MODÈLES D'OSCILLATEURS AMORTIS (OU PAS !) PAR ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES APPLIQUÉS À LA MODÉLISATION DE LA FORCE D'ATTRACTION HOMÉOSTATIQUE SUR DES DONNÉES ESM

Bruno Dauvier
Anne Congard
Sarah Le Vigouroux
Jean-Baptiste Pavani
Jean-Luc Kop

Modévaiia V – 22-24 juin 2015 – Camaret sur Mer

Questionnements

Question Psychologique

- Relation personnalité (trait) →affects (états)

Question conceptuelle

- Comment caractériser les états affectifs et de leur variations?

Questions méthodologiques

- Comment modéliser les affects et leurs variations en lien avec la personnalité?
- Peut on le faire avec un seul modèle?

Personnalité et Affects

Névrosisme et affects négatifs (AN)

- Affects négatifs (AN) plus élevés en moyenne?
- AN très élevés plus fréquemment (effet sur le max)?
- Plus grande variabilité des AN?
- Effets inversés sur les Affects Positifs (AP)?
- Aspects temporels (inertie émotionnelle)?
- <u>Dynamique intrinsèque cercles vicieux (rétroaction positive)?</u>

Extraversion et Affects Positifs (AP)

- AP plus élevé en moyenne?
- AP très élevés plus fréquemment (effet sur le max)?
- Plus grande variabilité des AP?
- <u>Dynamique intrinsèque cercles vertueux (rétroaction positive)?</u>

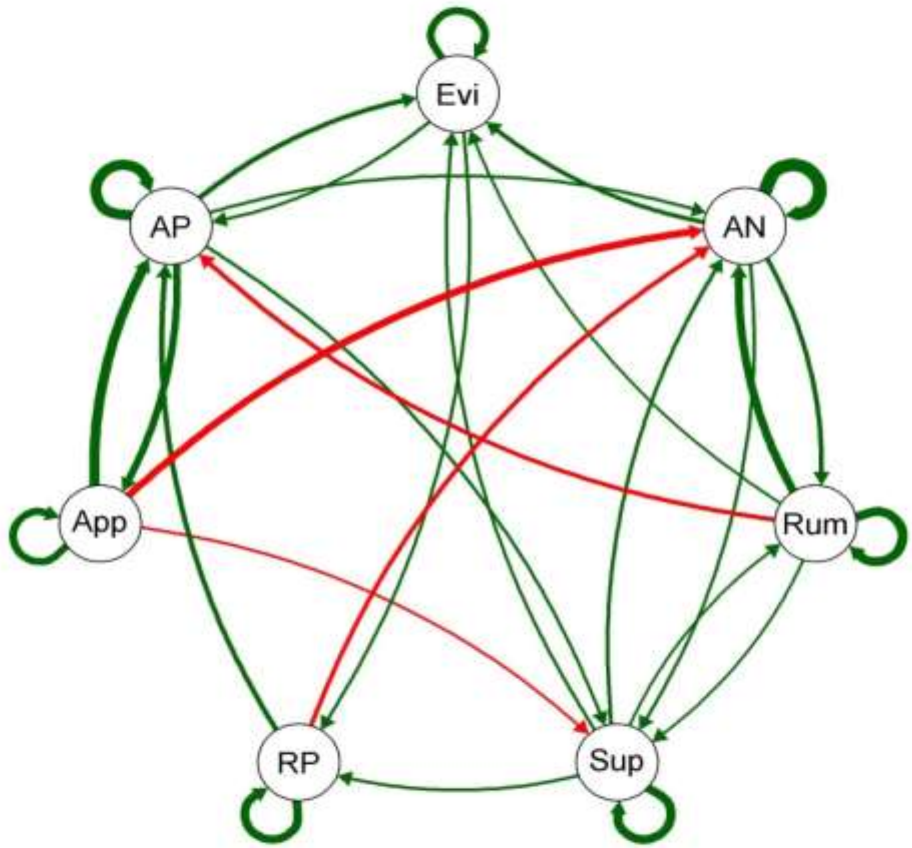
Approche en réseau

Effet de rétroaction positive

- Raisons théoriques : « Broaden an build theory » Fredrickson (2001)
- Systèmes dynamiques : rétroactions positives= instabilité (bulle prix)
- Eléments empiriques (Pavani et al. 2015)

- Boucle positive AP-Appréciation

- Boucle négative AN-Rumination



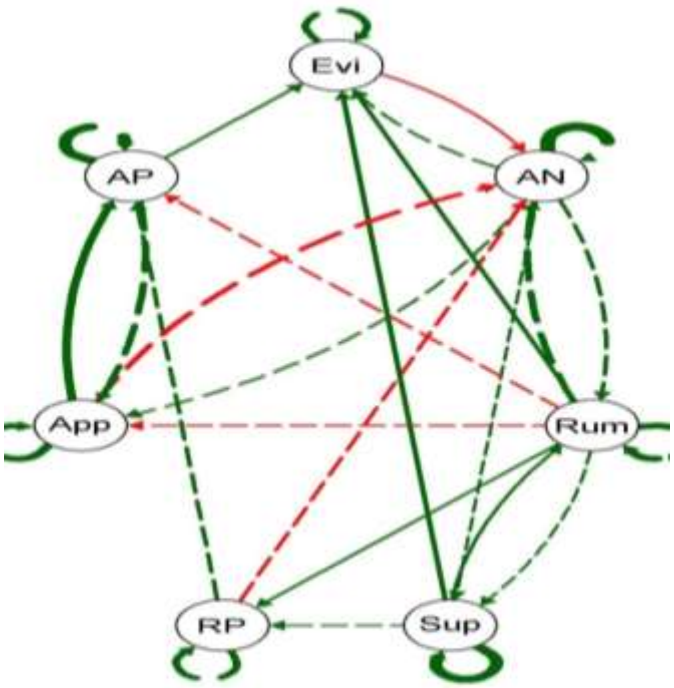
Réseaux en fonction de l'extraversion

Boucle positive en lien avec l'extraversion

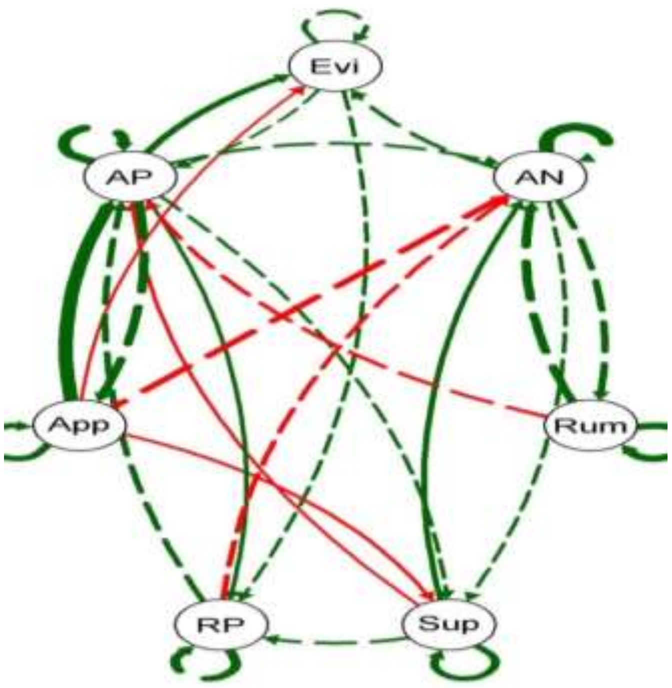
- Boucle AP appréciation plus marquée chez les extravertis

→ plus de variabilité des AP avec une plus grande amplitude

Introvertis



Extravertis



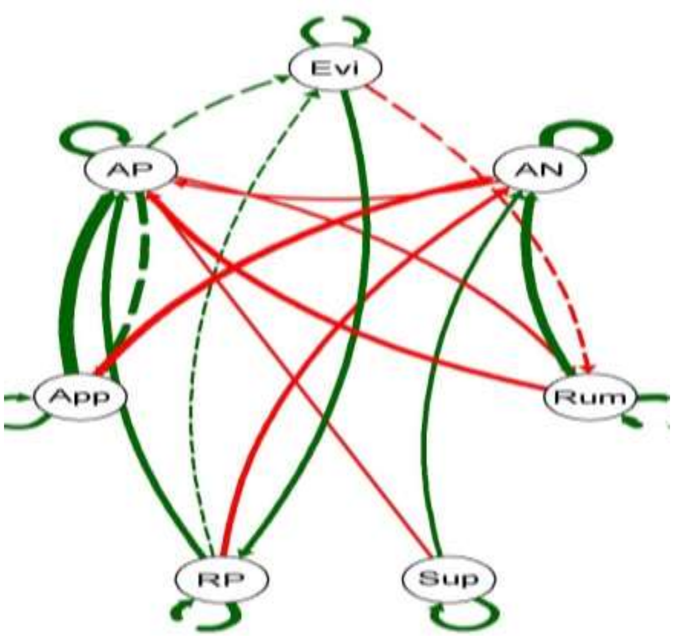
Réseaux en fonction du névrosisme

Boucle négative en lien avec le névrosisme

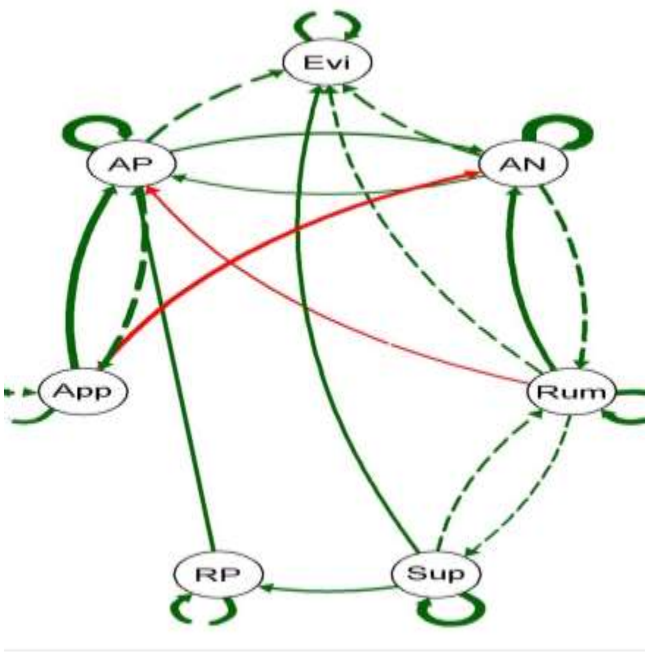
- Boucle AN-Rumination pas plus marquée mais boucle AP-App plus faible
- Réseau moins structuré pour névrosisme élevé

→ Moins de mécanismes limitant les AN

Stable émotionnellement



Instable émotionnellement



Interaction Névrosisme x Extraversion et affects

4 profils Galéniques (Eysenck et Eysenck,1985)

- Introvertis stables émotionnellement - (IS - Flegmatique)

→ Ni cycles positifs ni cycles négatifs → très stables

- Extravertis stables émotionnellement – (ES - Sanguin)

→ Uniquement cycles positifs→ effets sur max AP

- Introvertis instables émotionnellement - (IN – Mélancoliques)

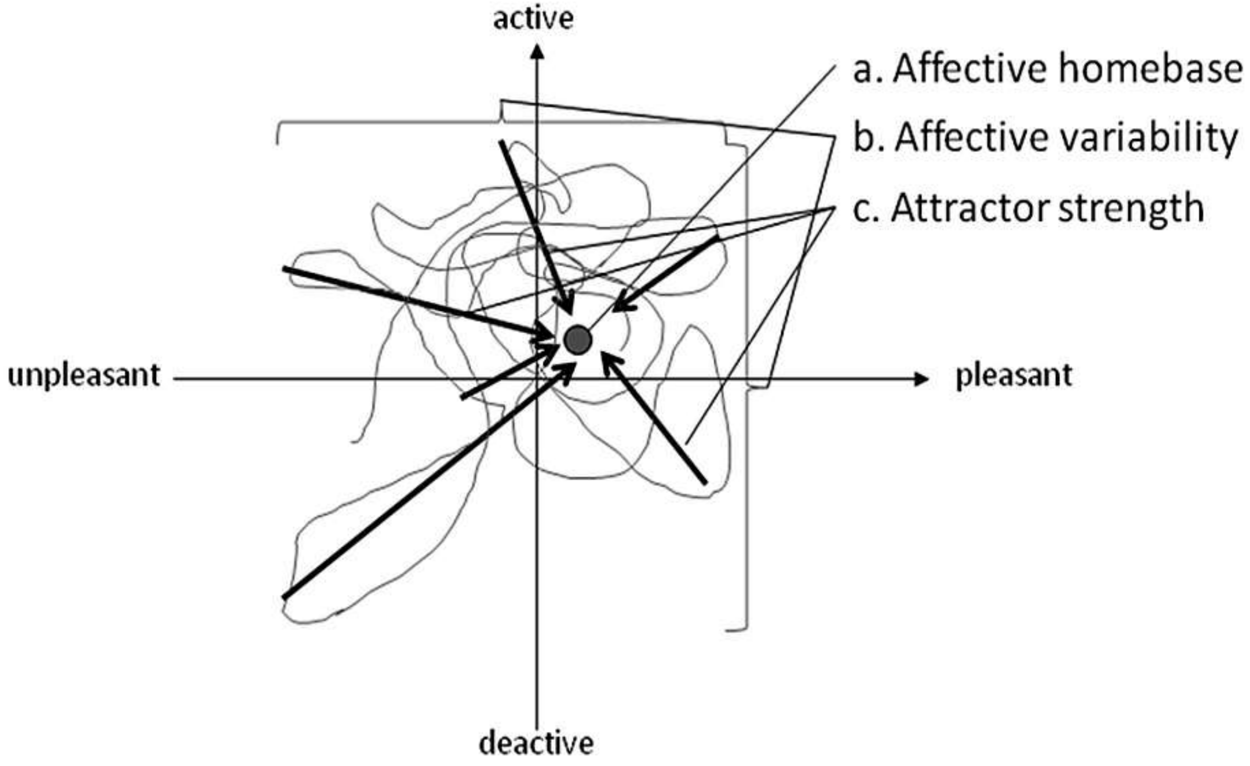
→ Uniquement cycles négatifs→ effets sur max AN

- Extravertis instables émotionnellement - (EN – Colériques)

→ Cycles positifs et négatifs!!
  - → Oscillation (Eysenck & Eysenck, 1985)
  - → Compensation (Wiliams, 1990)

Modèle conceptuel des variations émotionnelles

Modèle Dynaffect (Kuppens et al. 2010)

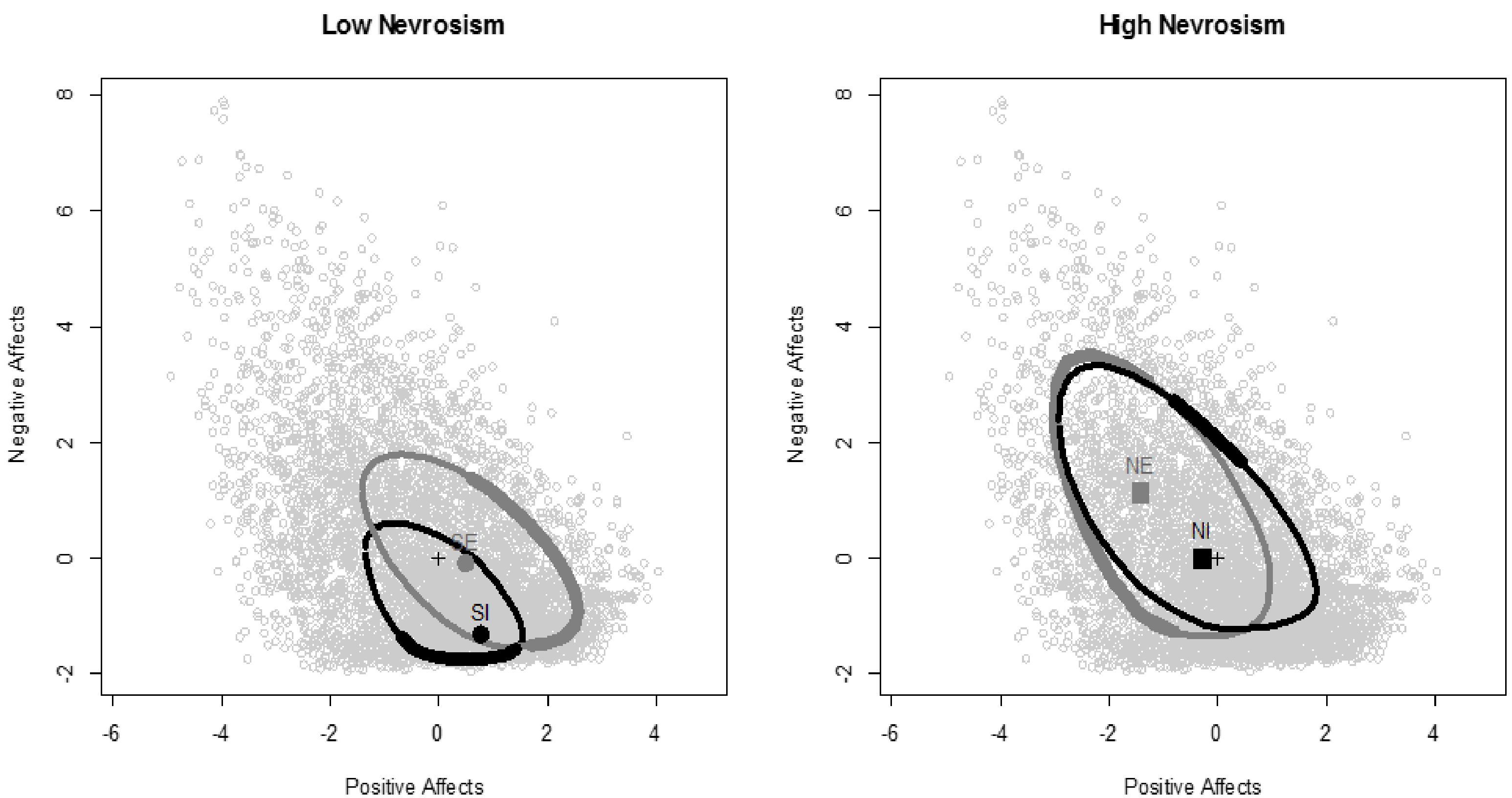


Interaction Névrosisme x Extraversion et affects

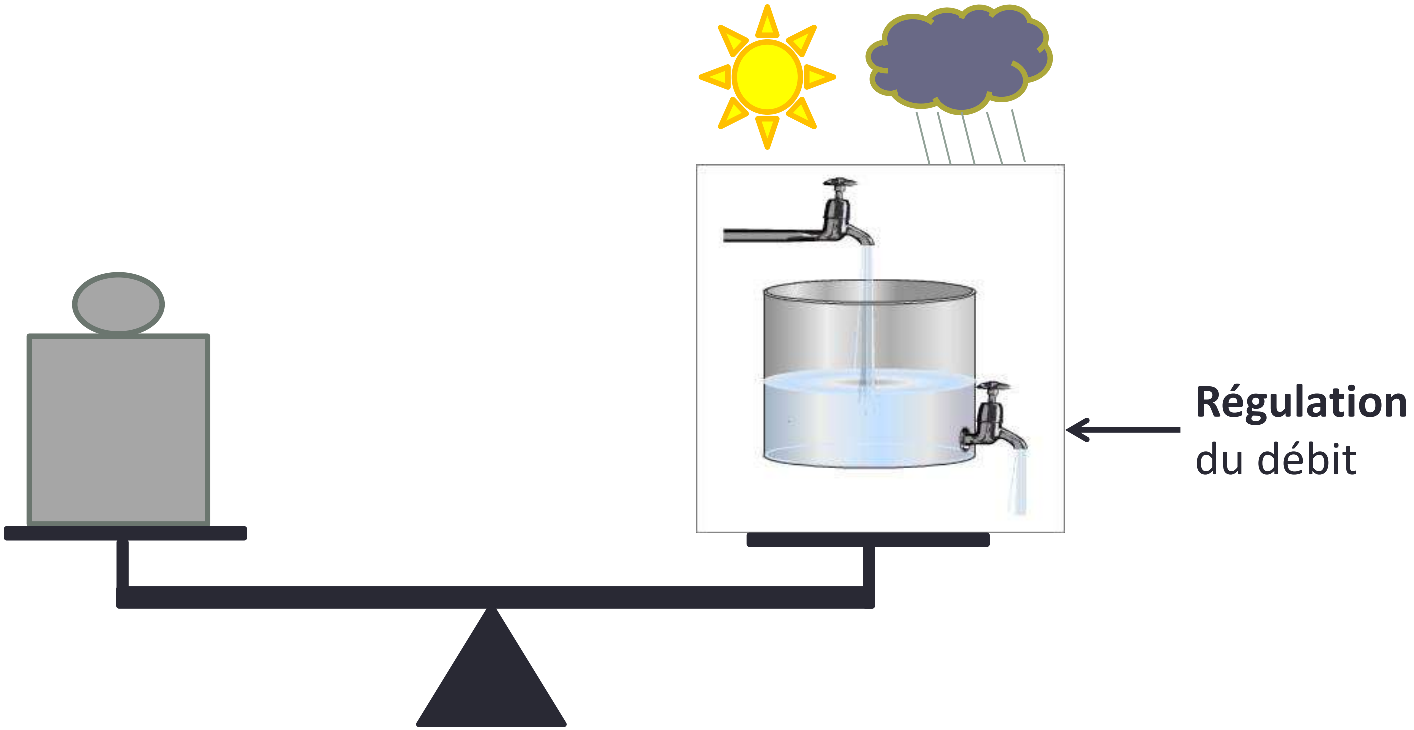
Variations et points d'ancrage par profil (Dauvier et al. en prep)

- Lien entre névrosisme et variabilité + max AN
- Pour les stables : lien extraversion variabilité + max AP

→ Atteinte de points plus élevés en AP et AN associée à + de variabilité



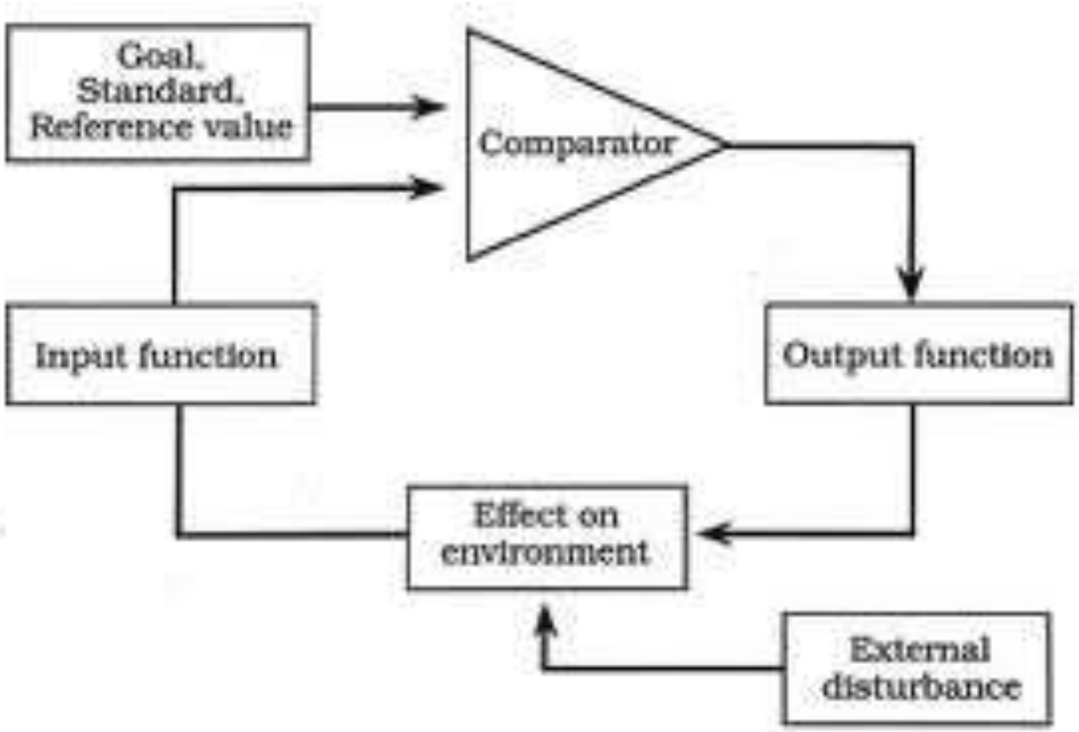
Dynamique des systèmes autorégulés
Equilibre dynamique



Un **équilibre dynamique** caractérise un système où des rétroactions se produisent pour maintenir ou tenter de maintenir un certain niveau dit d'équilibre.

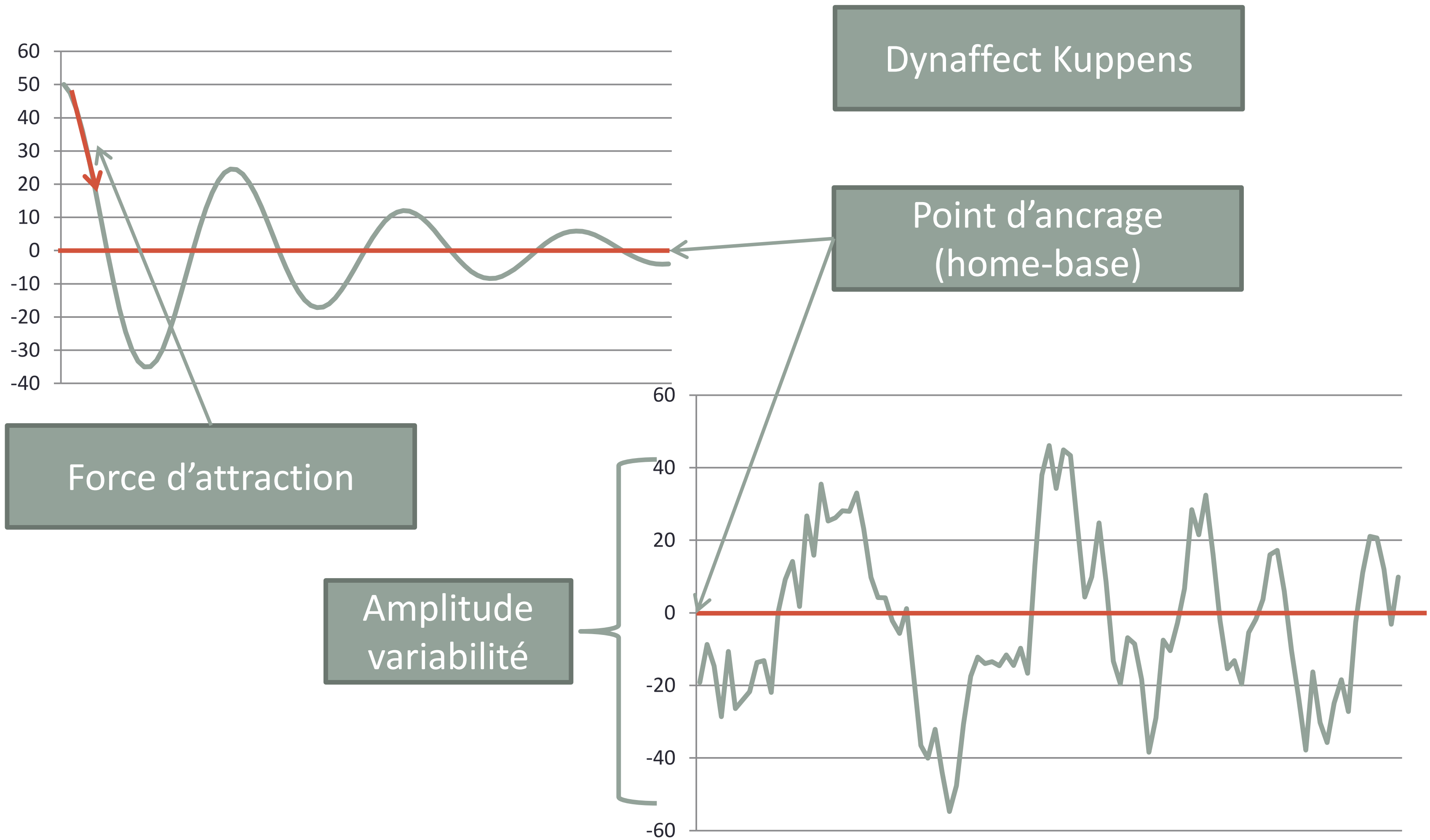
Biologie : homéostasie (régulation de la température, du rythme cardiaque)
Science de l’ingénieur: cybernétique

Boucles de rétroaction (Feedback loop)
(Carver et Scheier, 2001)



Système dynamique – oscillateur

(Pettersson, Boker et al. 2013, Kuppens, 2010)



Métaphore du thermostat
(Boker et Nesselroad, 2002)

a. Thermostat qui réagit au niveau de température
b. Thermostat qui réagit au niveau et aux variations de température

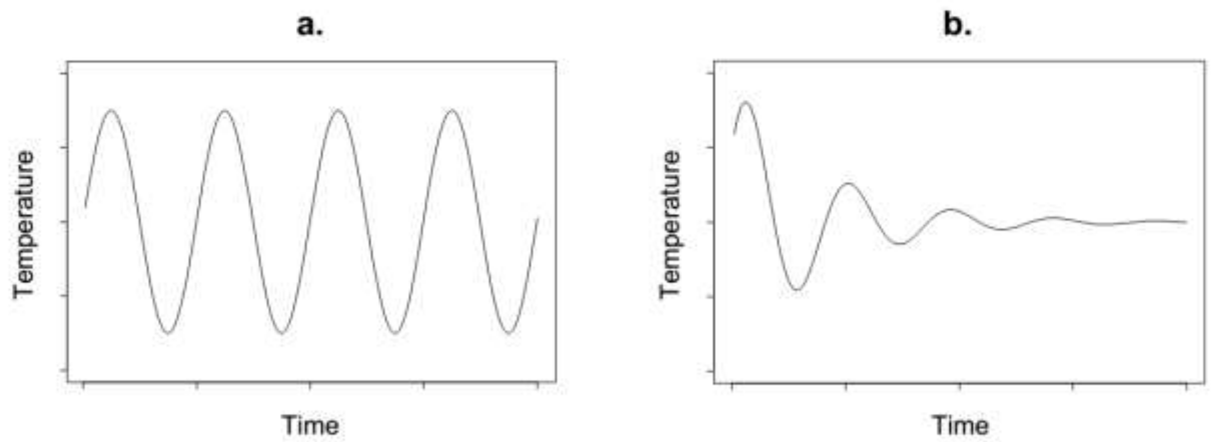
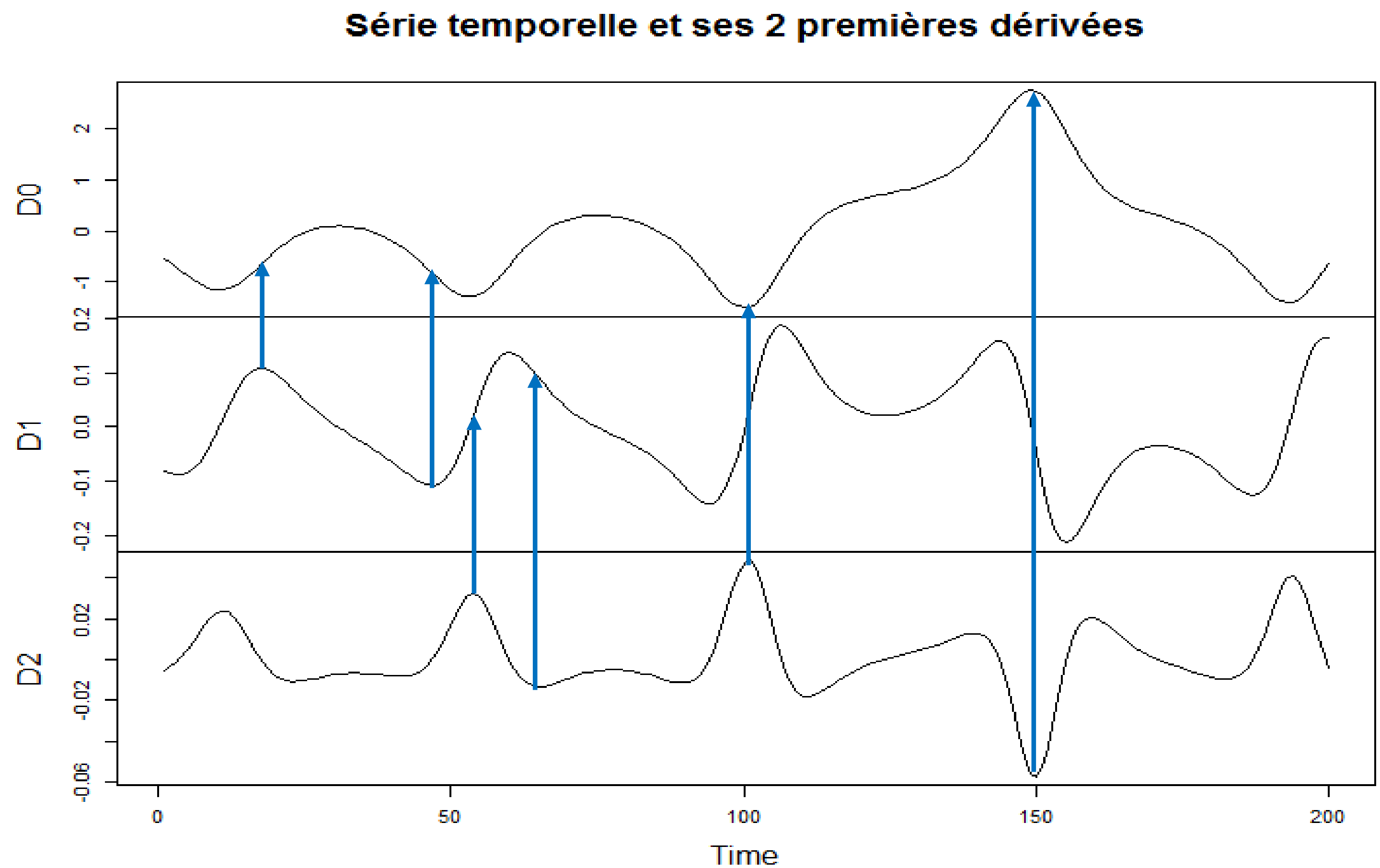


Figure 1. Idealized plot of temperature over time for two simple thermostats. (a) A thermostat that only responds to difference from the desired equilibrium temperature. (b) A thermostat that responds to both difference from equilibrium and rate of change in temperature.

Dérivées d'une série temporelle

- D0=position
- D1= variation de position/ Δ temps = vitesse
- D2= variation de vitesse/ Δ temps = accélération



Approximation linéaire des dérivées avec 3 mesures (Boker et Nesselroad, 2002)

- 3 mesures suffisent pour estimer les 2 premières dérivées
- Etude des corrélations entre D2,D0 et D1 sur plusieurs triplets (inter et/ou intra)

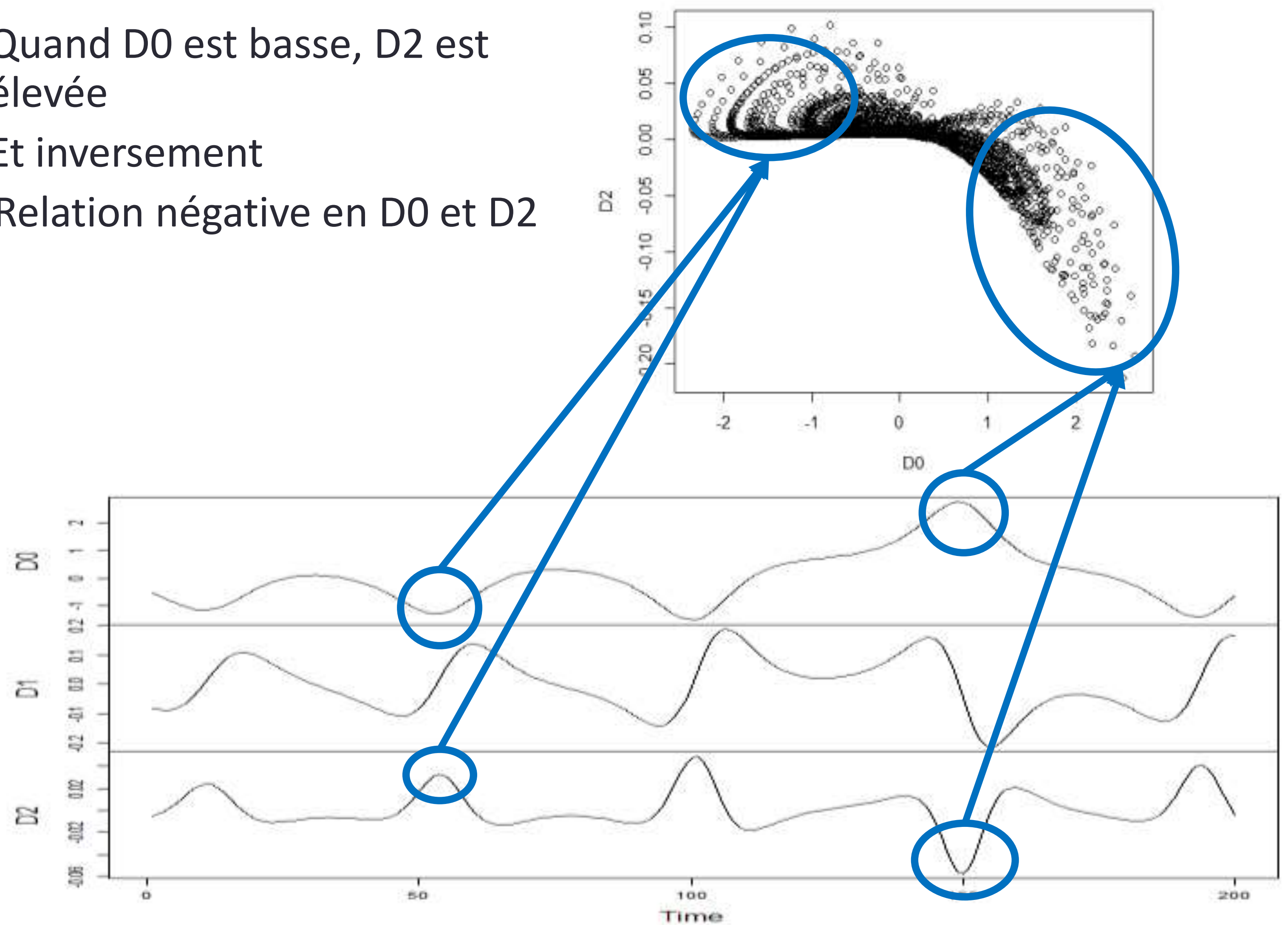
	t-1	t	t+1
D0	x_0	x_1	x_2
D1	$x_1 - x_0$		$x_2 - x_1$
D2		$\frac{(x_2 - x_1) - (x_1 - x_0)}{2}$	

	t
D0	x_1
D1	$\frac{(x_1 - x_0) + (x_2 - x_1)}{2}$
D2	$\frac{(x_2 - x_1) - (x_1 - x_0)}{2}$

Relation D0, D2 dans un système autorégulé

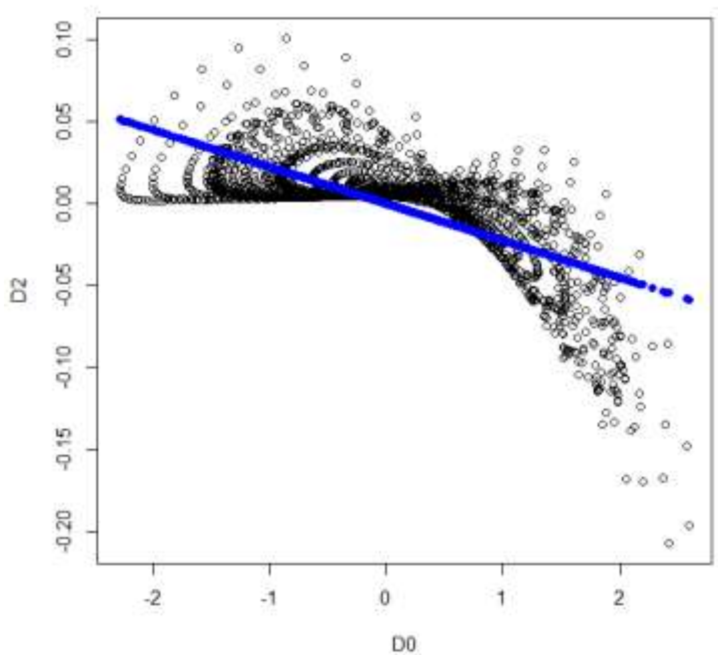
- Quand D0 est basse, D2 est élevée
- Et inversement

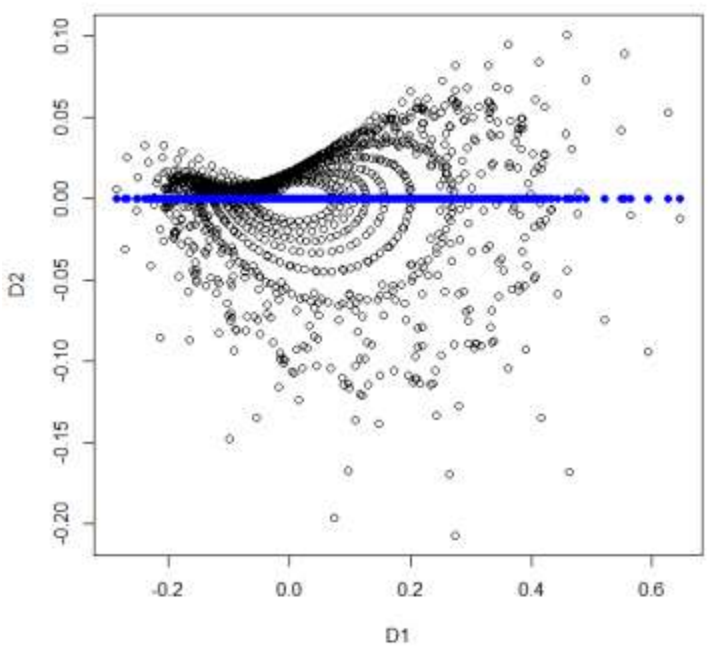
→Relation négative en D0 et D2



Système dynamique linéaire

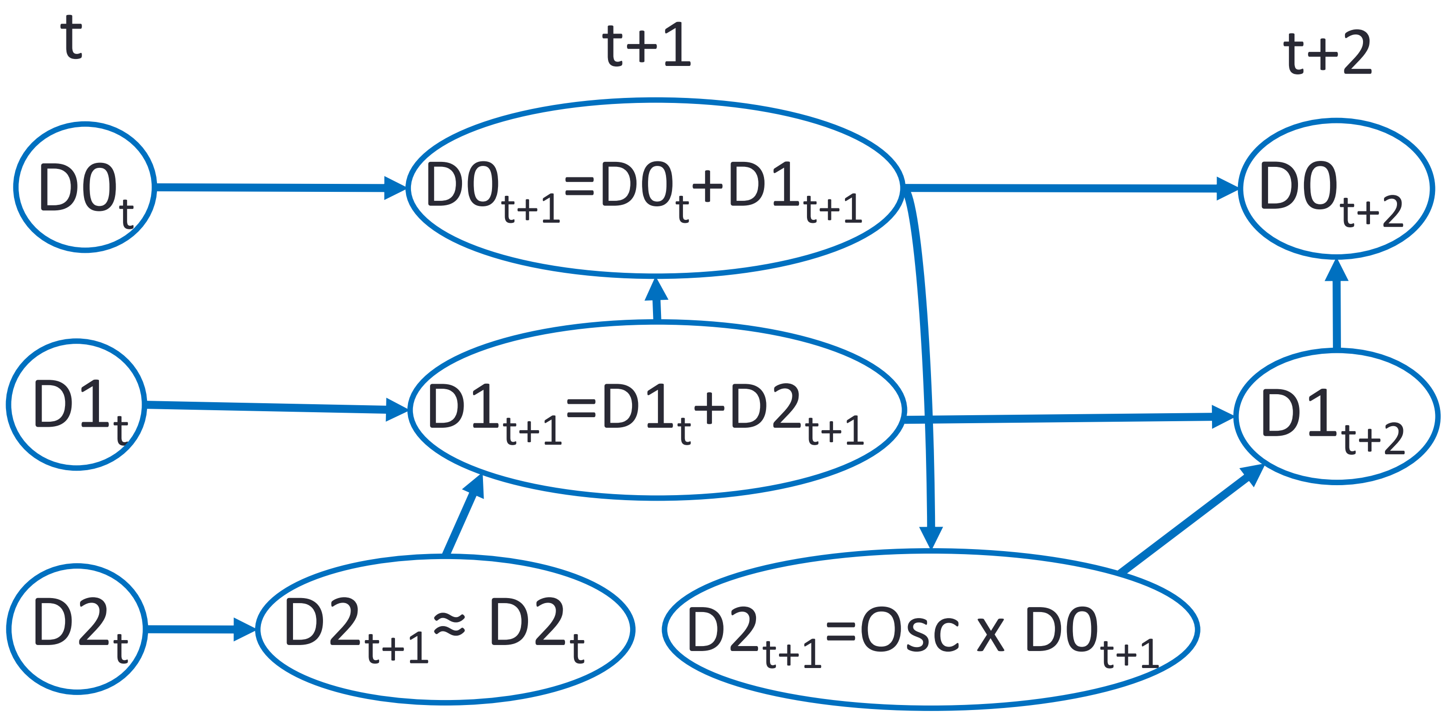
- Relations linéaires entre D0, D1 et D2
- D2= Oscillation x D0 + Amortissement x D1
- Oscillation = -0,022 et Amortissement = 0





Principe d'une simulation d'un système dynamique linéaire

- Connaissant l'état initial et l'équation de la dynamique (ex. Am=0)
- Construction itérative d'une série



Système dynamique linéaire, relation D0 - D2

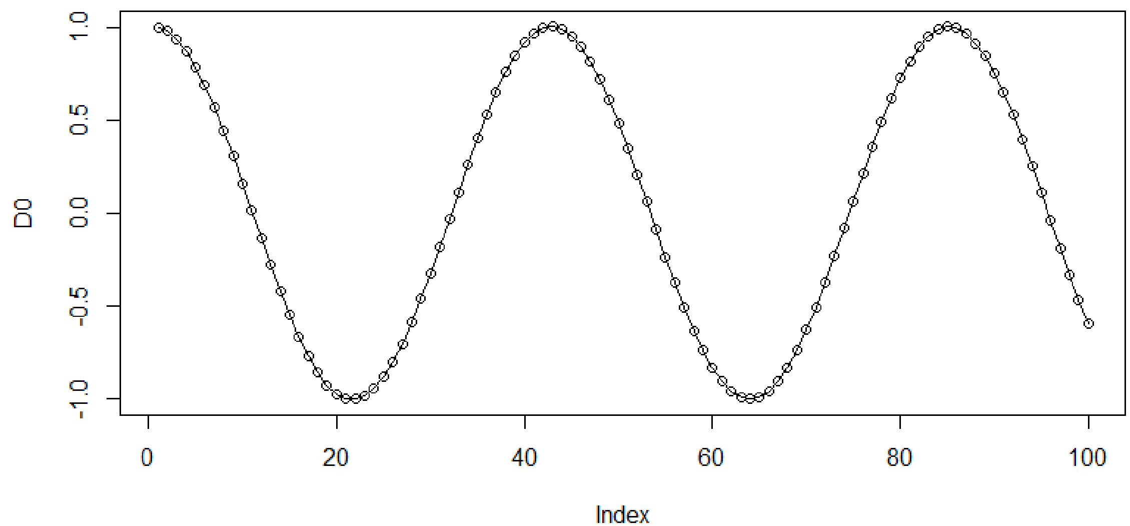
- Un coefficient d'oscillation négatif conduit à un oscillateur
- un coefficient positif à une courbe exponentielle

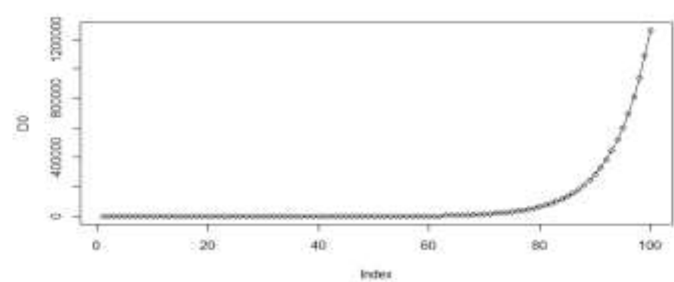
- Osc=-0.022
- D0=1
- D1=0

- EqDyn = function(D0,D1,Osc) {
- D2=D0*Osc
- D1b=D1+D2
- D0b=D0+D1b
- c(D0b,D1b)}

- for (t in 2:100){
- D0[t]=EqDyn(D0[t-1],D1[t-1],Osc)[1]
- D1[t]=EqDyn(D0[t-1],D1[t-1],Osc)[2]
- }

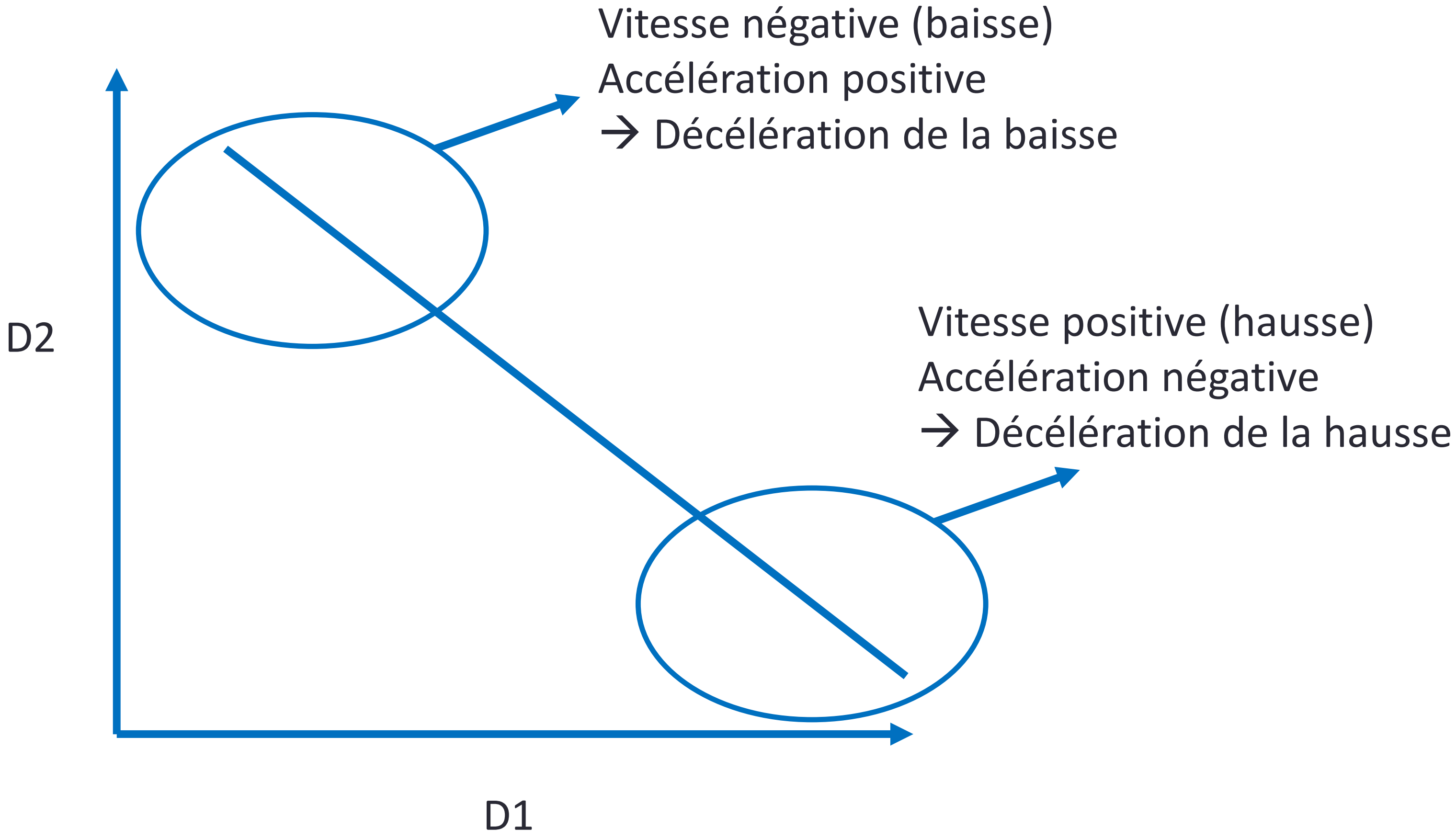
- plot(D0)





Système dynamique linéaire, relation D1 - D2

- Un coefficient d'amortissement négatif réduit les variations
- comme le frottement de l'air sur le pendule de Foucault



Système dynamique linéaire, relation D1 - D2

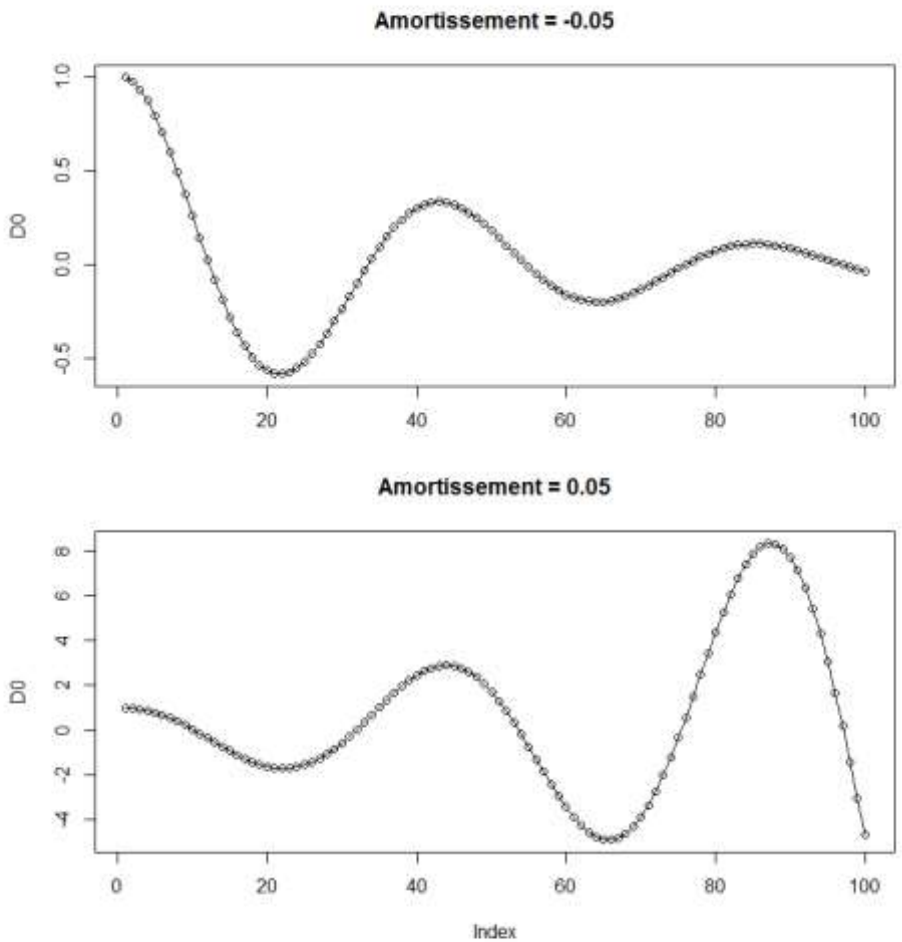
- coefficient d’amortissement négatif → réduction des oscillations
- coefficient d’amortissement positif → accentuation des oscillations

- Osc=-0.022
- Am=-0.05
- D0=1
- D1=0

- EqDyn = function(D0,D1,Osc,Am) {
- D2=D0*Osc + D1*Am
- D1b=D1+D2
- D0b=D0+D1b
- c(D0b,D1b)}

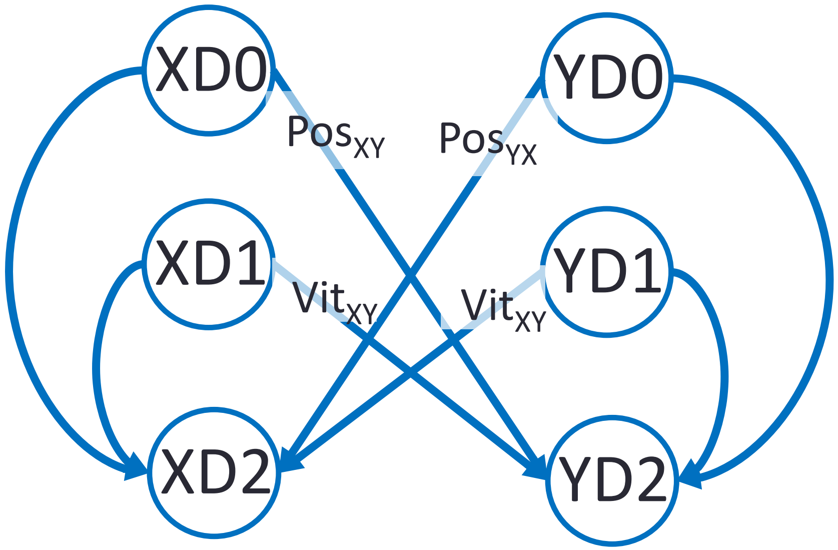
- for (t in 2:100){
- D0[t]=EqDyn(D0[t-1],D1[t-1],Osc,Am)[1]
- D1[t]=EqDyn(D0[t-1],D1[t-1],Osc,Am)[2]
- }

- plot(D0)



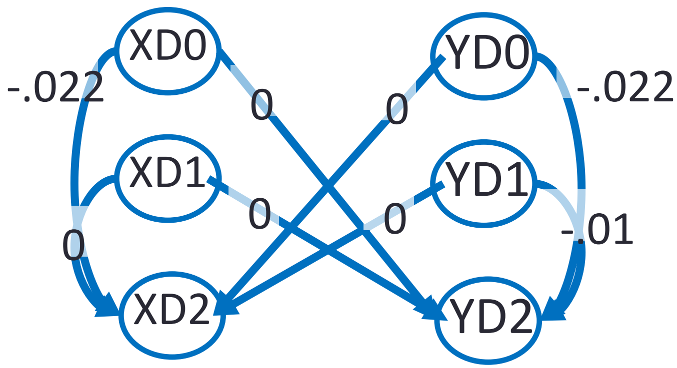
Système dynamique linéaire à 2 variables
(Petterson, Boker et al. 2013)

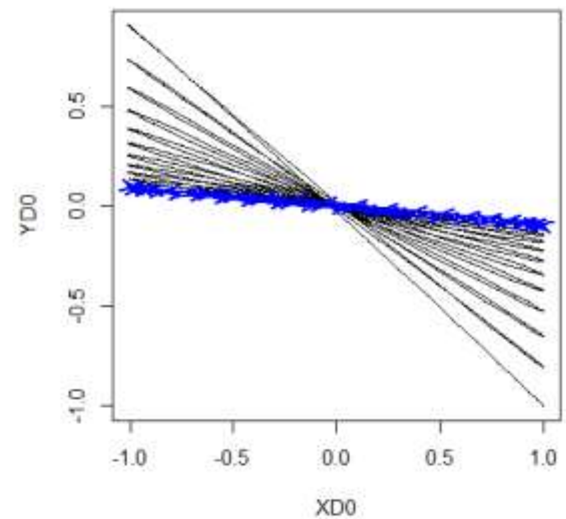
- $XD2 = \boxed{Osc_X\ XD0 + Am_X\ XD1} + \boxed{Pos_{YX}\ YD0 + Vit_{YX}\ YD1}$
- $YD2 = \boxed{Osc_Y\ YD0 + Am_Y\ YD1} + \boxed{Pos_{XY}\ XD0 + Vit_{XY}\ XD1}$
- Effets des paramètres de couplage?

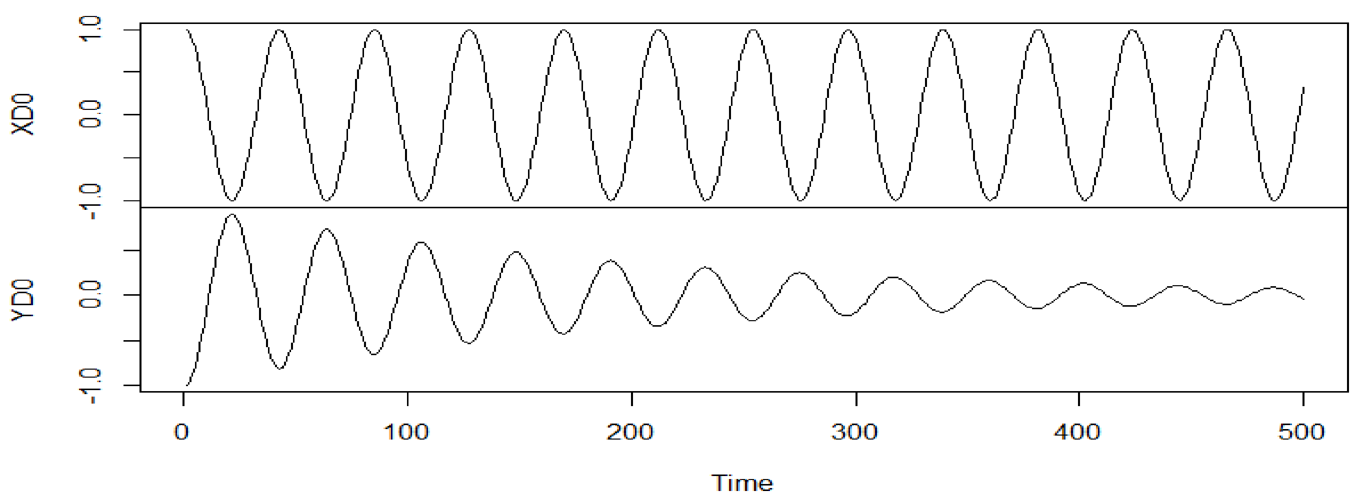


Système dynamique linéaire à 2 variables sans couplage

- X = oscillateur non amorti
- Y = oscillateur amorti

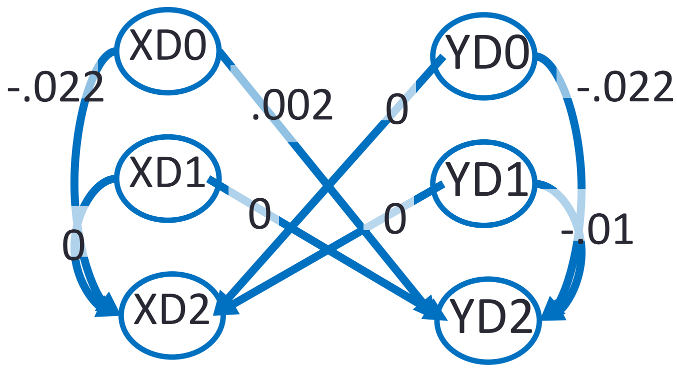


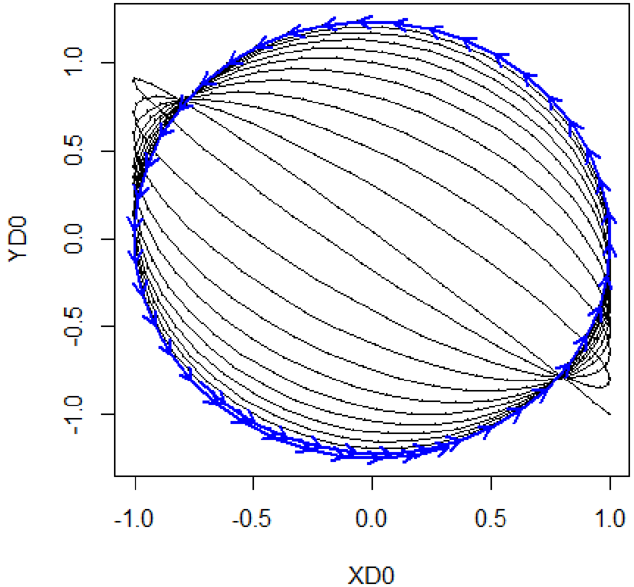


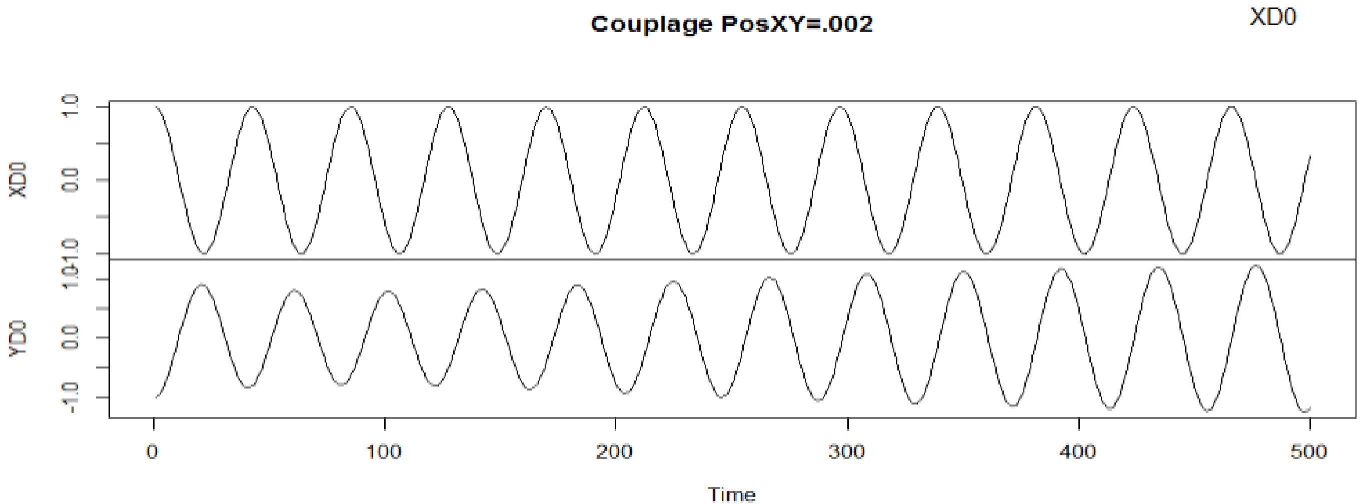


Système dynamique linéaire à 2 variables avec couplage YD2 ~ XDO

- X non amorti - Y amorti
- Pos_{XY}=0.002 → rotation antihoraire

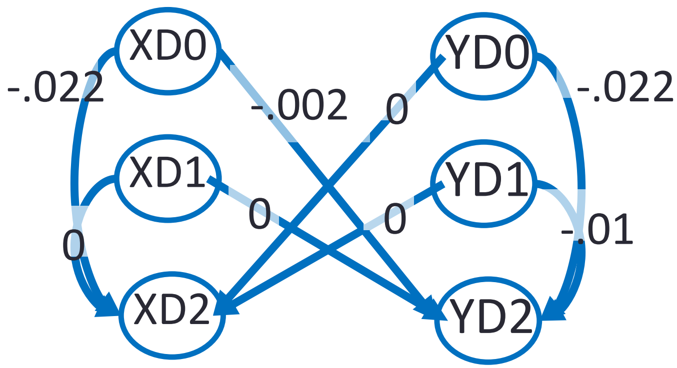


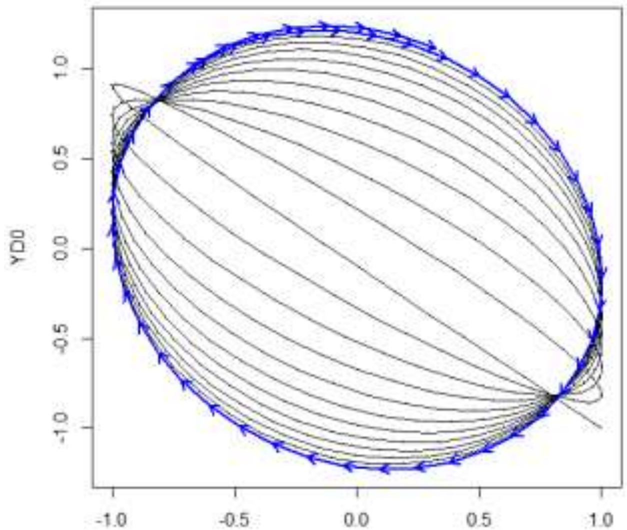




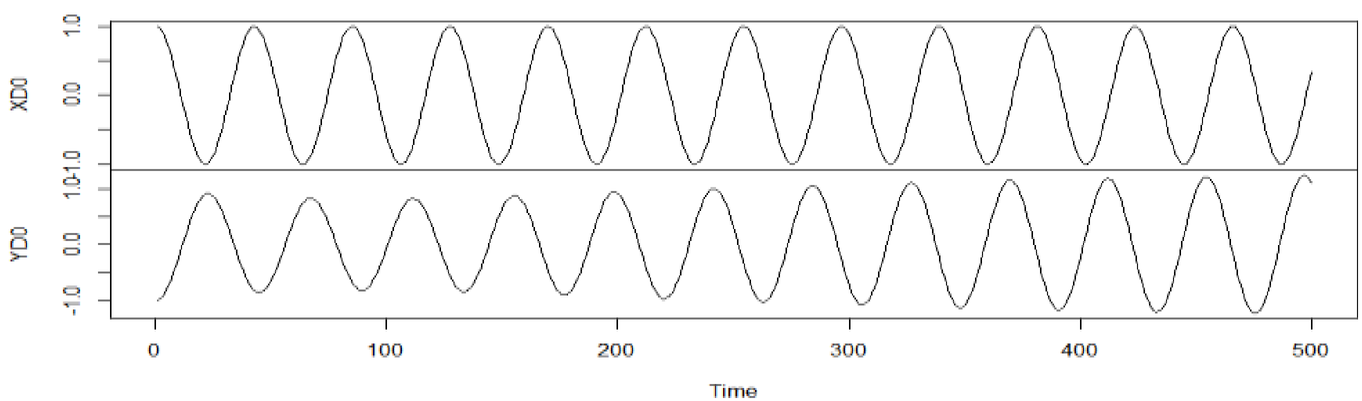
Système dynamique linéaire à 2 variables avec couplage YD2 ~ - XDO

- X non amorti - Y amorti
- Pos_{XY}= -0.002 → rotation horaire



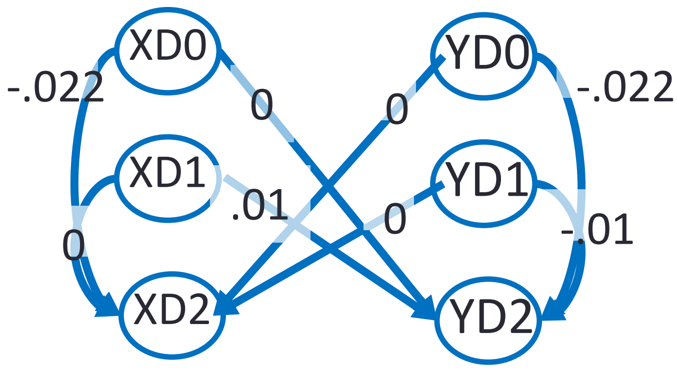


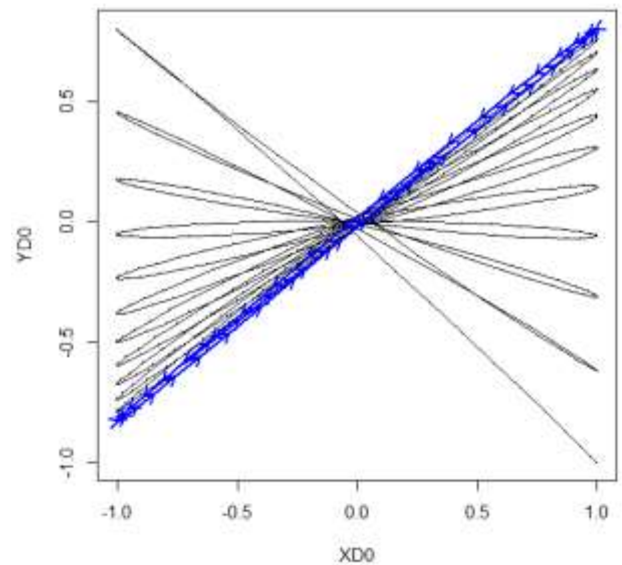
Couplage PosXY=-.002

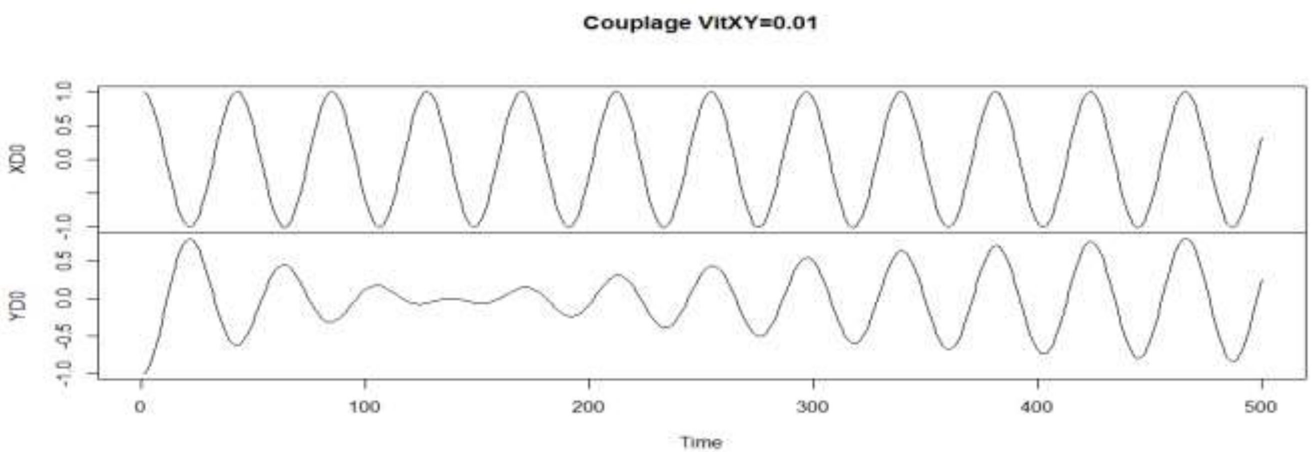


Système dynamique linéaire à 2 variables avec couplage YD2 ~ YDO

- X non amorti - Y amorti
- Vit_{XY}= 0.01 → en phase

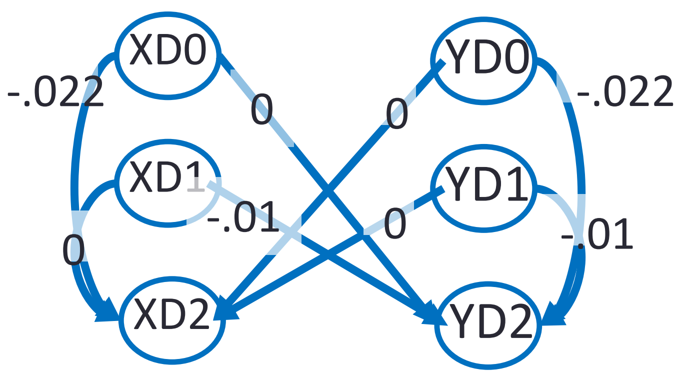


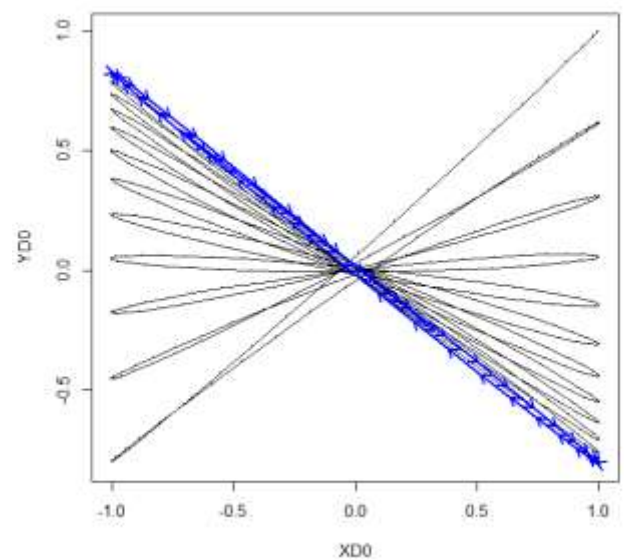


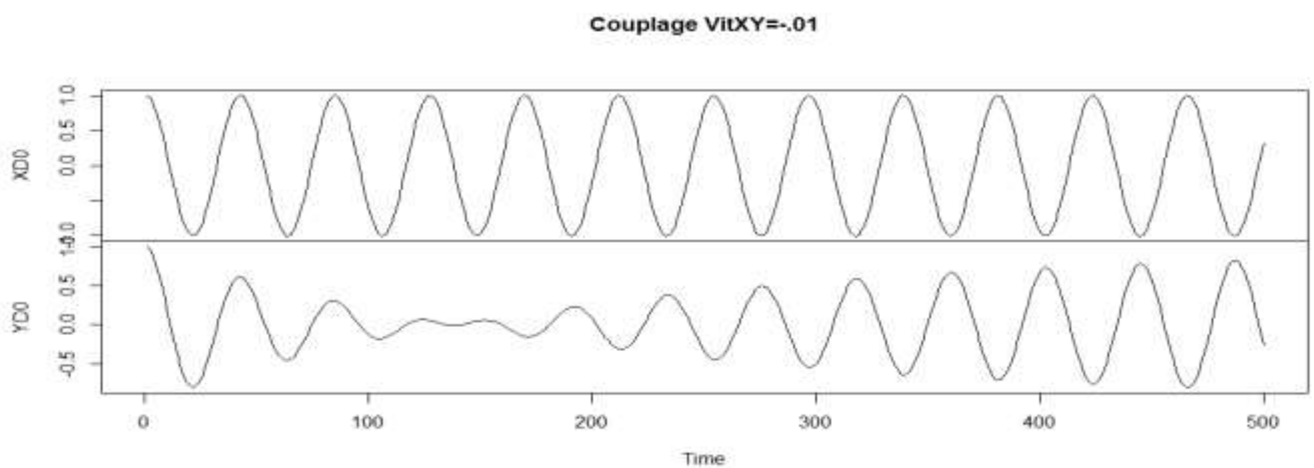


Système dynamique linéaire à 2 variables avec couplage YD2 ~ -YDO

- X non amorti - Y amorti
- Vit_{XY}= -0.002 → en opposition de phase





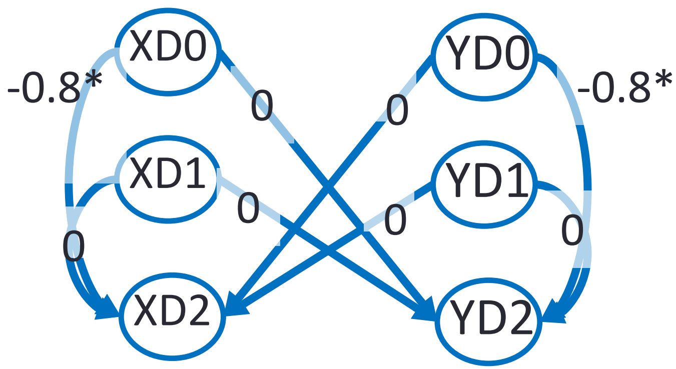


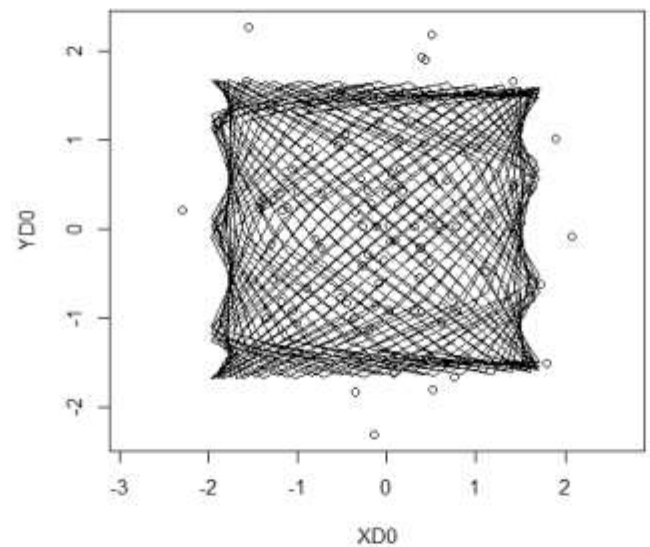
Système dynamique linéaire à 2 variables

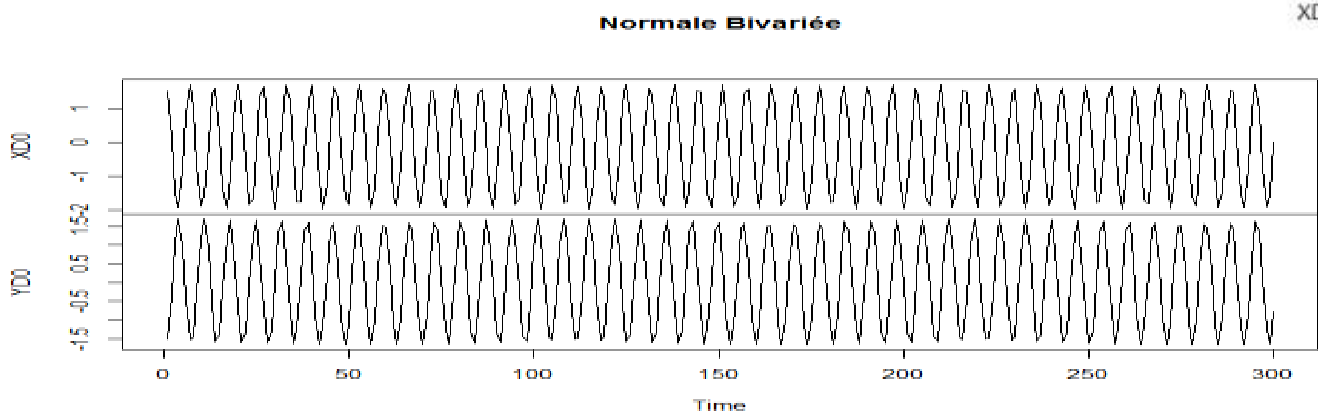
```
EqDyn2 = function(XD0,XD1,YD0,YD1) {
XD2=OscX*XD0+AmX*XD1+PosYX*YD0+VitYX*YD1
YD2=OscY*YD0+AmY*YD1+PosXY*XD0+VitXY*XD1
XD1b=XD1+XD2
YD1b=YD1+YD2
XD0b=XD0+XD1b
YD0b=YD0+YD1b
c(XD0b,XD1b,YD0b,YD1b)
}

OscX=-0.022
AmX=0
PosYX=0
VitYX=0

OscY=-0.022
AmY=-0.01
PosXY=0
VitXY=0.01

TabSim=data.frame(XD0=1,XD1=0,YD0=-1,YD1=0)

for (t in 2:500){
Tplus1=EqDyn2 (TabSim[t-1,1],TabSim[t-1,2],TabSim[t-1,3],TabSim[t-1,4])
TabSim[t,1]=Tplus1[1]
TabSim[t,2]=Tplus1[2]
TabSim[t,3]=Tplus1[3]
TabSim[t,4]=Tplus1[4]
}

plot(TabSim$XD0,TabSim$YD0,cex=0.1,xlab="XD0",ylab="YD0")
lines(TabSim$XD0,TabSim$YD0)
arrows(TabSim$XD0[450:499],TabSim$YD0[450:499],TabSim$XD0[451:500],TabSim$YD0[451:500],col="blue",length=0.1,lwd=2)

plot.ts(TabSim[,c("XD0","YD0")], main="Couplage VitXY=0.01")
```

Ajuster un modèle dynamique à des données distribution normale bivariée

- Modèle linéaire, 2 paramètres significatifs!
- X et Y sont des oscillateurs non amortis
- Oscillations très rapides = pas de continuité

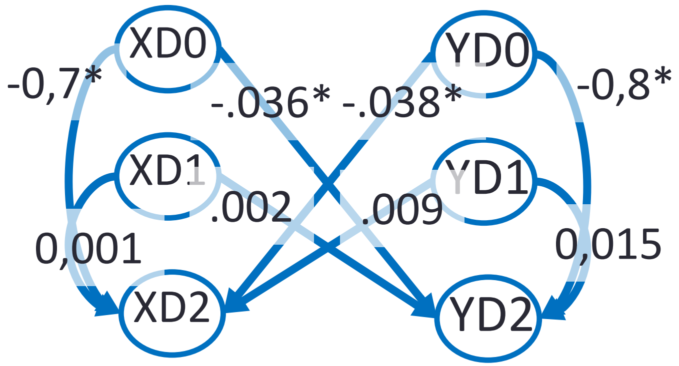


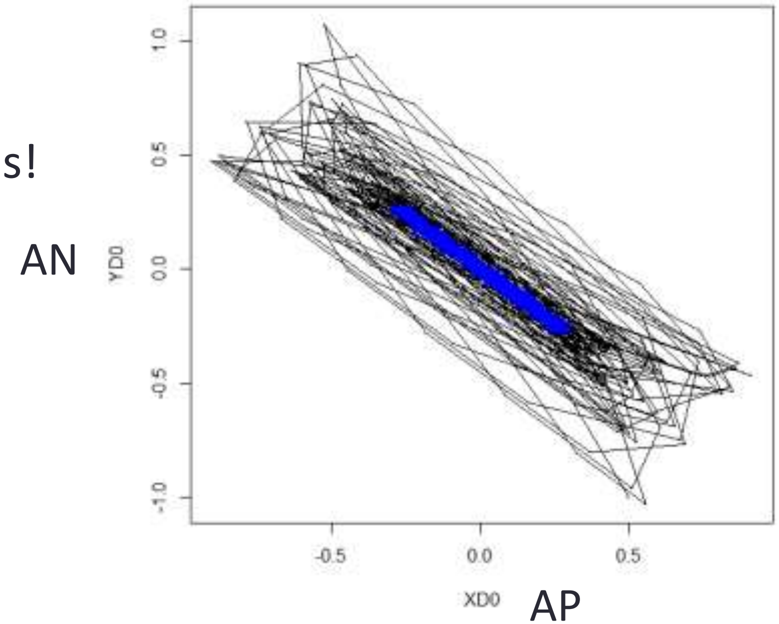


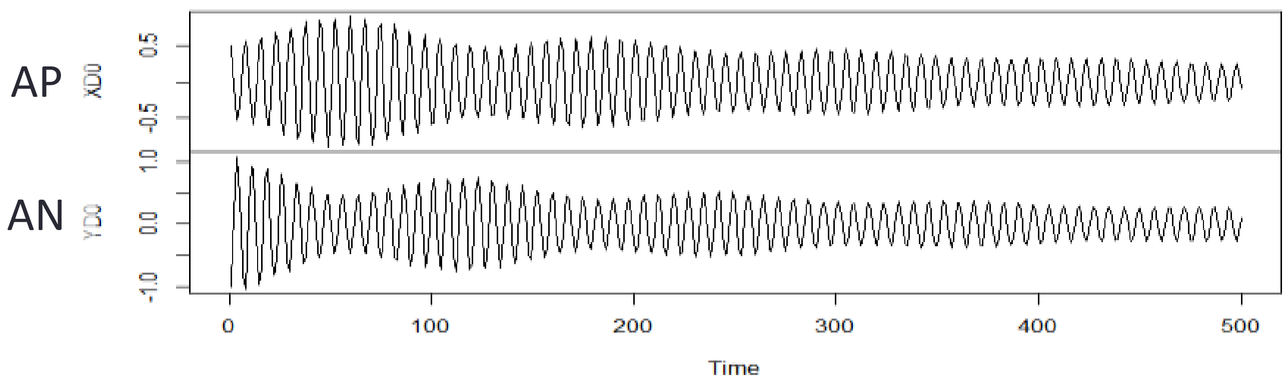


Modèle dynamique linéaire ajusté à des données affectives ESM

- Modèle linéaire a effets mixtes
- Pas d'effet d'amortissement notable
- Effet de couplage → alternance d'oscillations!

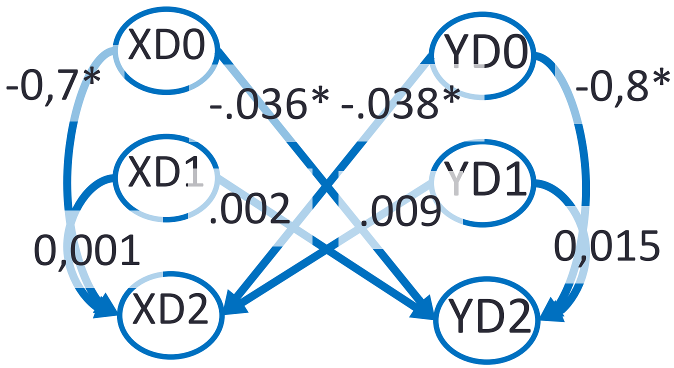


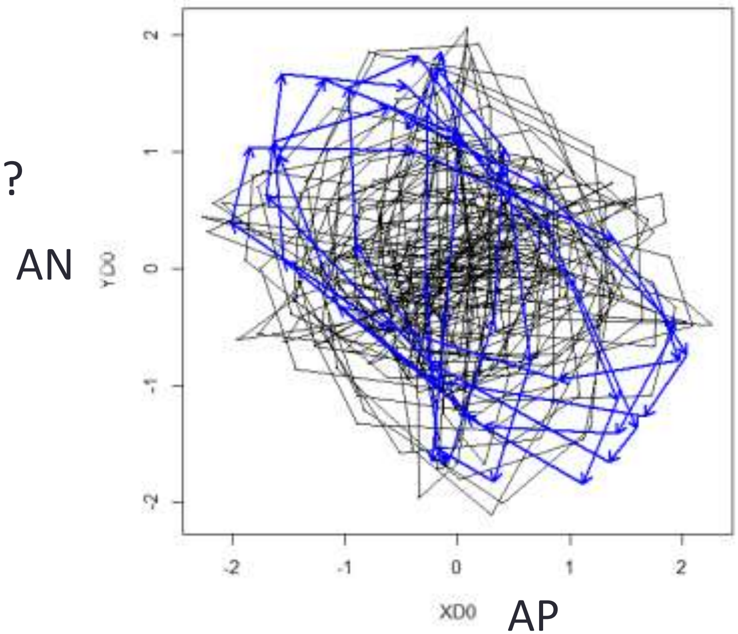


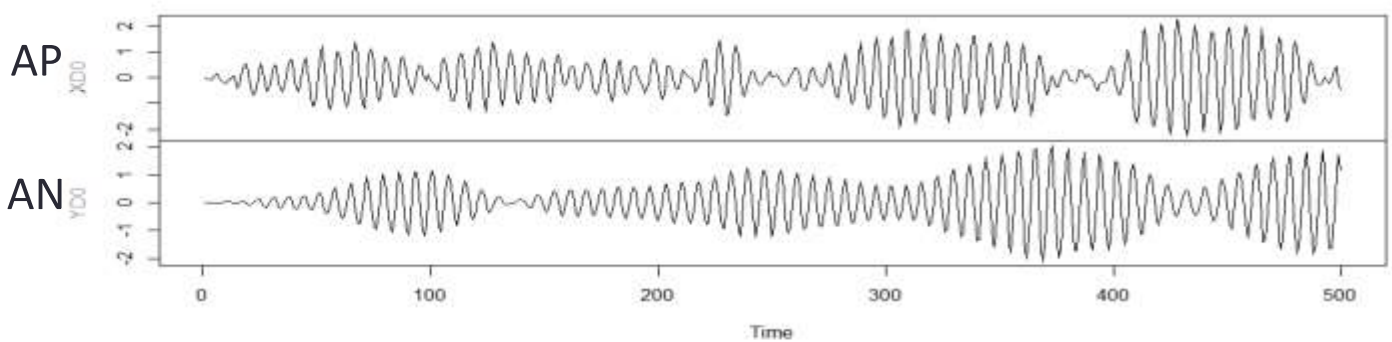


Révéler la dynamique : ajouter un peu de bruit dans le système

- Départ du centroïde
- Bruit sur D2: résidus du modèle
- Effets de couplage → alternance d'oscillations?

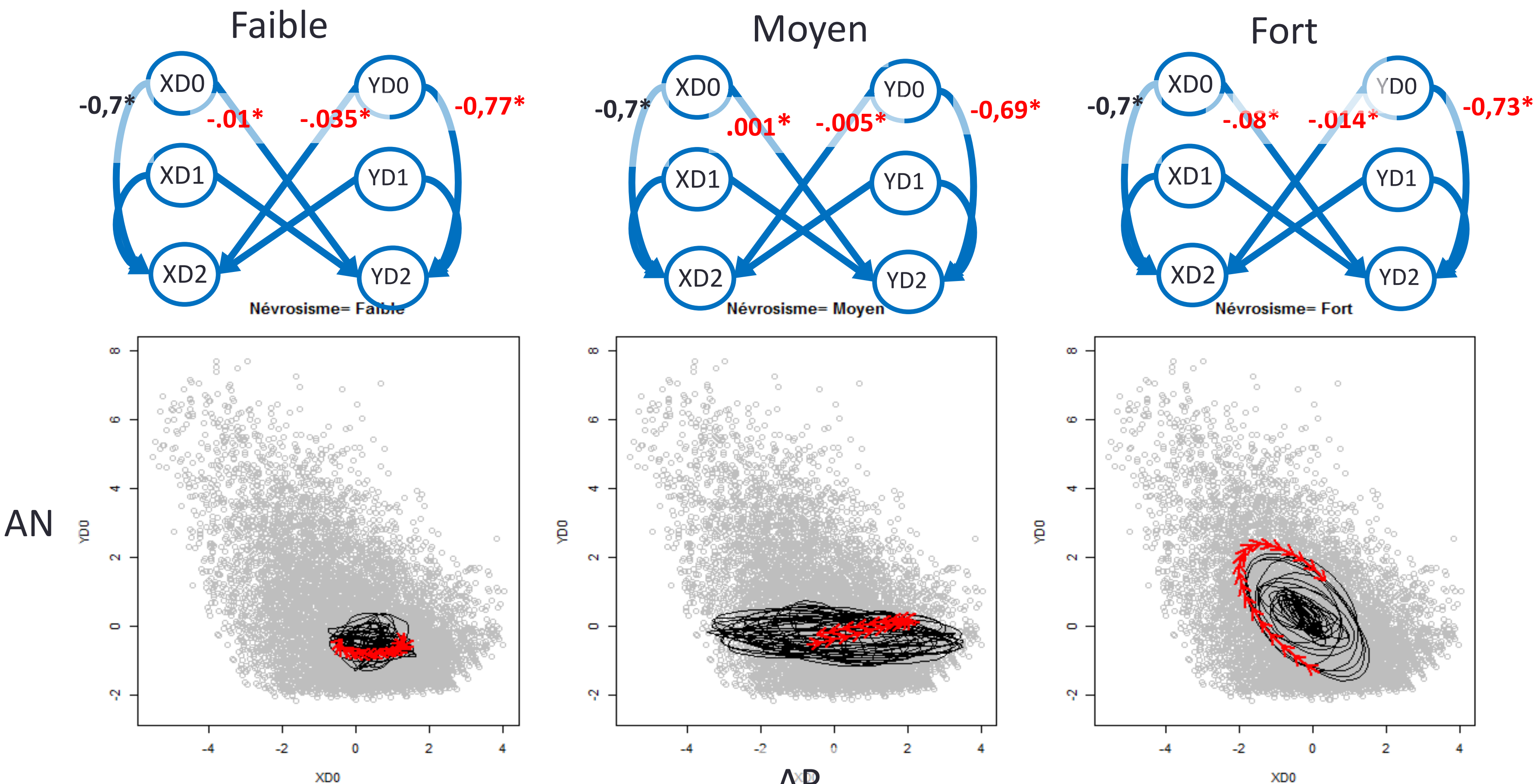






Effet du névrosisme sur la dynamique

- 3 niveaux de névrosisme – interaction avec l'intercept, oscillation et couplages
- N faible : oscillation Y plus négatif (-.77*)→ moins d'amplitude de variation sur Y
- N moyen: couplage faible (.001 et -.005)→ oscillation possible sur X uniquement
- N fort : couplage X vers Y (-.08*)→ AP bas = hausse des AN → oscillation diagonale

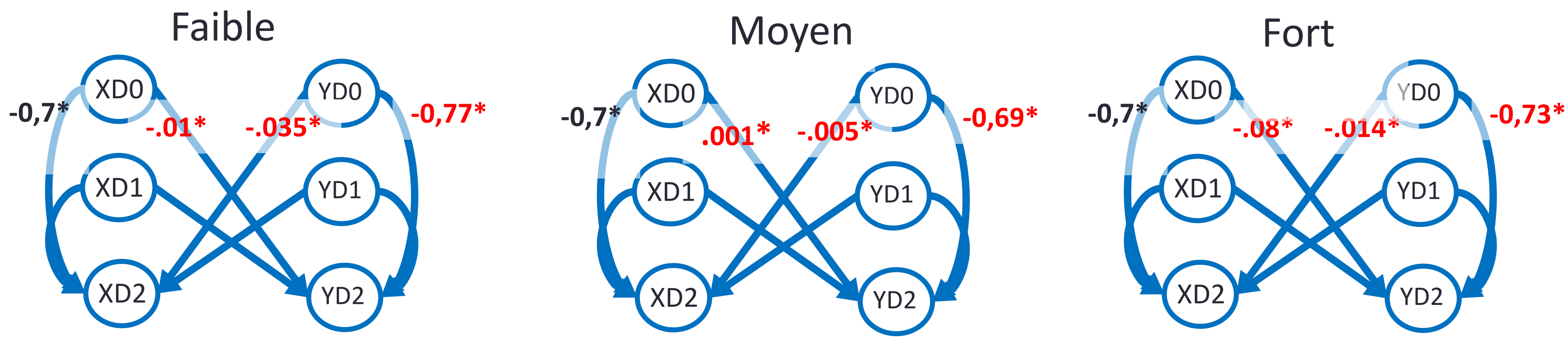


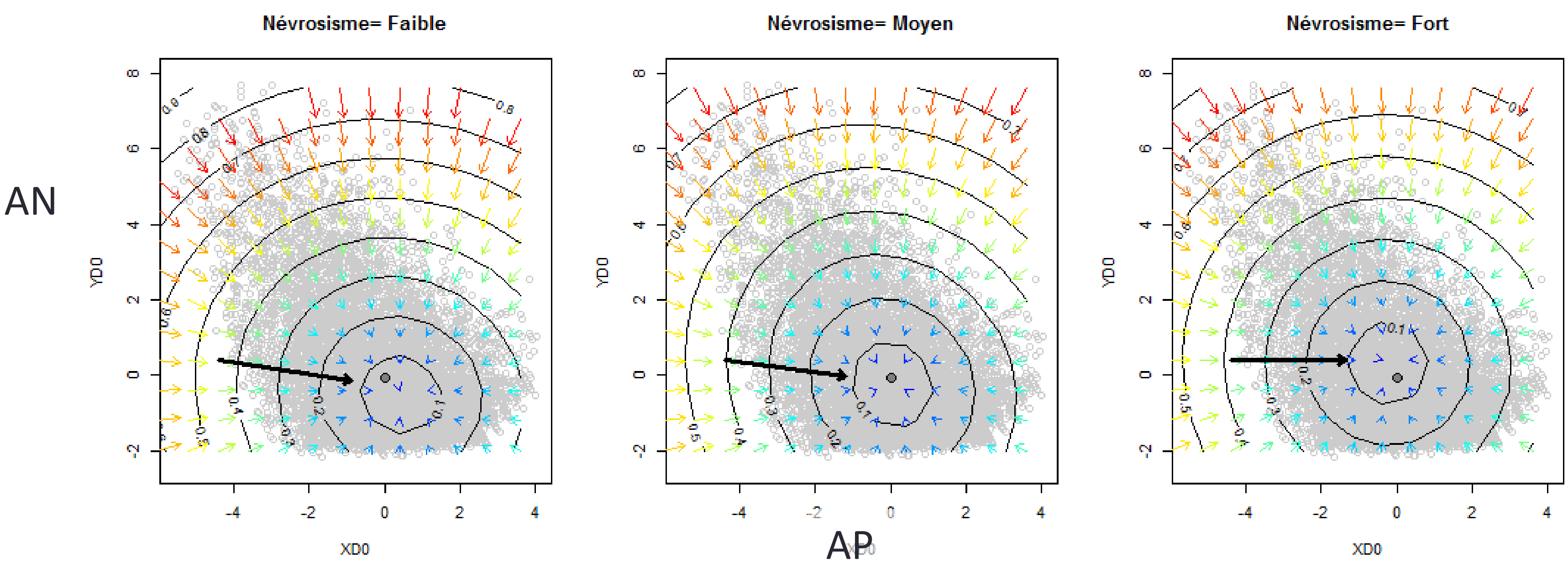
XD2~(XD0+XD1+YD0+YD1)+Nevro+Nevro:YD0+(XD0+XD1|Suj)

YD2~(YD0+YD1+XD0+XD1)+Nevro+Nevro:XD0+Nevro:YD0+(YD0+YD1|Suj)

Effet du névrosisme sur le champ vectoriel

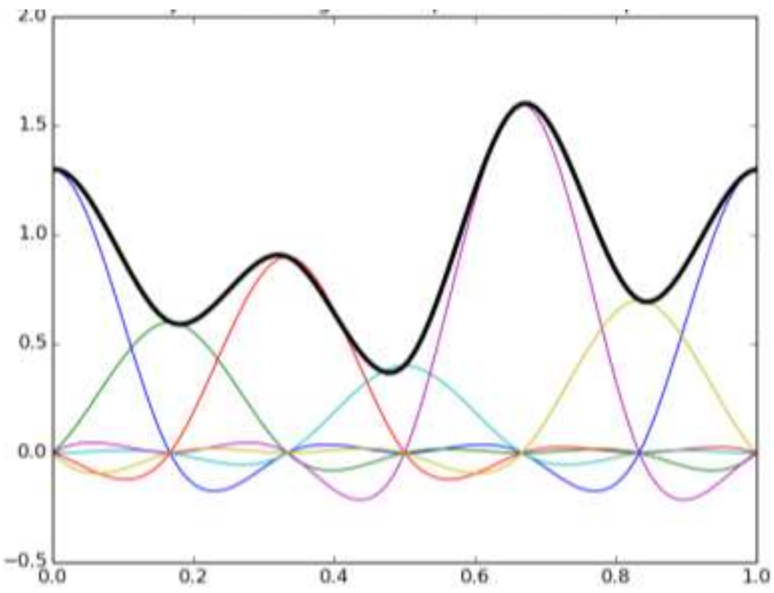
- Intercept → effet sur le point d'ancrage
- Oscillation → effet sur la pente (lignes de niveau)
- couplages→ effet sur la direction (orientation flèches noires)

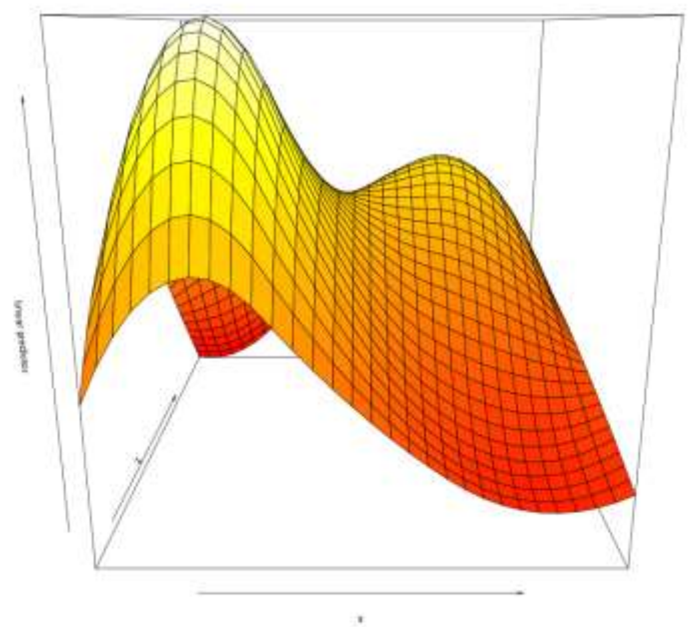




Passage au non linéaire, modèles GAMM

- Generalized Additive Model (librairie mgcv, S. Wood)
- fonction spline automatique
- modèle GAMM = modèle à effets mixtes
- gamm(XD2~s(XD0)+s(YD0)+s(XD1)+s(YD1),random=list(Suj=~XD0+XD1),data=…

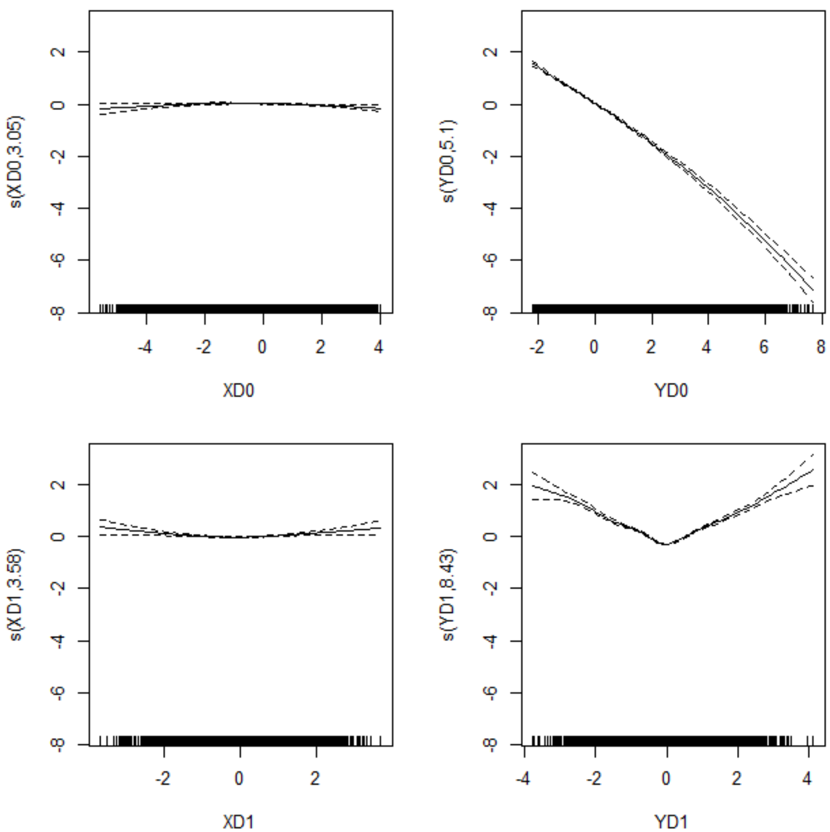




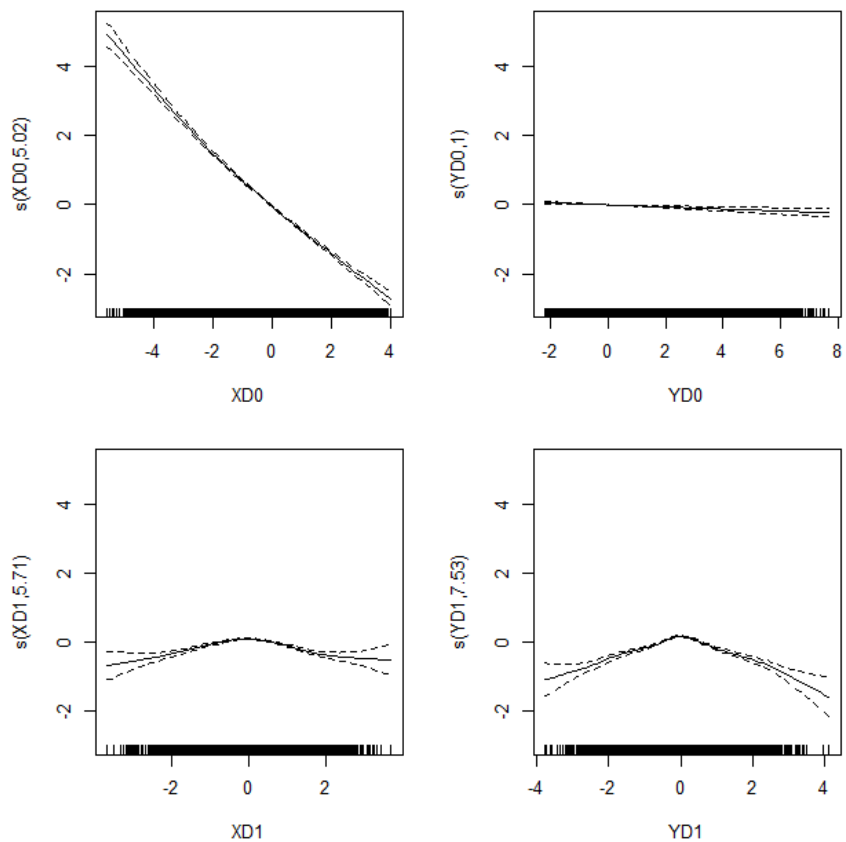
Modèle dynamique non linéaire

- Paramètres d’oscillation négatifs
- Couplage position faible
- Effet d’amortissement non linéaire!! En forme de V?

AN YD2~s(XD0)+s(YD0)+s(XD1)+s(YD1)



AP XD2~s(XD0)+s(YD0)+s(XD1)+s(YD1)

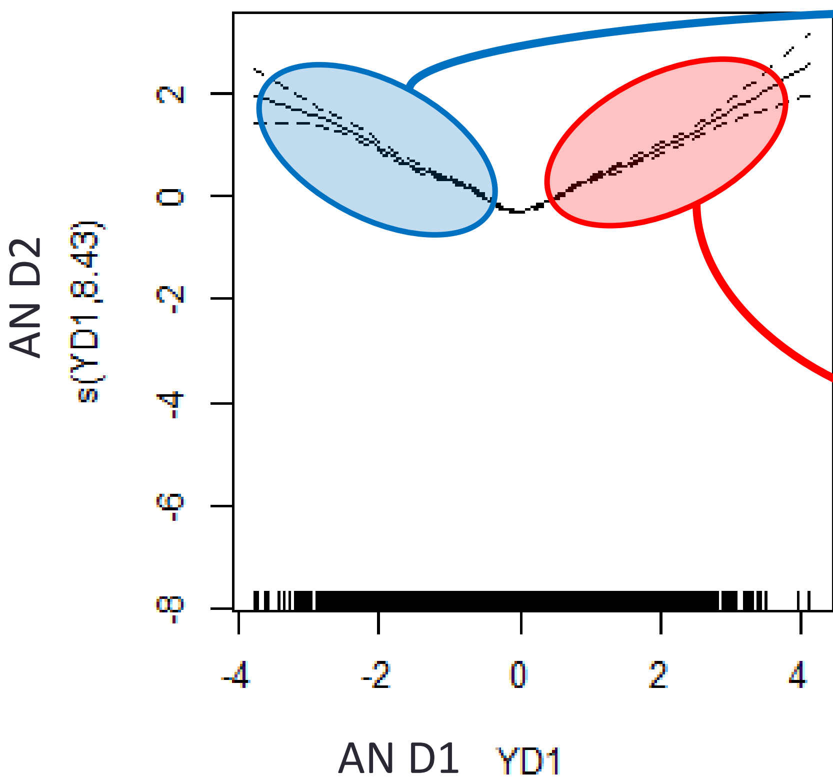


Le drame de la vie

- En cas de baisse des AN, effet amortissement
- Quand les AN augmentent, l'augmentation accélère…

→ Être plus anxieux qu'au moment précédent, ça rend encore plus anxieux!

AN YD2~s(XD0)+s(YD0)+s(XD1)+s(YD1)



Pente négative
→ accélération opposée à la vitesse
→ freinage
→ Amortissement
→ Stabilisation

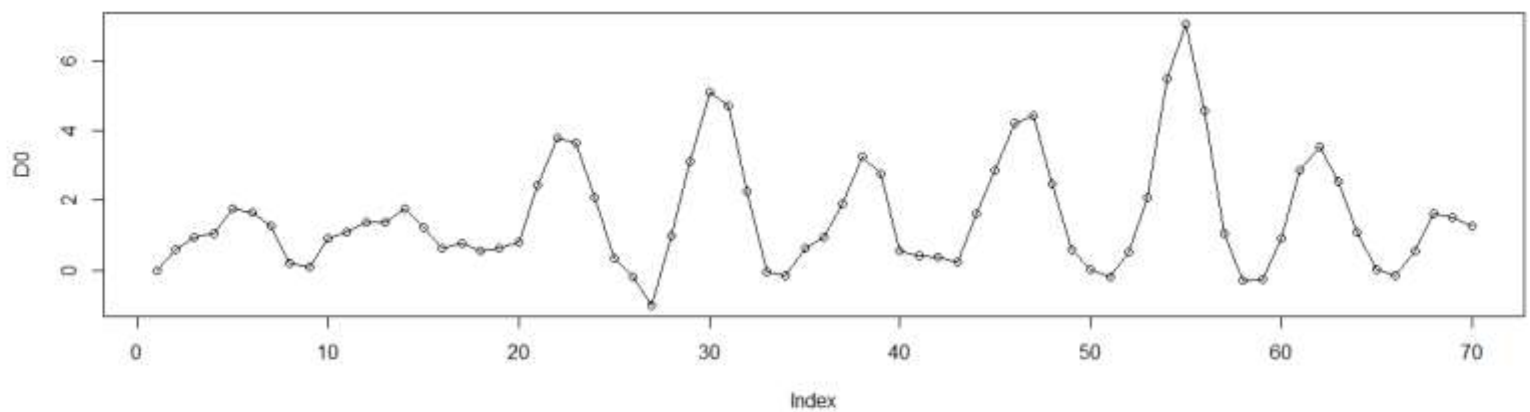
Pente positive
→ accélération et vitesse même sens
→ Plus je vais vite plus j'accélère
→ retro-action positive
→ Instabilité

Rétroaction en V, simulation

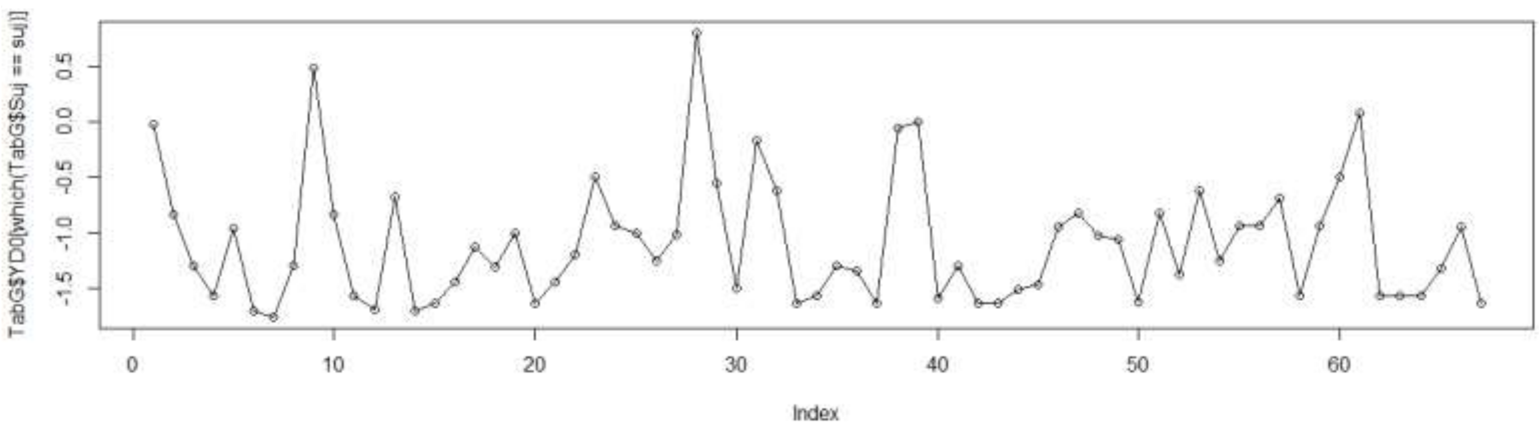
- Cycles hauts périodiques
- Périodes de stabilité à un niveau bas

→ Prise en compte par le modèle de l'asymétrie des données d'AN

Données simulées



Données réelles



Le drame de la vie, la suite…

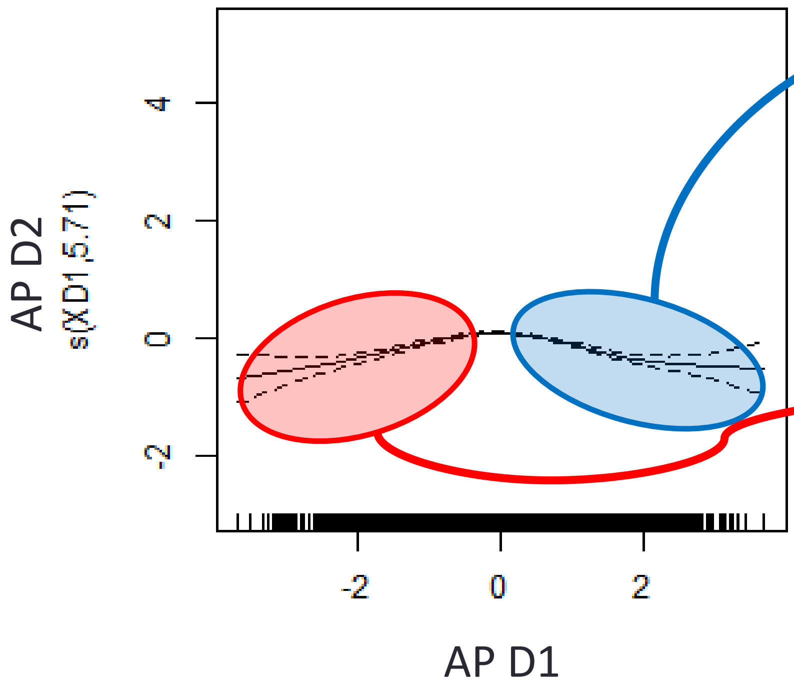
- Quand les AP baissent, la baisse accélère…

→ Être moins joyeux qu'auparavant, ça rend encore moins joyeux

- Quand les AP montent, la hausse décélère

→Effet d'amortissement de la hausse des AP

AP YD2~s(XD0)+s(YD0)+s(XD1)+s(YD1)



Pente négative
→ accélération opposée à la vitesse
→ freinage
→ Amortissement
→ Stabilisation

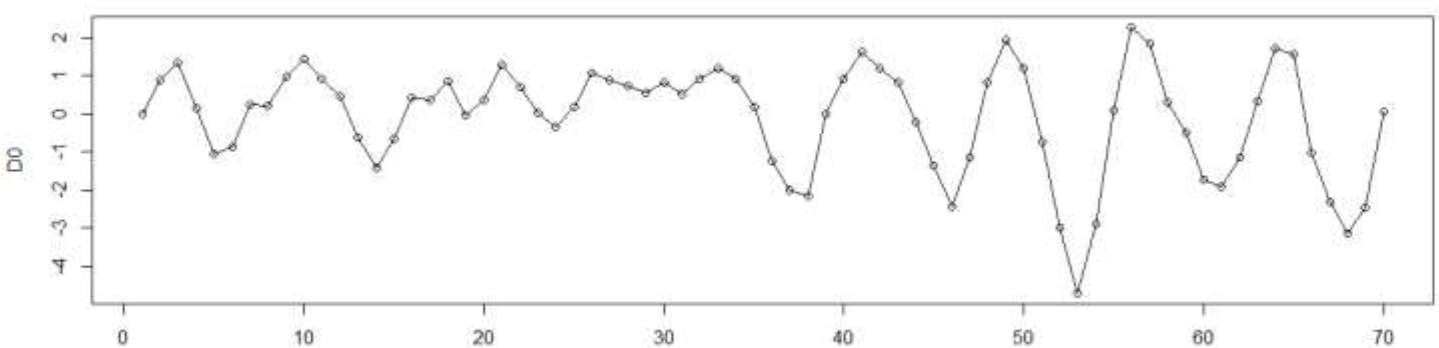
Pente positive
→ accélération et vitesse même sens
→ retro-action positive
→ Instabilité

Rétroaction en V, simulation

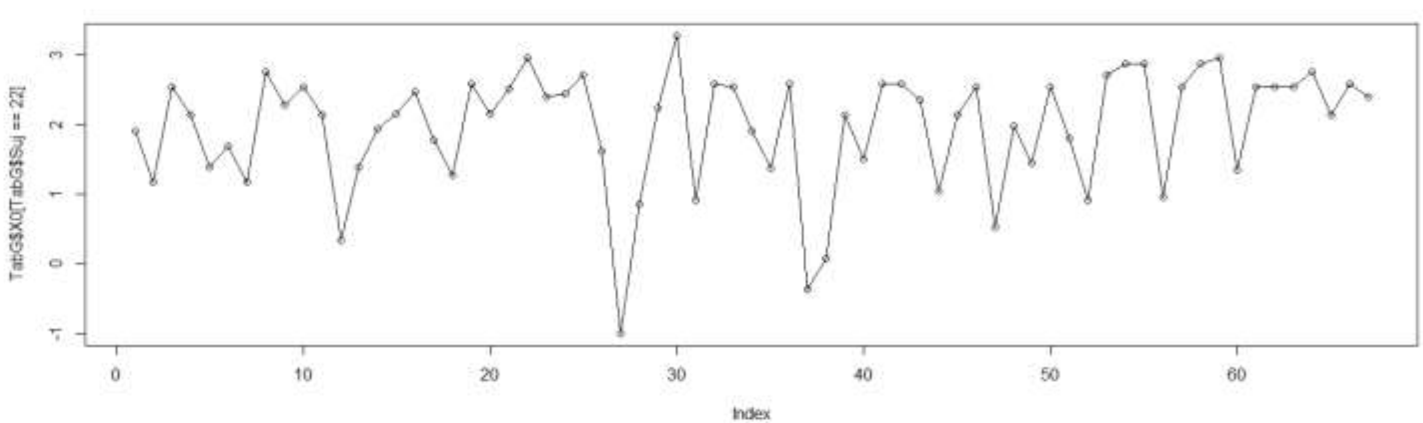
- Cycles bas périodiques
- Périodes de stabilité à un niveau haut

→ asymétrie des données d'AN

Données simulées



Données réelles



Effets de couplage

- Quand les AN augmentent, les AP accélèrent à la baisse

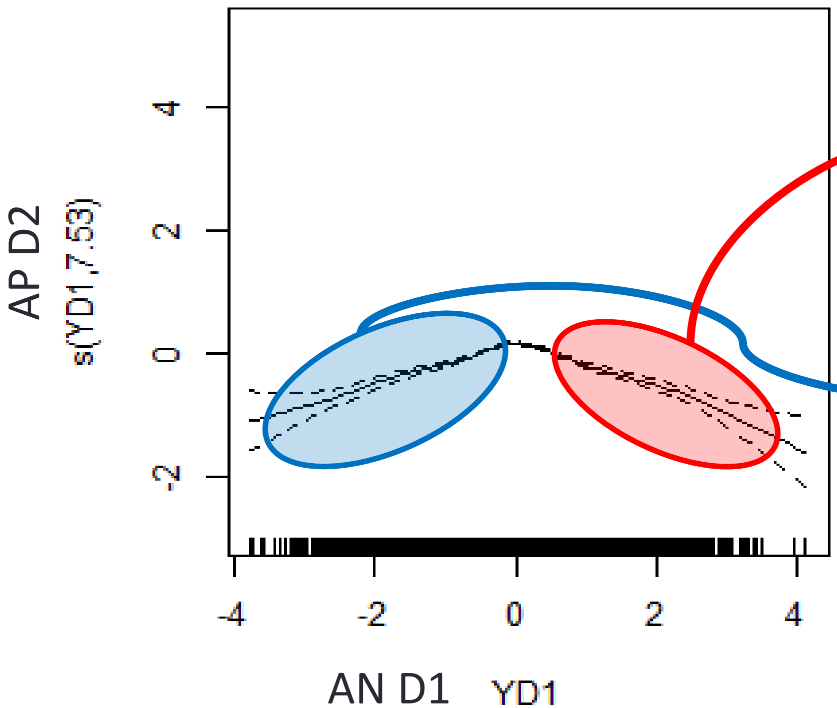
→Être plus anxieux qu'auparavant, ça rend moins serein

→Oscillation sur la diagonale négative

- Quand les AN baissent, les AP accélèrent à la baisse??

→oscillation sur la diagonale positive?

AP YD2~s(XD0)+s(YD0)+s(XD1)+s(YD1)

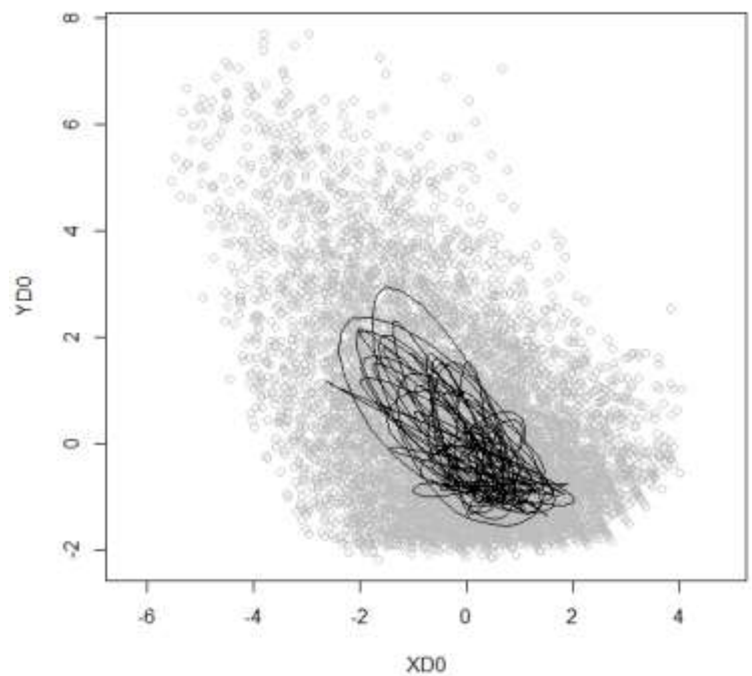


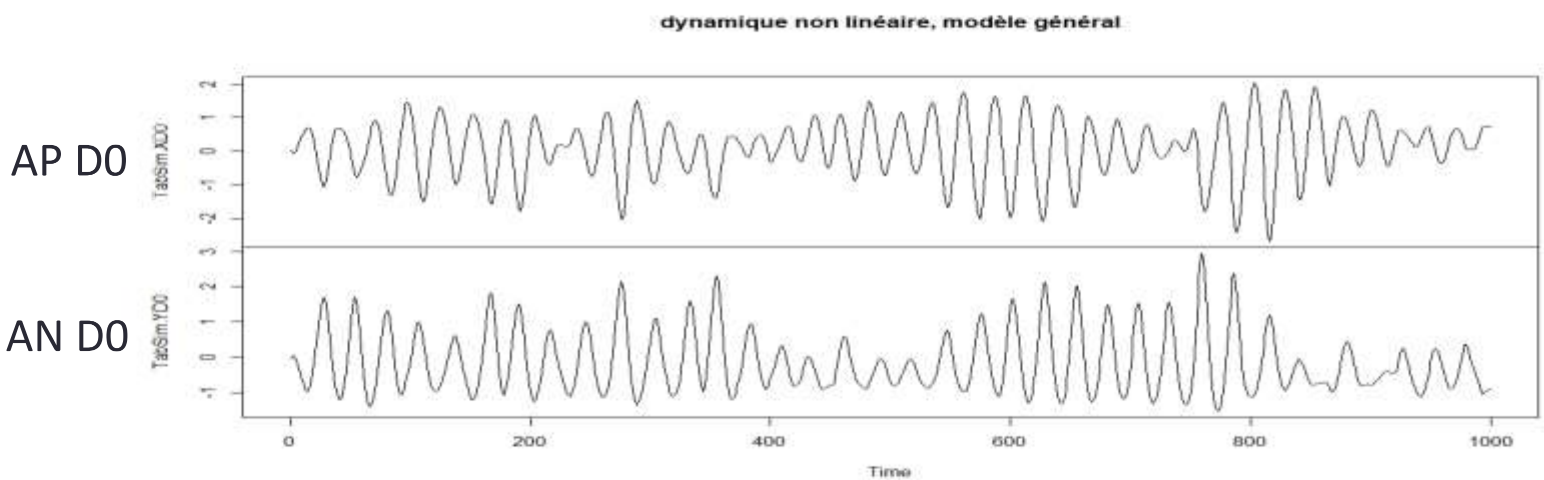
Pente négative
→ Effet de couplage opposition de phase
→ Oscillation sur la diagonale négative

Pente positive
→ Effet de couplage en phase
→ Oscillation sur la diagonale positive

Simulation modèle non linéaire général

- Effet d'amplification des boucles sur la diagonale négative
- Possibilité d'oscillations sur les AP uniquement
- Les AN présentent un effet plancher



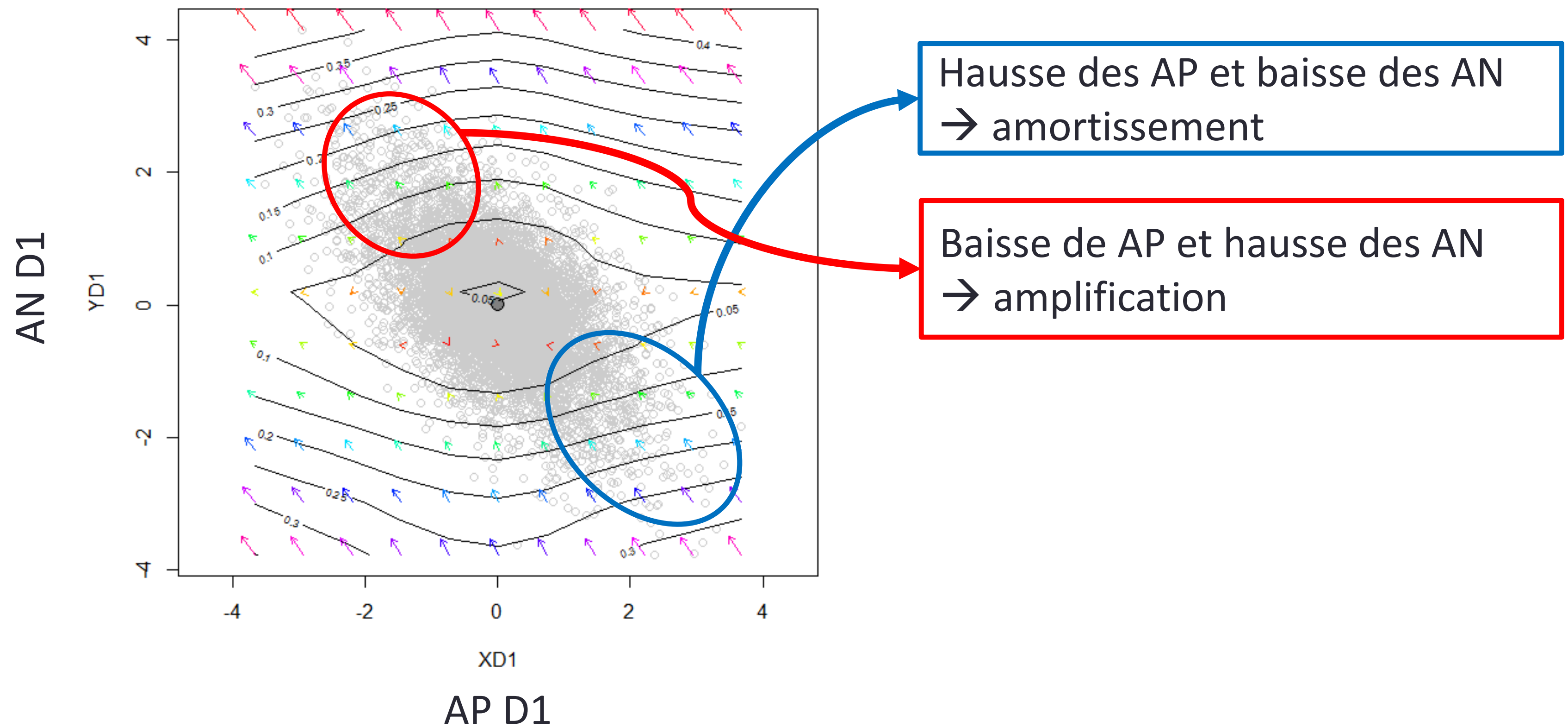


Champ vectoriel en fonction de la vitesse

- Effet d'amplification des hausses, surtout sur les AN
- Effet d'amortissement des baisses surtout sur les AN

→Rétroaction positive pour les hausses d'AN

(sans oublié régulation en fonction de la position)



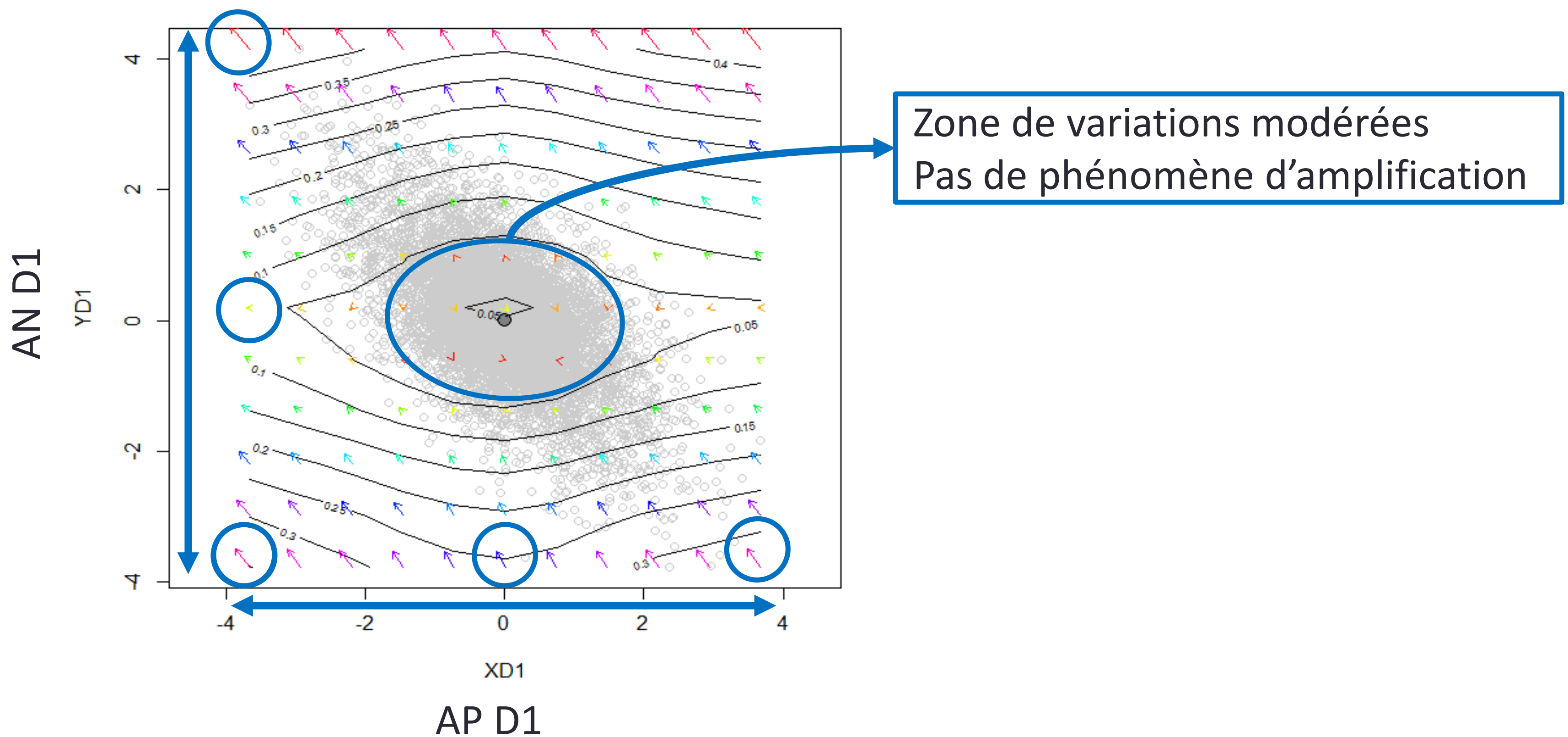
Champ vectoriel en fonction de la vitesse

- Sur l'axe des Y→ effet en V sur les accélérations X et Y

→ Les variation d'AN conduisent à des rétroactions sur les AP et les AN

- Sur l'axe des X→ effet en V moins marqués sur X comme sur Y

→ Les variations d'AP sont moins susceptibles de provoquer des cycles



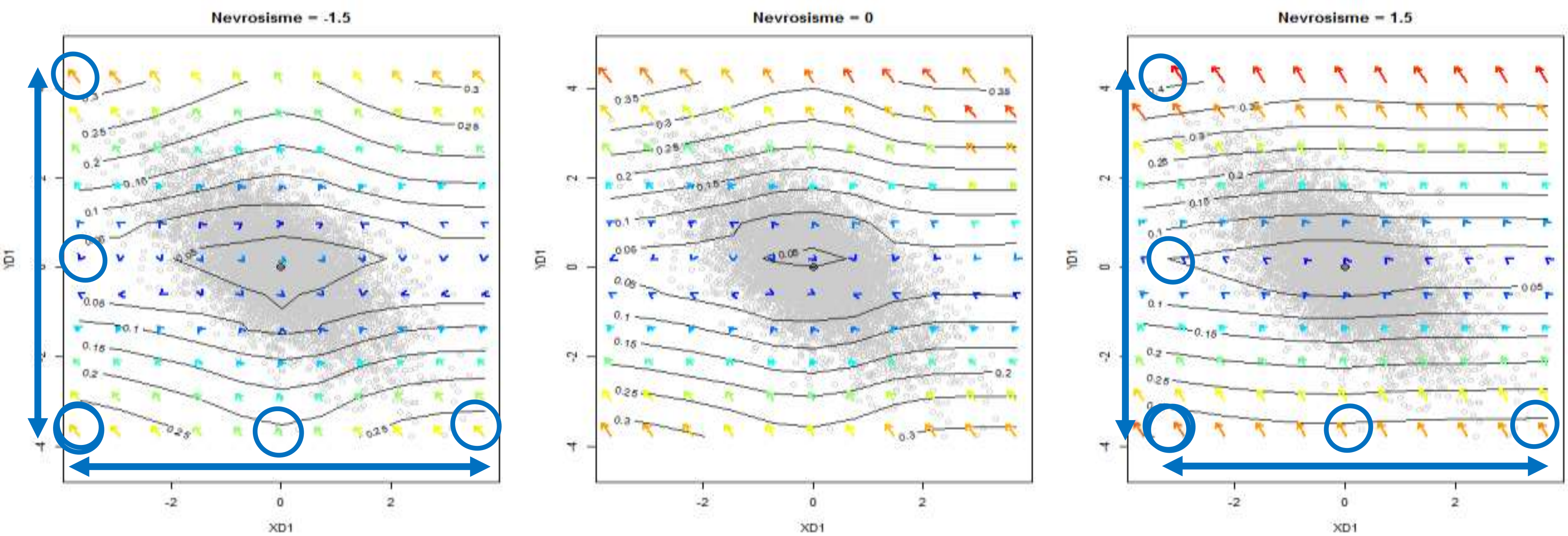
Effet du névrosisme sur les rétroactions

- Axe des Y : effet en V plus marqué pour haut névrosisme

→variation d’AN entraine un cycle négatif plus facilement

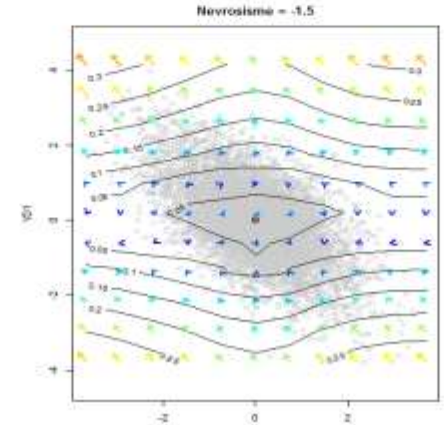
- Axe des X : effet en V plus marqué pour bas névrosisme

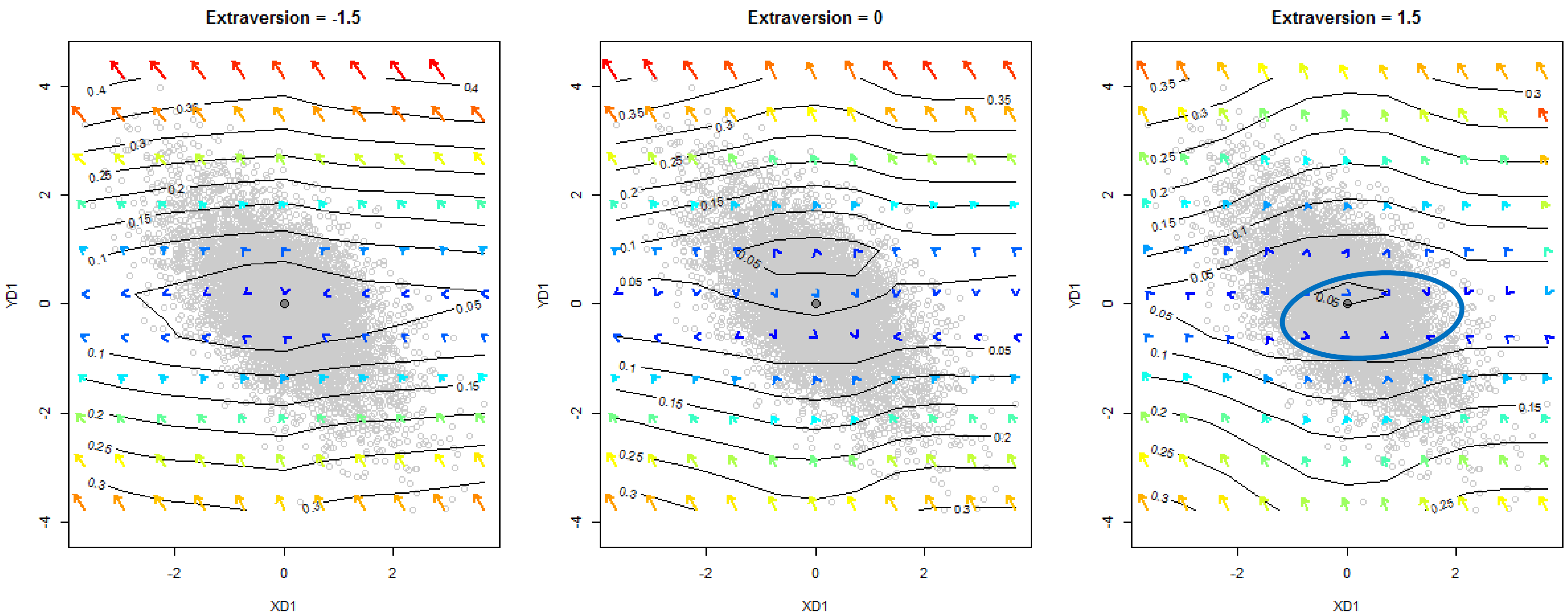
→zone sans rétroaction plus étendues



Effet de l'extraversion sur les rétroactions

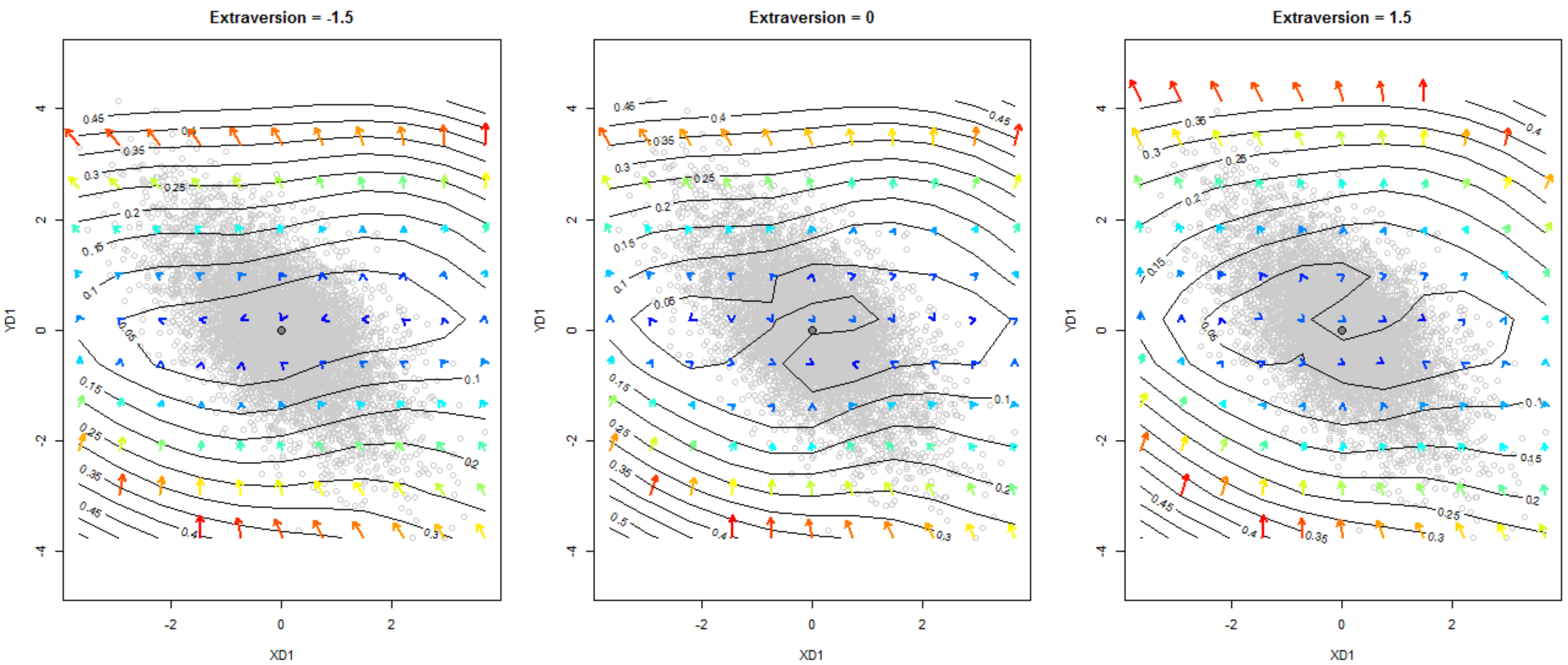
- Effet de l'extraversion sur les rétroactions similaire à celui du névrosisme
- Zone de cycle positif?

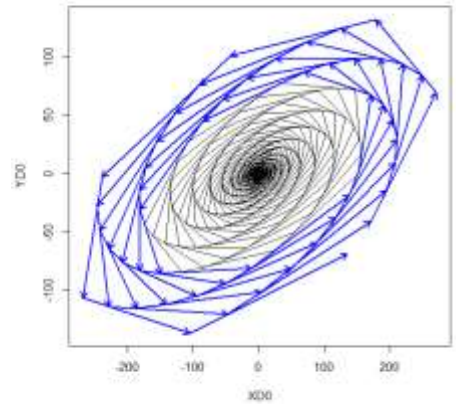




Perspectives

- Comment mieux rendre visibles les effets de cycles
  → simulations dynamiques comparables
- Interaction Extraversion*Névrosisme
- Modèles intégrant les interactions en X et Y




-200
-100
0
100
200
XDD
100
50
0
-50
-100
YDD