduit à l'intérêt commun. L'équilibre de Nash du jeu contredit l'intérêt commun des deux joueurs.

- ▶ Von Neumann, Morgenstern (1947)
- ▶ Korchounov, « fondements mathématiques de la cybernétique (1975)
- ▶ Fudenberg, Tirole, « Game theory », 1991

Ouvrage de vulgarisation :
Théorie des jeux de Nicolas Eber

Représentation extensive :

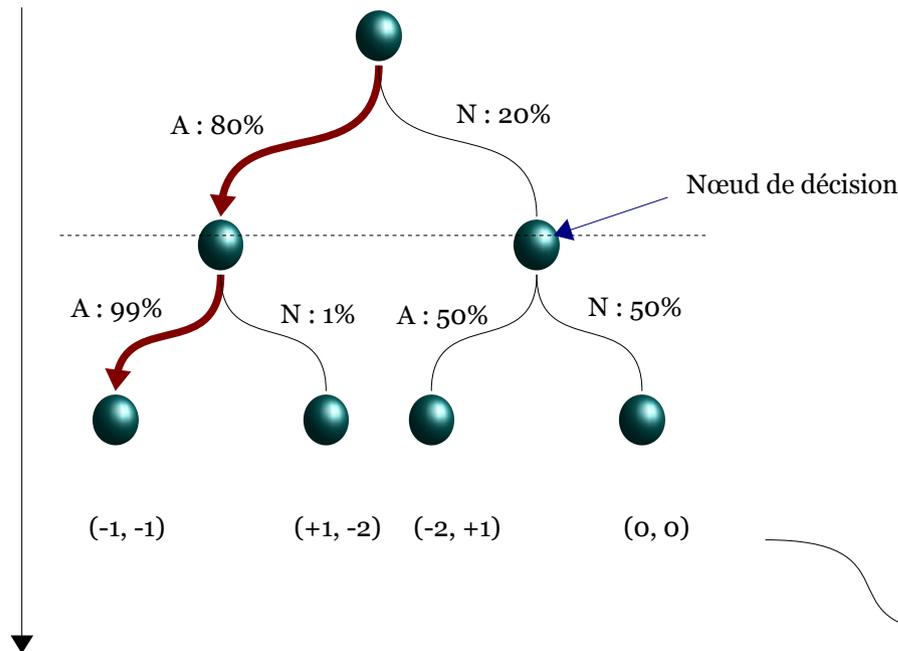


Matrices des gains finaux : ${}^1G_{ij}$ ${}^2G_{ij}$

Brève description de la théorie des jeux

Une stratégie est une succession de décisions réalisées en fonction d'un environnement complexe et menant à un certain gain à la fin du jeu. Les stratégies sont dites 'pures' lorsqu'elles sont formulées de façon déterministe, et 'mixtes' lorsqu'elles sont formulées de façon probabiliste. Reprenons le jeu précédent, mais donnons lui une dimension temporelle et ajoutons lui cette notion de probabilité.

Passé inconnu :
jeu à information incomplète.
Passé non connu mais déductible :
jeu à information imparfaite.



Joueur 1 interrogé par la police, persuasive ! Il croit peu au fait que le complice présumé qui sera interrogé ensuite ne le dénoncera pas. S'il n'avoue pas et que le complice présumé avoue, il a une peine lourde → notion de **croiance**.

Joueur 2 : il n'a plus trop le choix ! Si la police est honnête et lui indique que le premier joueur a avoué (on considère que chaque joueur joue « rationnellement », càd ne joue pas contre son intérêt), il est obligé d'avouer pour limiter sa condamnation. Si par contre le joueur 1 a « tenu bon », la probabilité du joueur 2 devient équilibrée, suivant l'hypothèse sur son honnêteté, et suivant sa culpabilité réelle ! → croyance du joueur 1 dans l'issue s'il est innocent et « psychologie » du joueur 2 s'il est réellement coupable ou non.

Espérances de gains des deux joueurs EG_x :

$$EG_1 = {}^1G_{ij} p^i q^j \quad EG_2 = {}^2G_{ij} p^i q^j$$

Brève description de l'analyse tensorielle des réseaux (ATR)

- Historiquement créée par Gabriel KRON, avec un ouvrage en 1939 : 'Tensorial analysis of networks' qui termine son travail sur ce thème.
- Idée :
 - Pouvoir réutiliser des résultats précédemment acquis.
 - Réduire la complexité en découpant un système sans perdre les informations relatives au système complet, couplé.
 - Pouvoir traduire des grandeurs physiques dans des référentiels (au sens large) où ces quantités s'expriment de la façon la plus simple.
 - Profiter de l'existence d'un invariant : la puissance, pour projeter les idées de l'ingénieur sur des espaces différents sur la base d'une algèbre tensorielle appliquée aux réseaux.

Aujourd'hui, partant des travaux de Kron et Kaufmann, Alain REINEIX et Olivier MAURICE proposent une ATR comportant 7 niveaux d'espaces et un formalisme permettant la modélisation multiphysique, multiéchelle et manipulant des « solitons » : spectres définis pour chaque pas de temps.



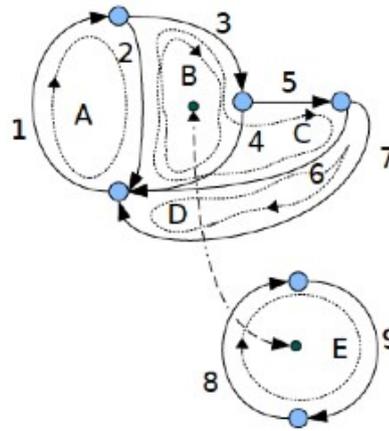
Brève description de l'analyse tensorielle des réseaux

Appliquer l'analyse tensorielle des réseaux à la compatibilité électromagnétique :

La CEM des systèmes complexes
O.Maurice. Hermès-Sciences



← Ce que l'on veut modéliser et calculer



La réalité est représentée sous forme de graphes qui sont une contraction des mouvements et échanges des particules et des champs proches dans un espace commun électromagnétique, thermique et mécanique.

Ces graphes comportent des cordes, sont 'hamiltoniens', les branches ont des propriétés complexes (opérateurs) et ils sont orientés.

$$\begin{aligned}
 W &= k^\alpha g_{\alpha\sigma} k^\sigma \\
 e_a &= g_{ab} i^b + V_a \quad i^a = C^a_\alpha (m^\alpha + j^\alpha) = C^a_\alpha k^\alpha \\
 &\rightarrow C^a_\sigma e_a = C^a_\sigma g_{ab} C^a_\alpha k^\alpha + C^a_\sigma V_a \rightarrow e_\alpha = g_{\alpha\sigma} k^\sigma + 0
 \end{aligned}$$

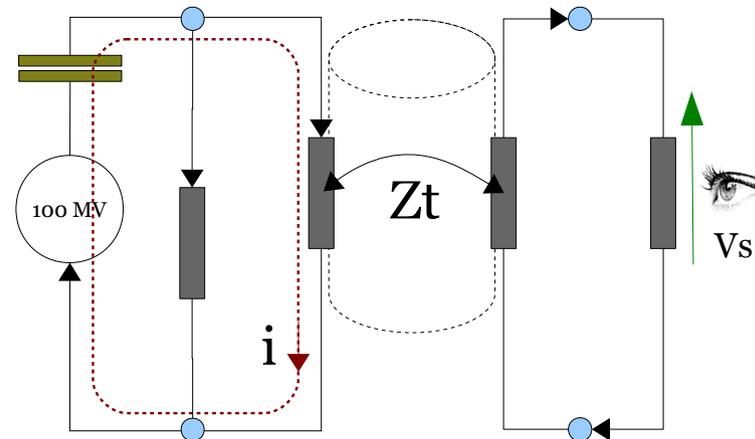
Brève description de l'analyse tensorielle des réseaux

Un exemple illustratif : câble d'antenne agressé par un coup de foudre.

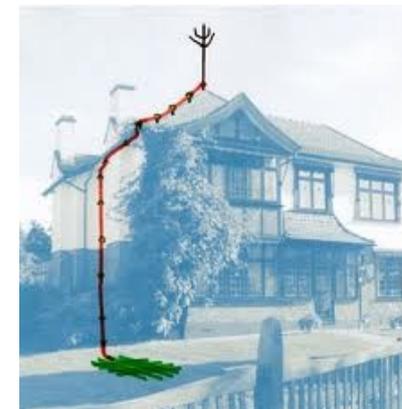
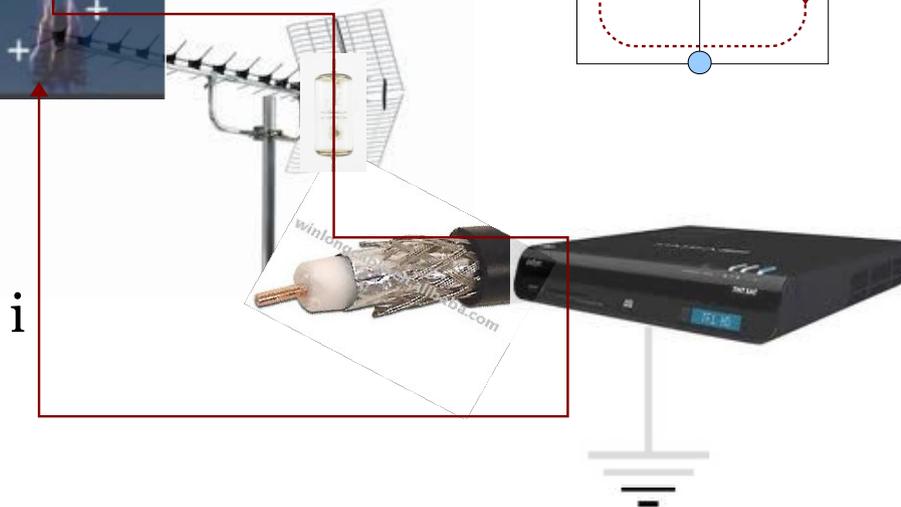
•Papin, Kaufmann, « calcul tensoriel », 1966



Le courant foudre par un éclateur rejoint la terre par l'intermédiaire d'un câble d'écoulement, mais une partie du courant passe par le blindage du câble antenne.



Le couplage entre le blindage du câble et l'âme du câble est une fonction appelée « impédance de transfert » très facilement implémentable dans la topologie de Kron.



$$g = \begin{bmatrix} Z1 & 0 & 0 \\ 0 & Z2 & -Zt \\ 0 & -Zt & Z3 \end{bmatrix}$$

$$V_S = z_4 i^4 = z_4 C_{\alpha}^4 k^{\alpha}$$

$$V_S = z_4 C_{\alpha}^4 y^{\alpha v} e_v$$

Brève description de l'analyse tensorielle des réseaux

Sous l'algèbre tensoriel, les réseaux se déforment, se transforment, s'accouplent, etc., et suivent ainsi les transformations observables dans le monde réel (sensible et électromagnétique autant que thermique, ...).

Couplages nés de l'incidence non signée

\mathbb{C}^n - dimension espace des cycles
 \mathbb{P}^n - espace paires de nœuds (arbre couvrant)

I $\mathbb{C}^2 = \mathbb{C}^3$
 $\mathbb{P}^2 = \mathbb{P}^1$

$B_1, B_2 \rightarrow B_1 \cup B_2$

$B = B_1 \cup B_2$

1	2	3	4
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1

(1) arbres couvrants
 (3) de B_1
 de B_2

après couplage $B' =$

1	2
1	1
2	1
3	1
4	1

arbre couvrant
 $AC' = (1)$

transformation $Q =$

1	2	← nœuds de B'
1	1	0
2	0	1
3	1	0
4	0	1

nœuds de B

on trouve $B' = B \cdot Q$ ou $B_n^q = B_n^p \cdot Q_p^q$

II $\mathbb{C}^3 = \mathbb{C}^3$
 $\mathbb{P}^2 = \mathbb{P}^2$

$B = B_1 \cup B_2$

$AC = (1, 3)$

III Couplage sans numérotation inverse

$B' = B \cup B_{5,6}$

$AC = (1, 5, 3)$

IV

$B = B_1 \cup B_2$

$AC = (1, 3)$

$B' = B \cup B_5$

$AC = (1, 5)$

V

$B = B_1 \cup B_2$

$AC = (1, 3)$

$B' = B \cdot Q$

$AC = (1, 3)$

VII Toute corde ajoutée laisse inchangé \mathbb{C} et \mathbb{P} que ce soit après ou avant les couplages nodaux.

Contexte

- Il s'agit du contexte de la relation client / fournisseur dans le domaine des technologies du transport, et du point de vue de la contrainte en CEM.
- Le cas imaginé* pourrait être un cas rencontré dans le domaine de l'avionique ou de l'automobile.
- Le client (« l'intégrateur ») imagine utiliser une technologie pour une fonction qu'il désire embarquer sur son système. De façon à répondre à ses propres exigences il désire influencer le choix de la technologie et essaie de diriger les options de son fournisseur. Il peut en partie influencer sur ces choix parce qu'il est le seul responsable vis à vis de la loi pour la non défaillance de son système en CEM. Le fournisseur n'est responsable que de la conformité de la fonction vis à vis de son client – l'intégrateur.
- Le fournisseur est de plus soumis aux contraintes de la concurrence, il va donc chercher à optimiser ses coûts tout en répondant au besoin de son client.

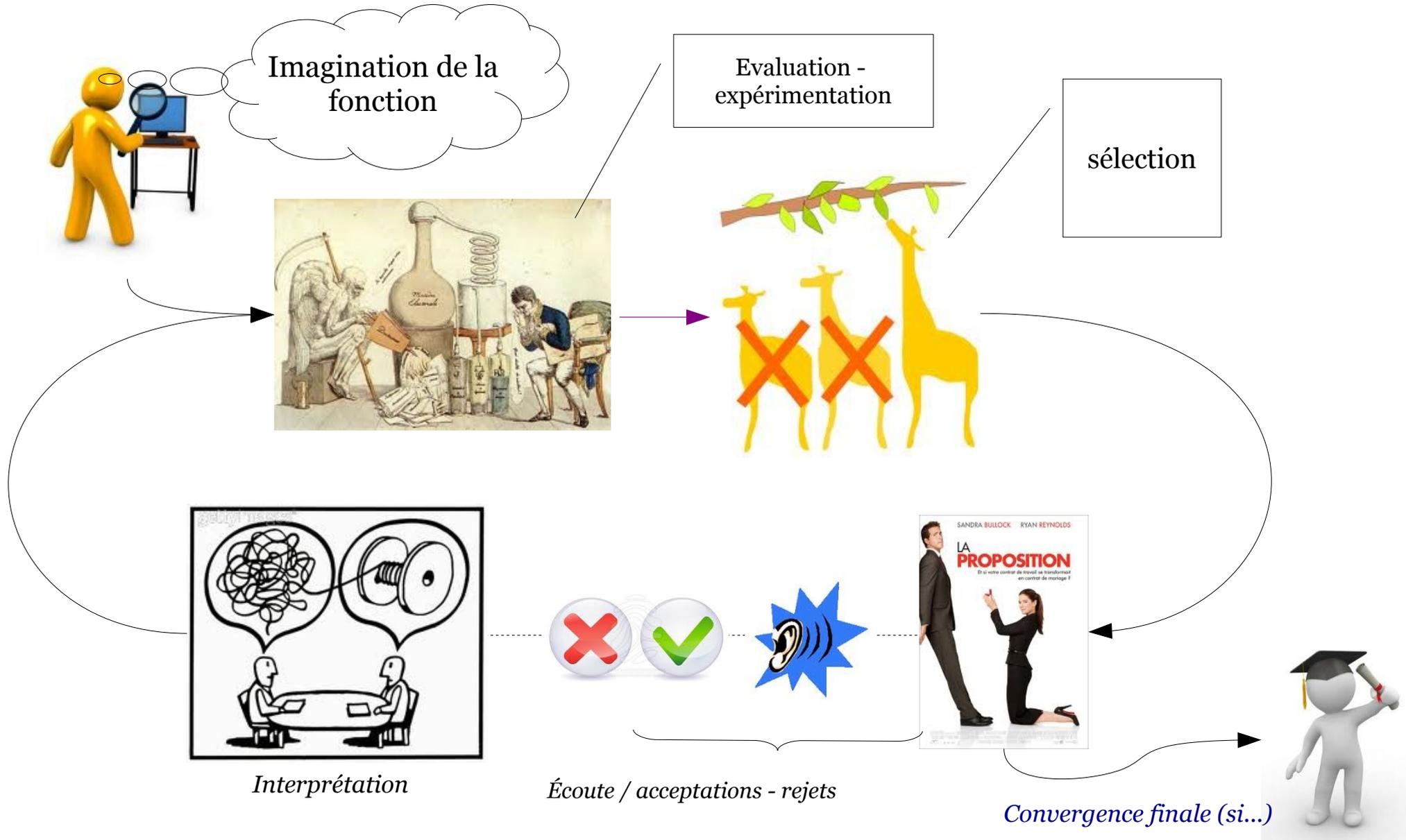
* toute ressemblance avec des personnes existantes ou ayant existé et des faits réels serait purement fortuite et involontaire :)

Processus proposé & adopté pour décrire l'échange technique

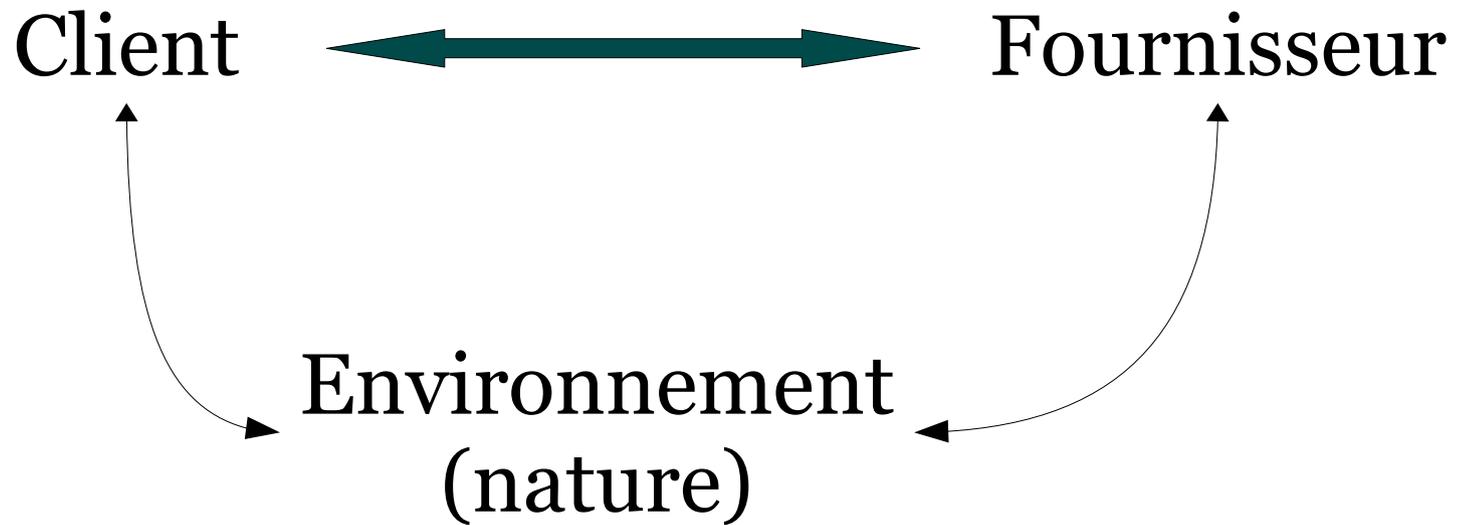
- Un intégrateur **imagine** une fonction de communication dans son système. Il envisage trois supports physiques :
 - ★ Un support par câble blindé
 - ★ Un support par courants porteurs
 - ★ Un support par fibre optique
- Il **évalue** sa proposition dans son environnement (« réel » simulé et apprécié par lui-même qui, au sens de la systémique, fait partie intégrante de cet environnement). Suite à cette évaluation il
- **sélectionne** éventuellement certaines solutions pour ensuite les
- **proposer** à son fournisseur.
- Le fournisseur **écoute, accepte ou pas** d'emblée certaines des propositions (acceptations basées sur son expérience passée en général ou sa connaissance en cours).
- Puis il **interprète** les propositions dans son environnement (idem intégrateur).
- Il **test** les différentes solutions dont certaines implémentées par lui, et **sélectionne** celles qui lui semblent pouvoir convenir.
- Il fait une **contreproposition** à l'intégrateur, qui
- **écoute et accepte ou refuse** d'emblée certaines de ces propositions.
Etc.



Phases dans l'élaboration du dialogue



Acteurs considérés



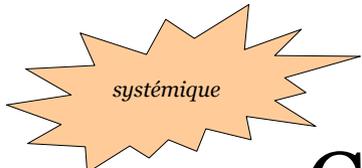
Issues possibles

2 issues possibles :

- ◆ Entente après convergence vers un type de réalisation
- ◆ Divorce si non convergence des intérêts

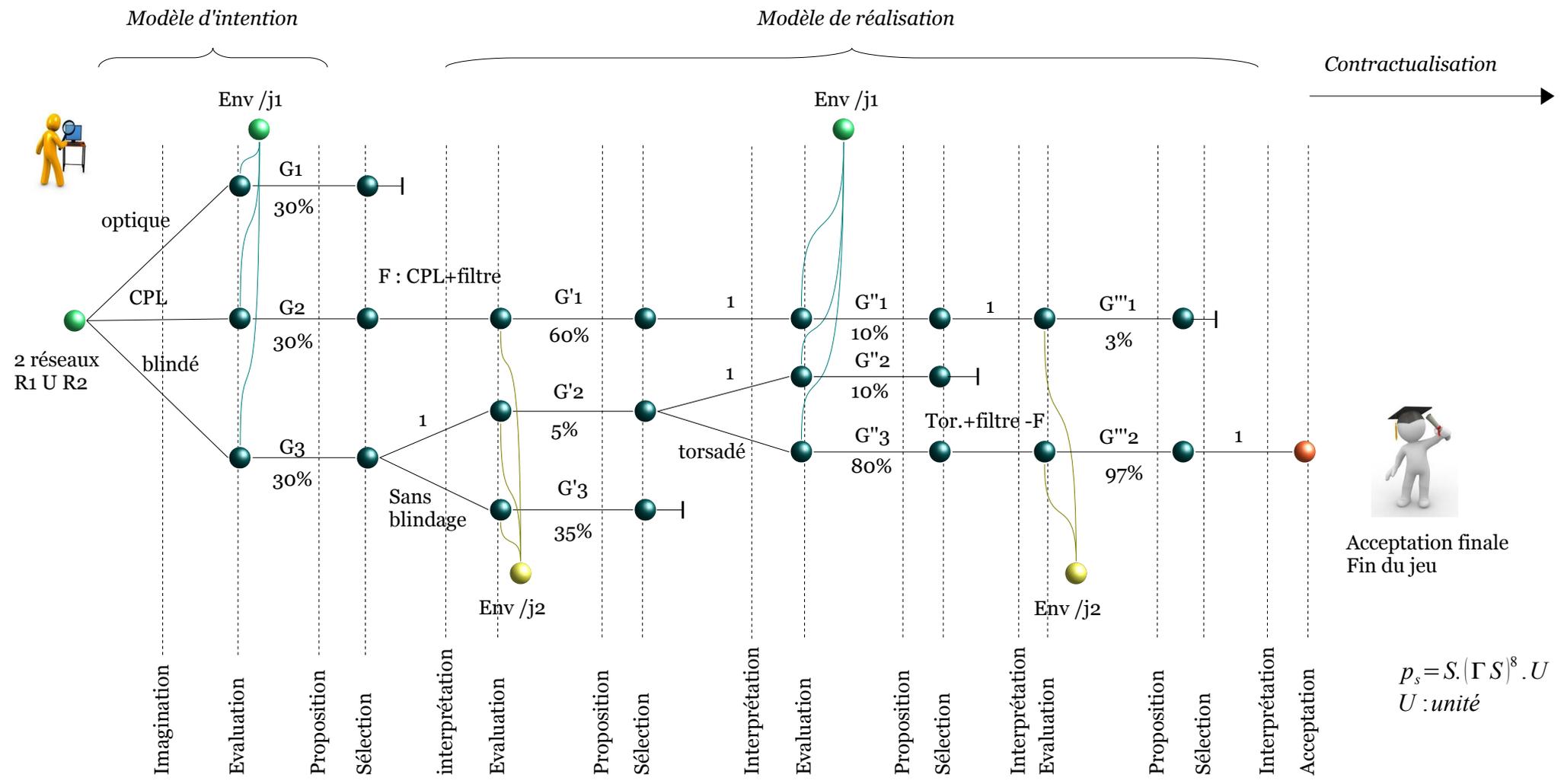
Lors de sa première proposition, l'intégrateur fournit un modèle d'intention. Ce modèle d'intention devient par les réponses du fournisseur un modèle de réalisation. S'il y a convergence et qu'un accord débouche sur l'une des réalisations échangées, on passe à l'étape de modèle concret et à l'étape de contractualisation. Les trois étapes dans la relation client/fournisseur en cas de convergence sont :

- Intention
- Réalisations
- contractualisation



Graphe du processus pour un sous-jeu

Graphe dans l'espace des décisions : hypothèse convergente avec existence d'une solution



Acceptation finale
Fin du jeu

$$p_s = S \cdot (\Gamma S)^8 \cdot U$$

U : unité

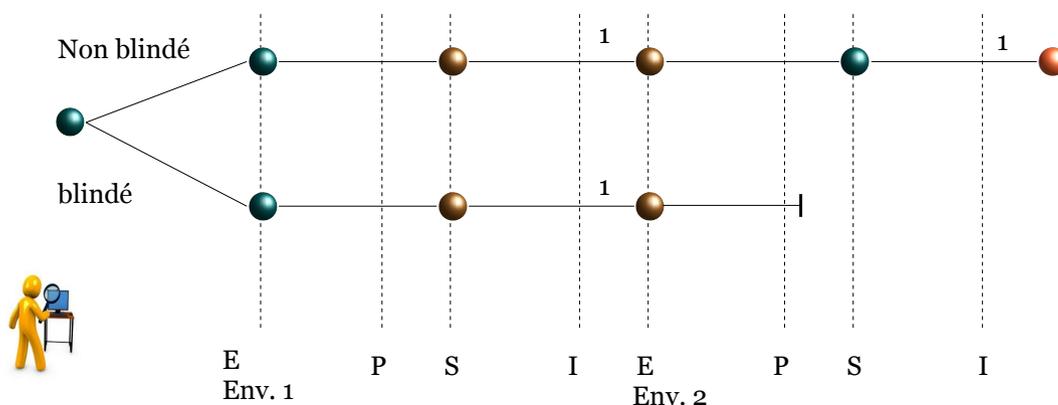
Espace des hypothèses, de l'imagination

Lorsque l'on a construit l'arbre précédent, on a imaginé au départ des structures, et ensuite des évolutions possibles de ces structures. Nous avons aussi posé certaines hypothèses d'acceptations/refus sur notre propre vue des acteurs et de leurs connaissances. Mais ces hypothèses peuvent être remises en question dans un autre sous-jeu d'arbre différent.

Prenons un exemple. Nous supposons que l'on peut supprimer tous les blindages (ce sont des protections) sur les liaisons d'information d'un avion. Dans notre référentiel c'est possible, mais nous imaginons d'abord que l'intégrateur va refuser. Construisons quand même l'arbre qui contredit cette hypothèse et part de celle où il accepte :

E, P, S, I pour Evaluation, Proposition, Sélection, Interprétation

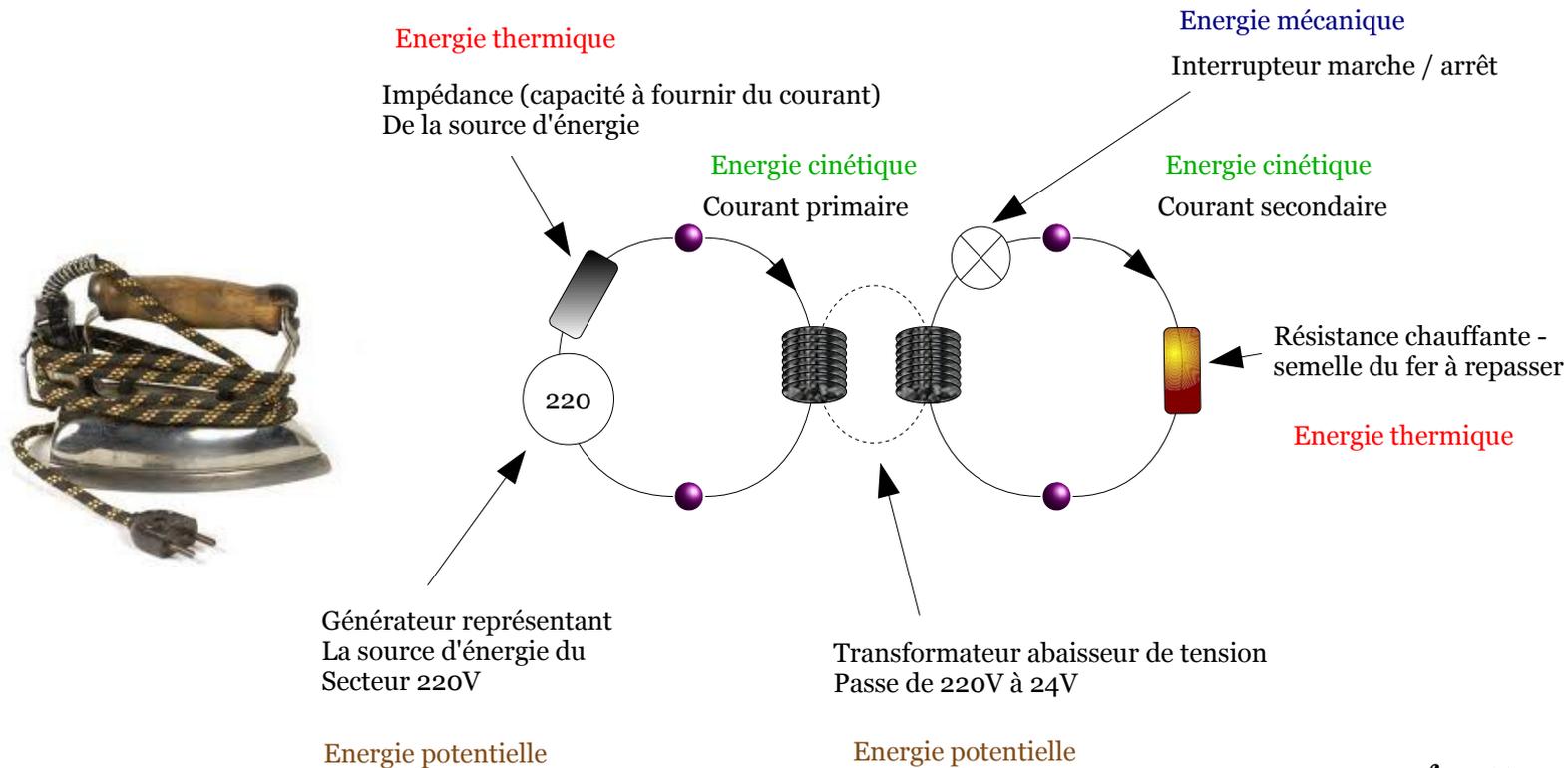
● Acteur 1 ● Acteur 2



Dans ce nouvel arbre d'événements, l'intégrateur s'aperçoit que la solution non blindée finalement convient et par gain de poids, supprime l'autre possibilité. Mais pour l'instant, nous n'avons fait qu'imaginer un comportement. Il faut le calculer pour voir sa chance de réalisation. C'est un sous-jeu particulier.

Petit aparté pour expliquer un peu les graphes de puissances

Comment se traduit la traduction d'une puissance vers une charge consommatrice ? Par exemple un fer à repasser !



$$g_{\mu\nu} = -L_{\mu\nu} \partial_t + S_{\mu\nu} \int_t dt(\cdot) + R_{\mu\nu}$$

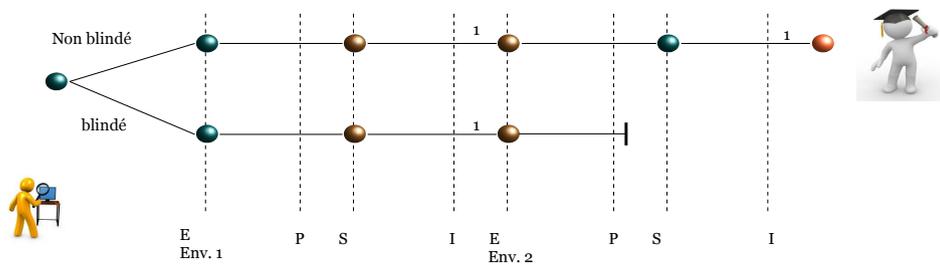
$$W = \frac{1}{2} L_{\mu\nu} \dot{q}^\mu \dot{q}^\nu + \frac{1}{2} R_{\mu\nu} \dot{q}^\mu \dot{q}^\nu + \frac{1}{2} S_{\mu\nu} q^\mu q^\nu = T + D + U$$

$$e_\mu = g_{\mu\nu} k^\nu \Leftrightarrow e_\mu = \frac{-\partial}{\partial t} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}^\mu} + \frac{\partial D}{\partial \dot{q}^\mu} + \frac{\partial U}{\partial q^\mu}$$

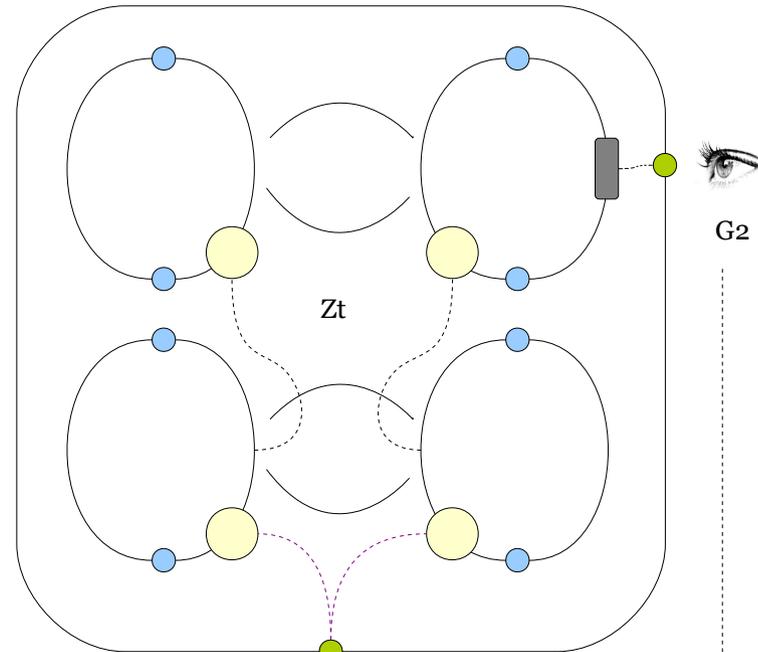
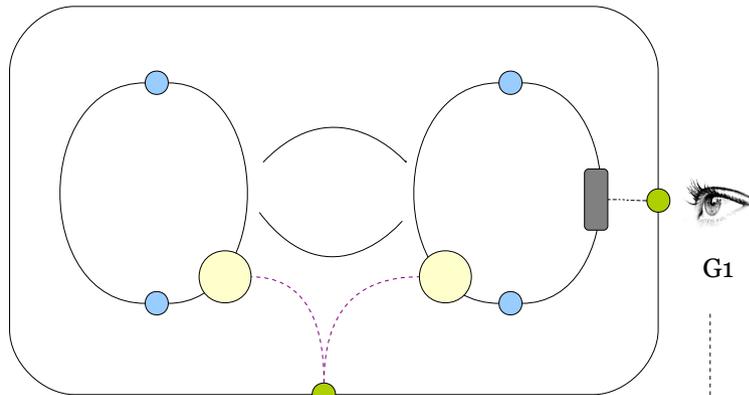
L'espace des réseaux et du matériel – du vécu

E, P, S, I pour Evaluation, Proposition, Sélection, Interprétation

● Acteur 1 ● Acteur 2



Systemique : le système formule des hypothèses, les évalue et a de la mémoire



-----Environnement-----

-----Environnement-----

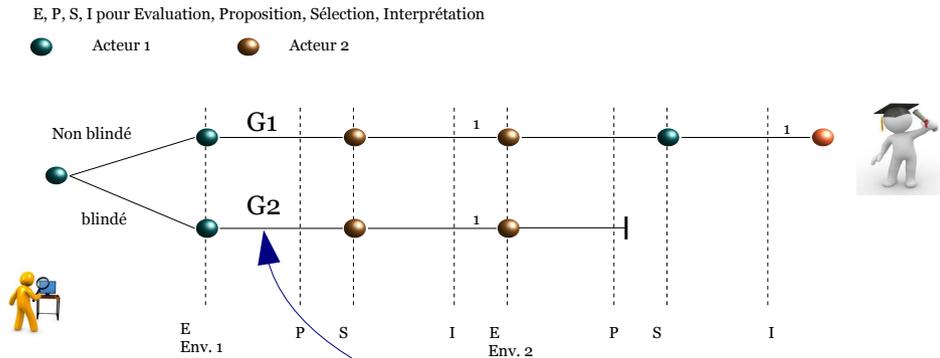
-----> Vecteur d'information e

Hypothèse liaison non blindée

Hypothèse liaison blindée

$$e_{\alpha}(t) = (\gamma_{\alpha\sigma})^t j^{\sigma}$$

Espace du jeu, des décisions et d'analyse du comportement



Ayant les gains G_1 & G_2 , on peut les appliquer comme paramètres d'entrée d'une loi reliant ces résultats, ajoutés de coûts, expériences passées, etc., à une probabilité de réalisation.

Par exemple, dans le cas précédent, G_1 & G_2 peuvent être des rapports signal sur bruit de la liaison dans un environnement donné. On peut considérer le coût matériel des solutions en chiffrant les métriques de chaque sous-réseau (le nombre et nature des composants étant connus dans l'espace des branches). On peut ainsi construire une loi du type ci-dessous, ou bien la rattacher à une expérience, une croyance.

$$p_i = \frac{G_i}{\left(\left\{ \sum_{n=1}^{D(B)} C(n, i, g_{aa}) \right\} \right)} \quad p_i (\%) = \frac{P_i}{P_1 + P_2}$$

Les grandeurs $p_i(\%)$ sont les coefficients du propagateur Γ dans l'espace du jeu. Les sélections et décisions sont des coefficients 0, 1, ..., de la matrice S . $C(n, \dots)$ est la fonction coût.

espérance de gain = $S(\Gamma)^N S$ hypothèse de départ

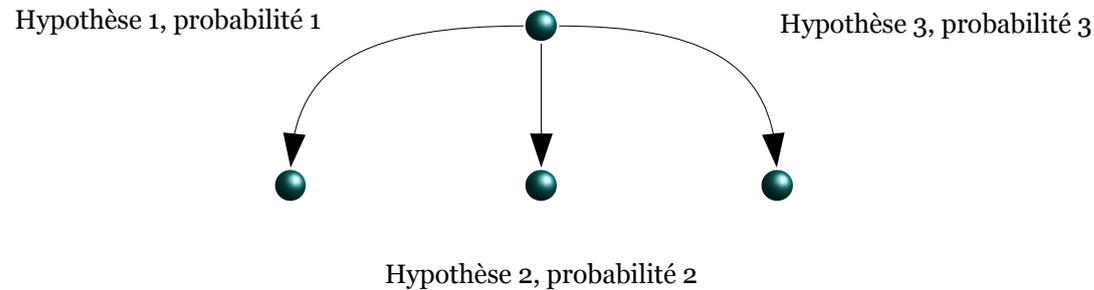
Espace du jeu, des décisions et d'analyse du comportement

On peut faire une analyse des espérances de gains pour chaque structure d'arbre envisagée. Mais on peut aussi avoir une analyse plus profonde en étudiant comment telle espérance est obtenue avec les probabilités intermédiaires.

Ainsi dans le cas présenté en premier, une solution qui convient à tout le monde passe par une probabilité de réalisation à un moment dans le processus qui est très faible (5%). On peut la voir comme une signature caractéristique d'une innovation (événement rare mais générateur de solutions).



Le processus vu comme un sous-jeu d'un jeu où les hypothèses de déroulement sont variées



Chaque sous-jeu est affecté d'une probabilité d'imagination. On obtient au final un jeu complet avec les espérances de gains partielles et totale.

$$\delta_E^\sigma e_\sigma^+ - \gamma_{ES} \delta_\alpha^S y^{\alpha\sigma} e_\sigma = 0$$

Conclusion et travaux à venir

De nombreuses possibilités sont offertes par le formalisme développé encapsulant les espaces de Kaufmann dans un espace d'information et de décision incluant une théorie des jeux comme guide.

Parmi toutes ces possibilités certaines s'avèreront sûrement plus pertinentes ou sources de compréhensions que d'autres. Enormément de travail reste à faire pour tester toutes ces voies et peut-être commencer à voir émerger des explications à des comportements complexes en CEM, ou pour le moins des pistes de modélisations.

Des rencontres avec des ergonomes, des biologistes, donneront peut-être de nouvelles pistes pour appliquer la technique à d'autres domaines.

On se trouve pour l'instant dans une phase de tâtonnements, d'essais, d'écriture de premiers programmes pour dégager les méthodes qui se présenteraient comme les plus simples et démonstratives dans un premier temps.

En vous remerciant de votre attention