

# **Stratégies d'analyse à *l'échelle de l'individu* de la variabilité intra-individuelle et du changement à court terme**

**Jacques Juhel**

CRPCC EA 1285, Université Rennes 2

## *L'évaluation des modèles du fonctionnement cognitif*

- ❑ Modèles généraux (au sens de communs à tous les sujets) de la psychologie expérimentale cognitive :
  - approche centrée sur la manipulation de variables indépendantes et le contrôle de variables parasites ;
  - test sur données moyennées ou agrégées entre sujets.
  
- ❑ Modèles généraux de la psychologie différentielle cognitive :
  - approche centrée sur l'analyse des variations interindividuelles ;
  - test sur données moyennées ou agrégées au niveau individuel.
  - ➔ Des niveaux d'observation différents.
  - ➔ Des choix épistémologiques et méthodologiques différents.
  - ➔ La neutralisation de formes différentes de variabilité.

## ***Formes de variabilité neutralisées en psychologie différentielle***

Pour étudier des processus psychologiques généraux, la psychologie différentielle cherche classiquement à neutraliser :

- ❑ les variations de la situation ;
- ❑ les changements réversibles de performance entre occasions de mesure :
  - au niveau micro (essais successifs d'une même tâche),
  - au niveau macro (même tâche à des moments différents).
- ➔ Les variations neutralisées ne seront pas les mêmes selon ce que l'on cherche à mettre en lumière (la dispersion interindividuelle dans une situation expérimentale, la diversité des stratégies d'apprentissage ou celle des trajectoires développementales, etc.).

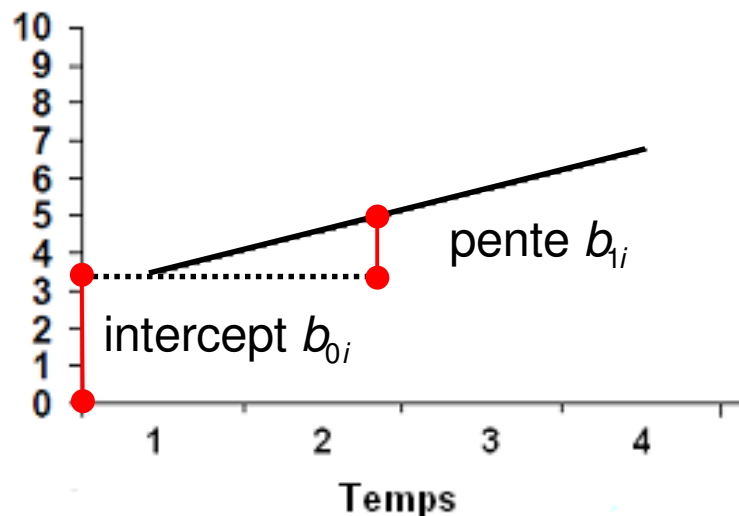
# Formes de variabilité neutralisées en psychologie du développement

Deux niveaux d'analyse : 1) intra-individuel; 2) interindividuel.

1) Représentation au niveau **intra-individuel** de l'accroissement linéaire associé à l'âge de la capacité de la mémoire de travail de l'enfant :

$$Y_{ti} = b_{0i} + b_{1i} \text{âge}_{ti} + \varepsilon_{ti}$$

où  $\text{âge}_{ti}$  est l'âge de l'individu  $i$  au temps  $t$ .

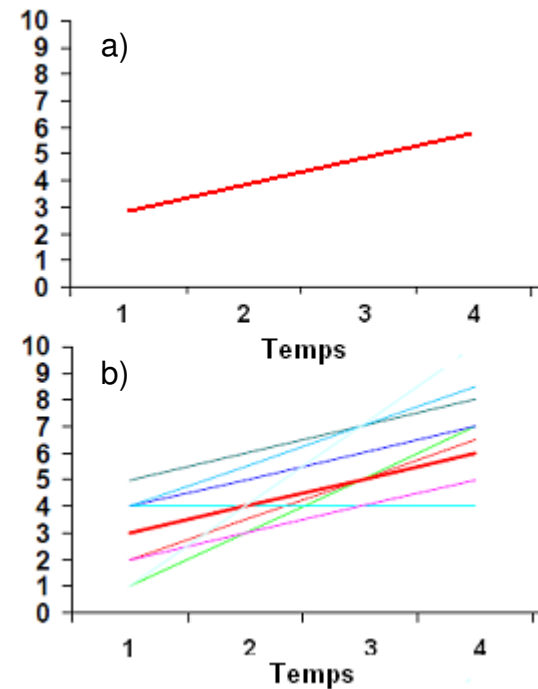
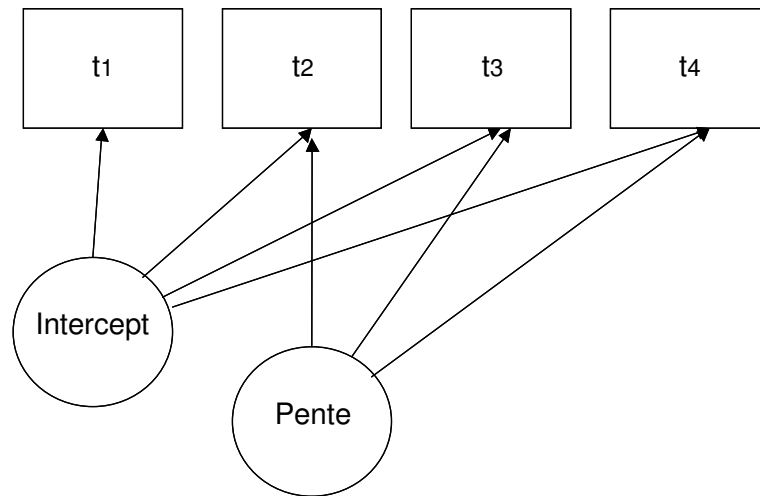


Variance intra-individuelle : individu  $i$

## Formes de variabilité neutralisées en psychologie du développement

Deux niveaux d'analyse : 1) intra-individuel; 2) interindividuel.

2) Représentation au niveau **interindividuel** de l'accroissement linéaire associé à l'âge de la capacité de la mémoire de travail de l'enfant :

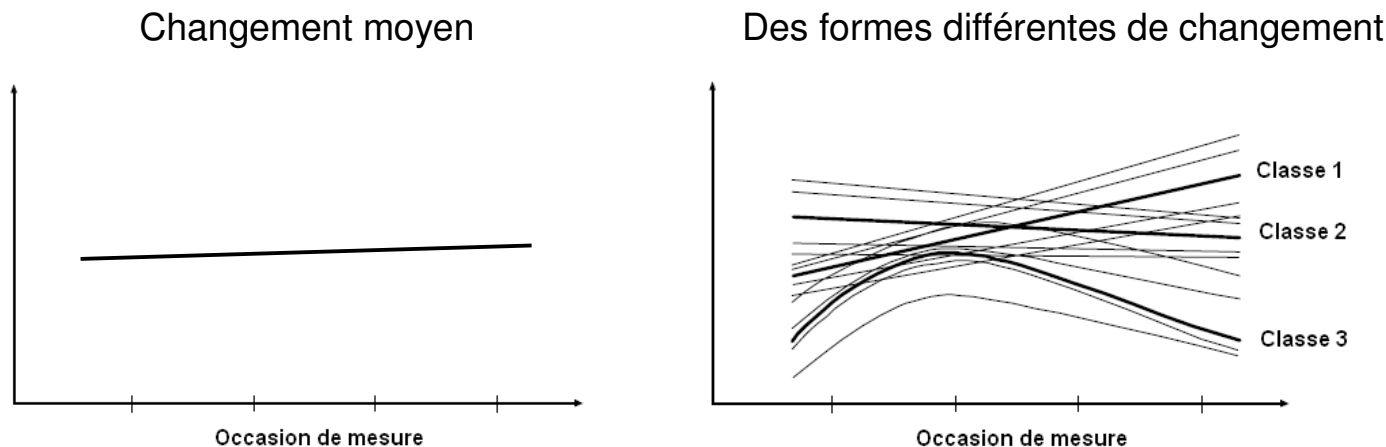


Variances des variables latentes «intercept» et «pente» : a) fixées à 0; b) libres (modèle à effets aléatoires).

## L'étude du changement avec l'échantillon de sujets pour unité d'analyse

Les possibilités de modélisation des différences interindividuelles dans le changement intra-individuel sont nombreuses, par exemple :

- ❑ modèles de croissance à variables latentes (LGM);
- ❑ LGM à mélange de distributions (LGMM); différentes formes de changement dans des sous-échantillons différents;



- ❑ analyse factorielle en plan R répété sur les occasions (étude de la stabilité et de l'invariance d'une structure de variations interindividuelles, etc.)

## *L'intra-individuel à l'échelle de la population*

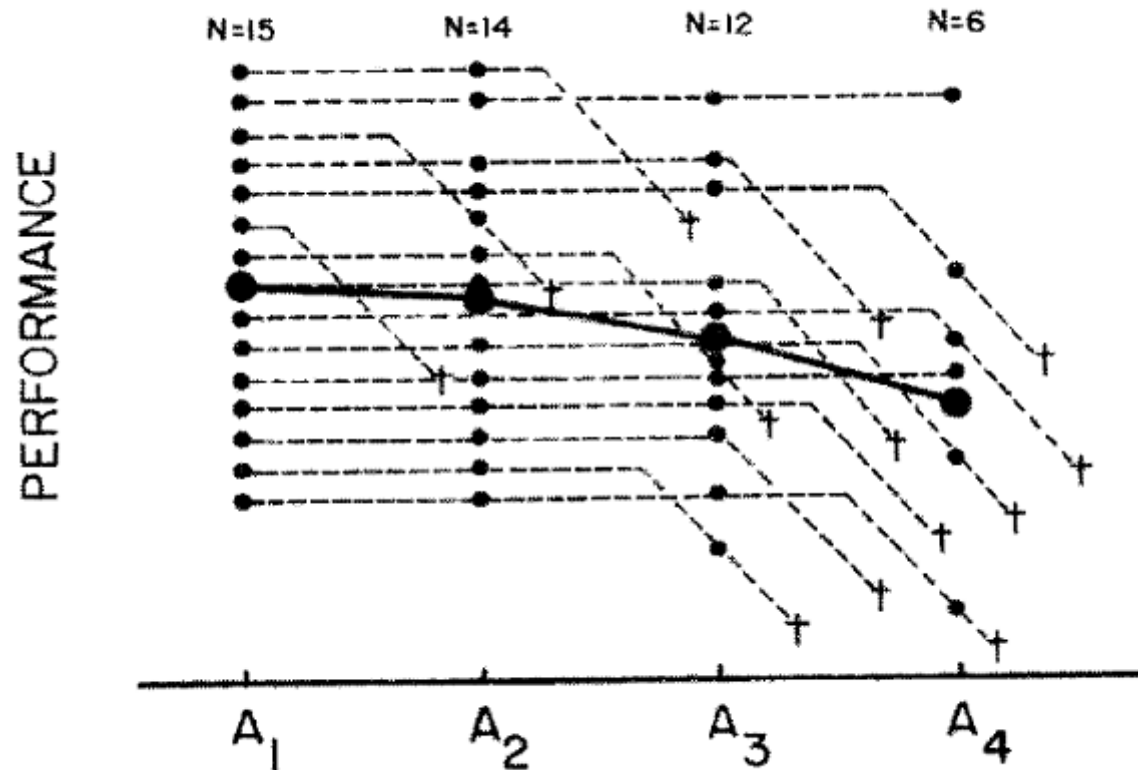
- ❑ Les approches prenant comme unité d'analyse un échantillon d'individus disposent d'outils puissants permettant de décrire à l'échelle interindividuelle la structure et, dans ce cadre, les causes du changement intra-individuel.
- ❑ Mais les résultats ne sont pas toujours généralisables à l'individu...

Par exemple :

- ➔ La mise en évidence d'un effet expérimental au niveau du groupe n'implique pas qu'il en soit également vrai chez tous les individus du groupe ;
- ➔ Un changement peut apparaître continu lorsqu'il est observé au niveau du groupe et discontinu à l'échelle de l'individu.

## L'intra-individuel à l'échelle de la population

- Il n'est donc pas légitime d'attribuer *a priori* la variabilité intra-individuelle mise en évidence à l'échelle d'un échantillon à chacun des individus de cet échantillon.



(Extrait de Hertzog et Nesselroad, 2003, p. 641)



## ***La variabilité intra-individuelle n'est pas seulement de l'erreur de mesure***

Selon les populations étudiées, une partie des fluctuations et de l'instabilité temporelle (le terme  $\varepsilon_{ti}$ ) :

- ❑ paraît avoir une fonction dans les mécanismes de la cognition et du développement cognitif (par ex., les processus vicariants (Reuchlin, 1978) sont générateurs de diversité au niveau cognitif) ;
- ❑ semble être un indicateur significatif de « vulnérabilité cognitive » chez certaines catégories d'individus (enfants souffrant d'un «trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité», patients épileptiques, traumatisés crâniens, Alzheimer, schizophrènes, etc.)
- ➔ Situer certaines formes de variabilité intra-individuelle dans une perspective théorique nouvelle (Lautrey, 2003; Lautrey, Mazoyer et van Geert, 2002 ).

## ***La variabilité cognitive intra chez l'enfant***

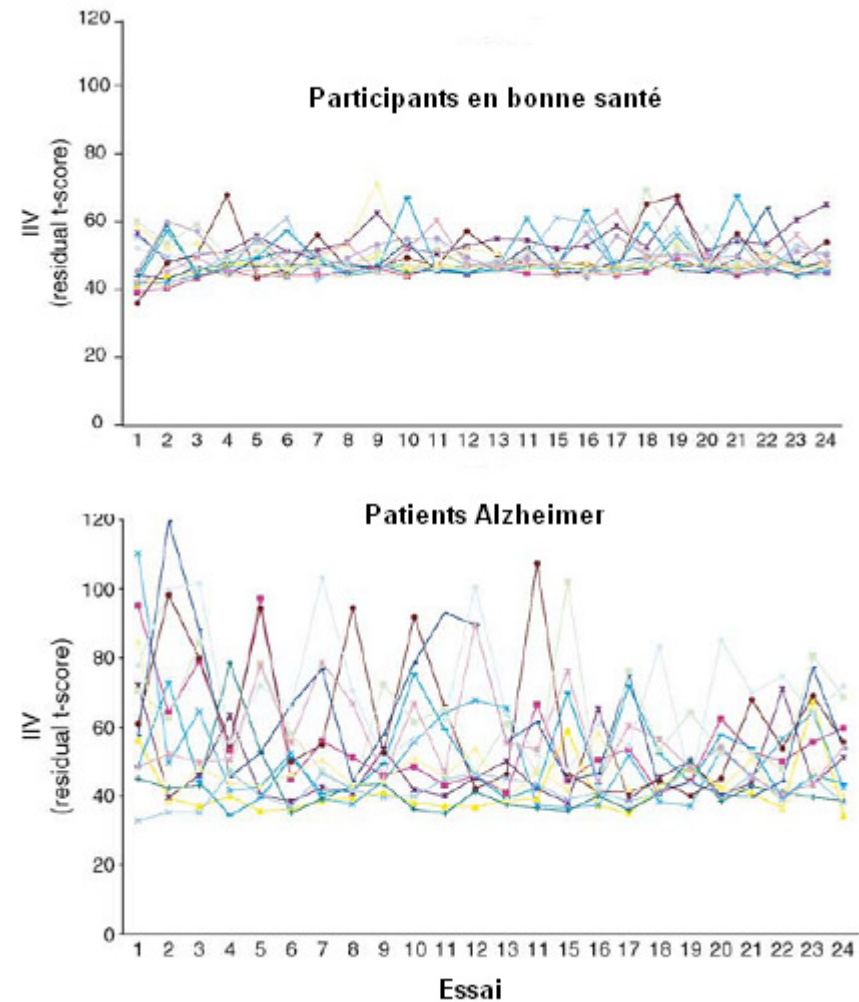
« Il est important de reconnaître l'importance de la variabilité intra pour décrire avec précision le développement cognitif autant que pour comprendre le changement cognitif » (Siegler, 2007, p. 104).

- ❑ Prévalence de la variabilité cognitive intra chez le nourrisson, l'enfant, l'adolescent et l'adulte. L'amplitude de la variabilité cognitive intra varie de façon cyclique au cours du temps.
- ❑ La variabilité cognitive intra (une partie de) :
  - ➔ tend à être positivement reliée à l'apprentissage ultérieur,
  - ➔ est utile à l'analyse du changement (par ex., le modèle de développement des stratégies par « recouvrement en vagues »),
  - ➔ contribue à une meilleure compréhension des mécanismes de changement (par ex., l'idée de contraintes en cascades qui canalisent progressivement les états du système).

## La variabilité cognitive intra chez la personne âgée

- La variabilité cognitive intra est un marqueur de l'efficacité.

«Le processus de vieillissement cognitif peut être compris comme la diminution de la complexité du système par cristallisation progressive des degrés de liberté disponibles pour sa construction et par affaiblissement ou destruction graduelle des contraintes et de la force des couplages entre processus cognitifs et caractéristiques de la tâche» (Juhel, 2003, p. 298).



(Extrait de MacDonald, S., Nyberg, L., & Bäckman, L., 2006)

## *L'ambivalence de la variabilité intra-individuelle*

Variabilité intra-individuelle et apprentissage inter-essais : indiquer si le nombre placé au centre de l'écran est plus grand que la somme des deux nombres qui l'encadrent.

8 12 5

- ❑ Variabilité intra-individuelle **adaptative** lors de l'apprentissage (par ex., acquisition stratégique). Réduction de la variabilité intra avec l'amélioration de la performance.
- ❑ Variabilité intra-individuelle **inadaptative** en période asymptotique de fonctionnement (par ex., fatigue, fluctuations attentionnelles, etc.).
  - ➔ Les variations (provoquées ou non) de la variabilité intra-individuelle fournissent une information qui permet d'en réduire l'ambivalence.

## ***Implications méthodologiques : l'individu comme unité d'analyse***

- ❑ Certaines formes de variabilité intra-individuelles sont l'expression de dynamiques du fonctionnement cognitif qu'il n'est sans doute possible d'appréhender qu'à l'échelle de l'individu :
  - ➔ en prenant l'individu comme son propre témoin (plans N=1, séries temporelles, etc.) ;
  - ➔ en analysant le changement et la variabilité intra-individuelle à partir de l'étendue des observations effectuées chez l'individu.

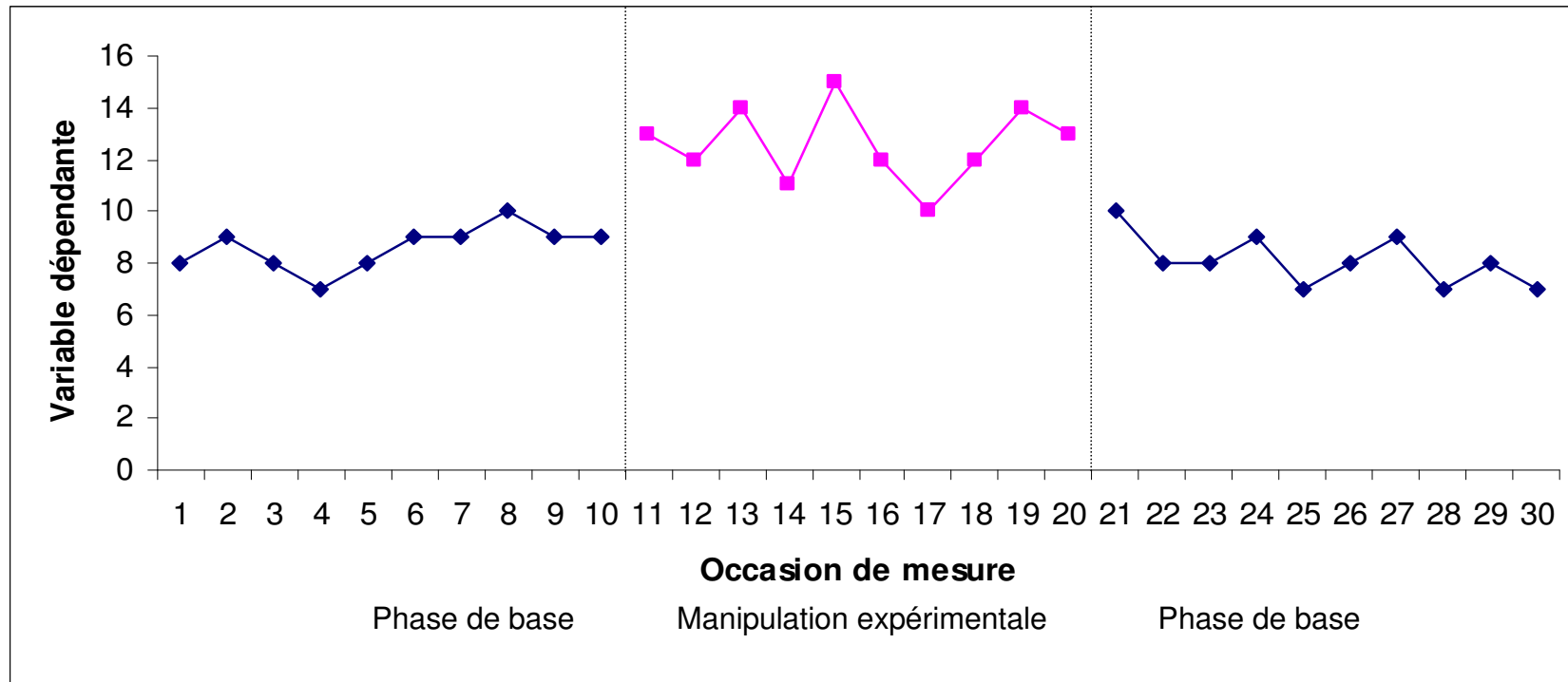
## ***Implications méthodologiques : l'individu comme unité d'analyse***

### Exemples de plan N = 1

<b>Type de plan</b>	<b>Représentation</b>	<b>Evaluation du niveau, de la variabilité et de la tendance</b>
<b>Intra-séries</b>	<b>Plans à phases</b> -simples (A/B: base/manipulation) -avec retrait (A/B/A, A/B/A/B) -complexes (A/B/C/B)	-pour chaque phase de la série de données; évaluation des changements associés à la VI en comparant les phases de la série.
<b>Inter-séries</b>	<b>Plans alternés</b>	-pour l'ensemble des observations qui correspondent aux conditions; comparaison des conditions entre elles (et à une phase de base éventuellement).
<b>Séries combinées</b>	<b>Plans à lignes de base multiples (entre sujets, entre comportements, entre situations)</b>	-comparaisons à la fois inter (entre séries de données) et intra (entre phases).

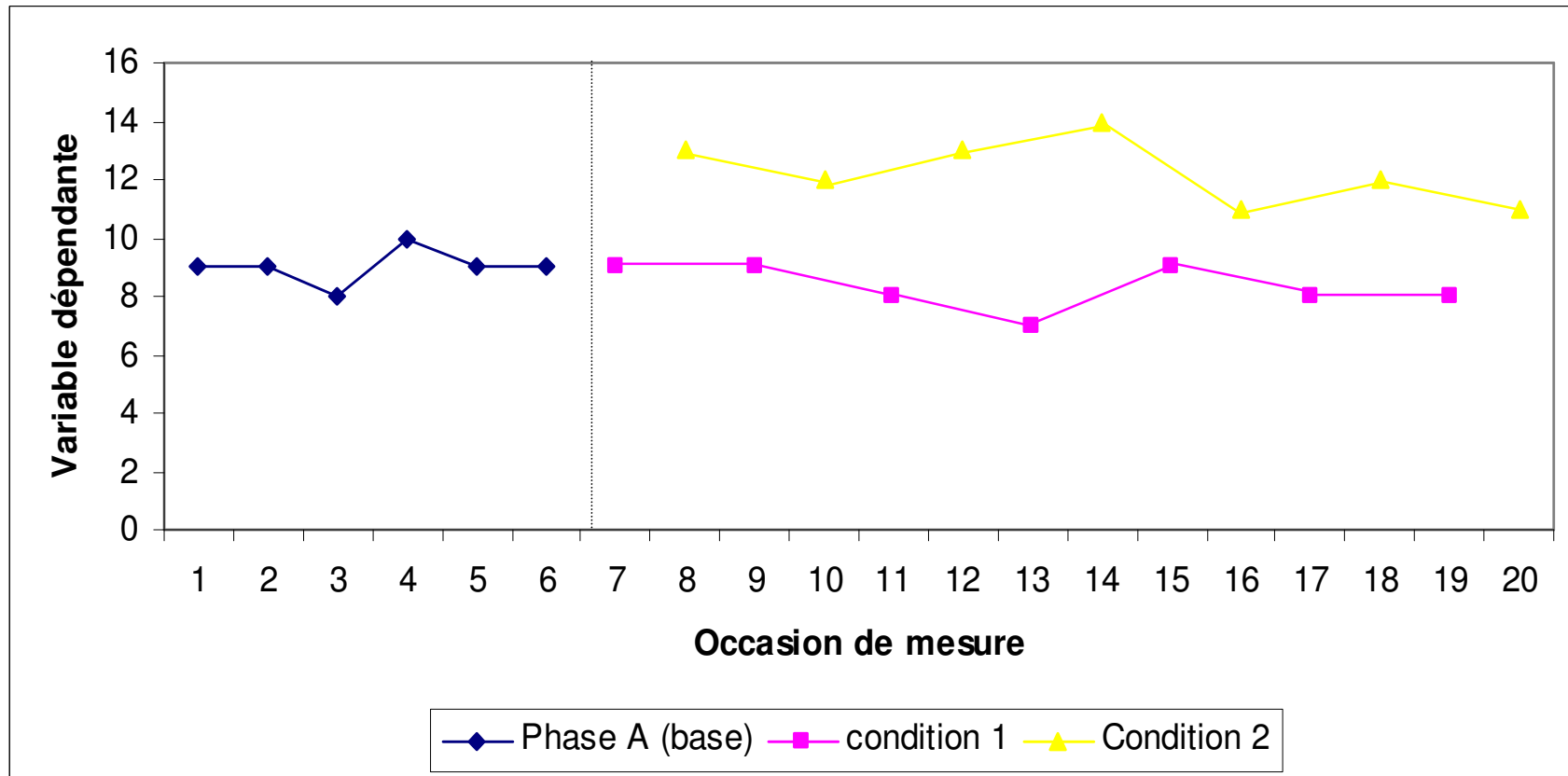
# Implications méthodologiques : l'individu comme unité d'analyse

## Plan avec retrait A/B/A



# Implications méthodologiques : l'individu comme unité d'analyse

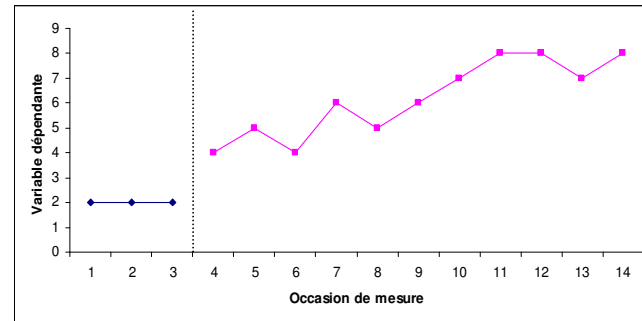
## Plan alterné (C1/C2) avec phase de base



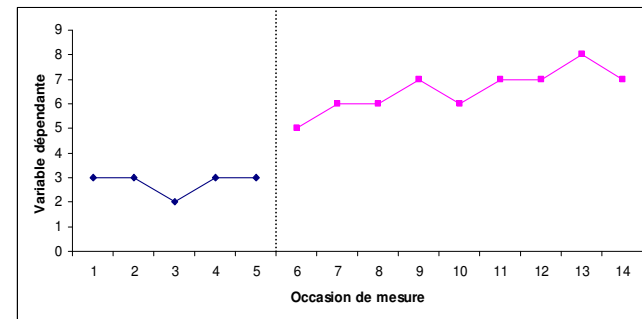


# Implications méthodologiques : l'individu comme unité d'analyse

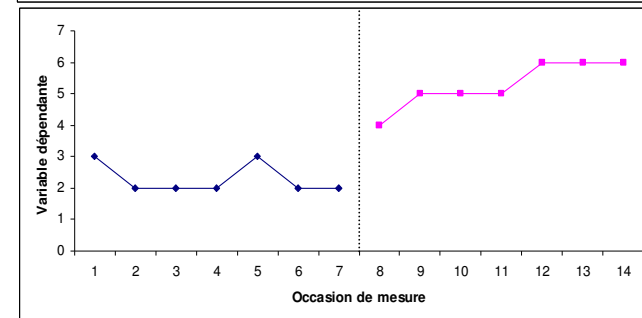
Plan à lignes de base multiples (A/B, entre tâches)



Tâche 3



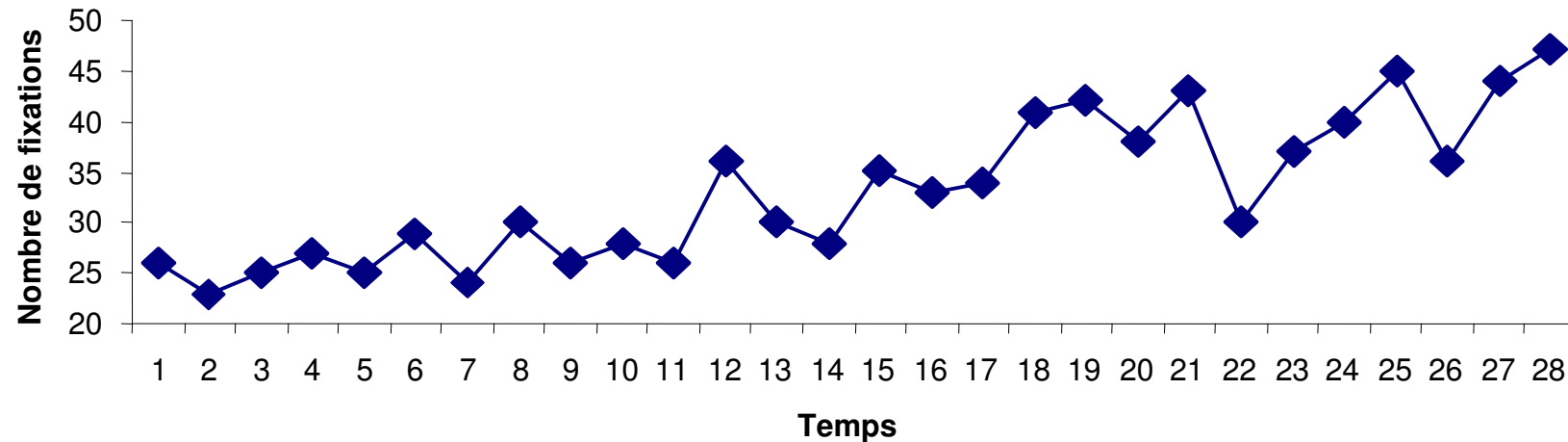
Tâche 2



Tâche 1

## Implications méthodologiques : l'individu comme unité d'analyse

### Série temporelle courte



Observations effectuées quotidiennement chez un nourrisson (de l'âge de 6 semaines à celui de 10 semaines) (Hunnius, Geuze, & van Geert, 2006).

## *L'individu comme unité d'analyse : limites et difficultés*

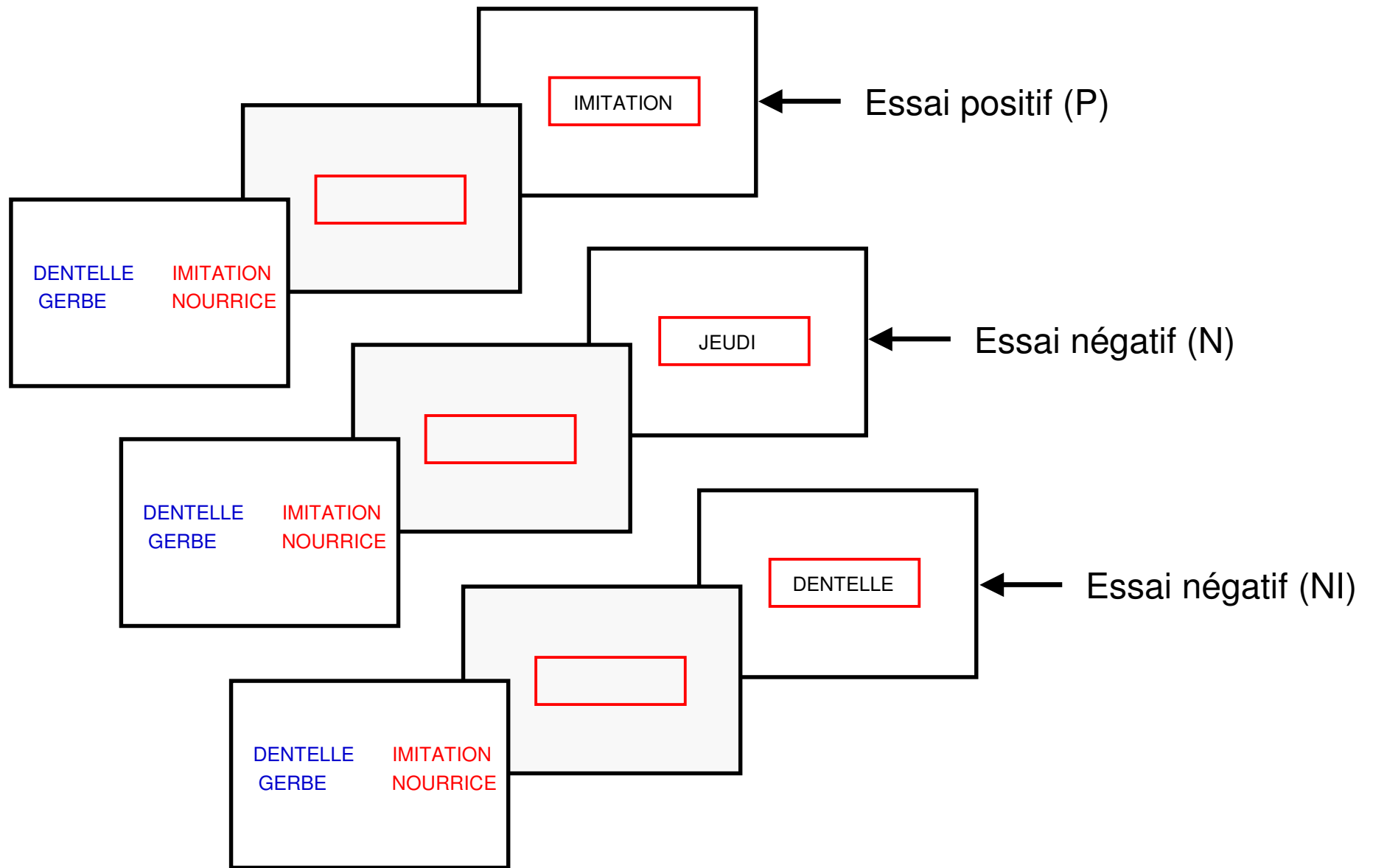
- ❑ A quelles conditions les lois qui paraissent organiser certaines de ces variations sont-elles généralisables ?
  - ➔ reproduction : la loi identifiée chez un individu l'est aussi chez des individus « ressemblants » ;
  - ➔ inférence : à partir du regroupement d'observations individuelles sur la base d'une légitimité éprouvée à le faire (par ex., lorsque les patterns de variabilité présentent un degré « suffisant » de ressemblance).
- ❑ Une approche :
  - ➔ vulnérable à certains biais méthodologiques (manque de contrôle dans l'affectation des mesures, difficulté à respecter le principe de randomisation, biais de régression vers la moyenne, etc.) ;
  - ➔ qui a [longtemps] « laissé un peu perplexe le psychologue informé en statistiques » (McNemar, 1940, p. 360).

## *Exemples de situations expérimentales*

Des recherches portant sur l'attention exécutive et la flexibilité cognitive caractérisées par :

- ❑ l'emploi d'un plan à mesures répétées (le plus proximal par rapport aux dynamiques du comportement) conduisant au recueil d'un vecteur d'observations individuelles;
  - ❑ le recours à une forme ou une autre de réplication (d'une séquence d'essais, de la tâche, sur plusieurs individus, etc.);
  - ❑ une ou plusieurs manipulations expérimentales.
- ➔ Analyse de l'impact des variables indépendantes sur le niveau et la variabilité intra-individuelle de la performance (chez la personne âgée, MCI, Alzheimer ou des patients schizophrènes).

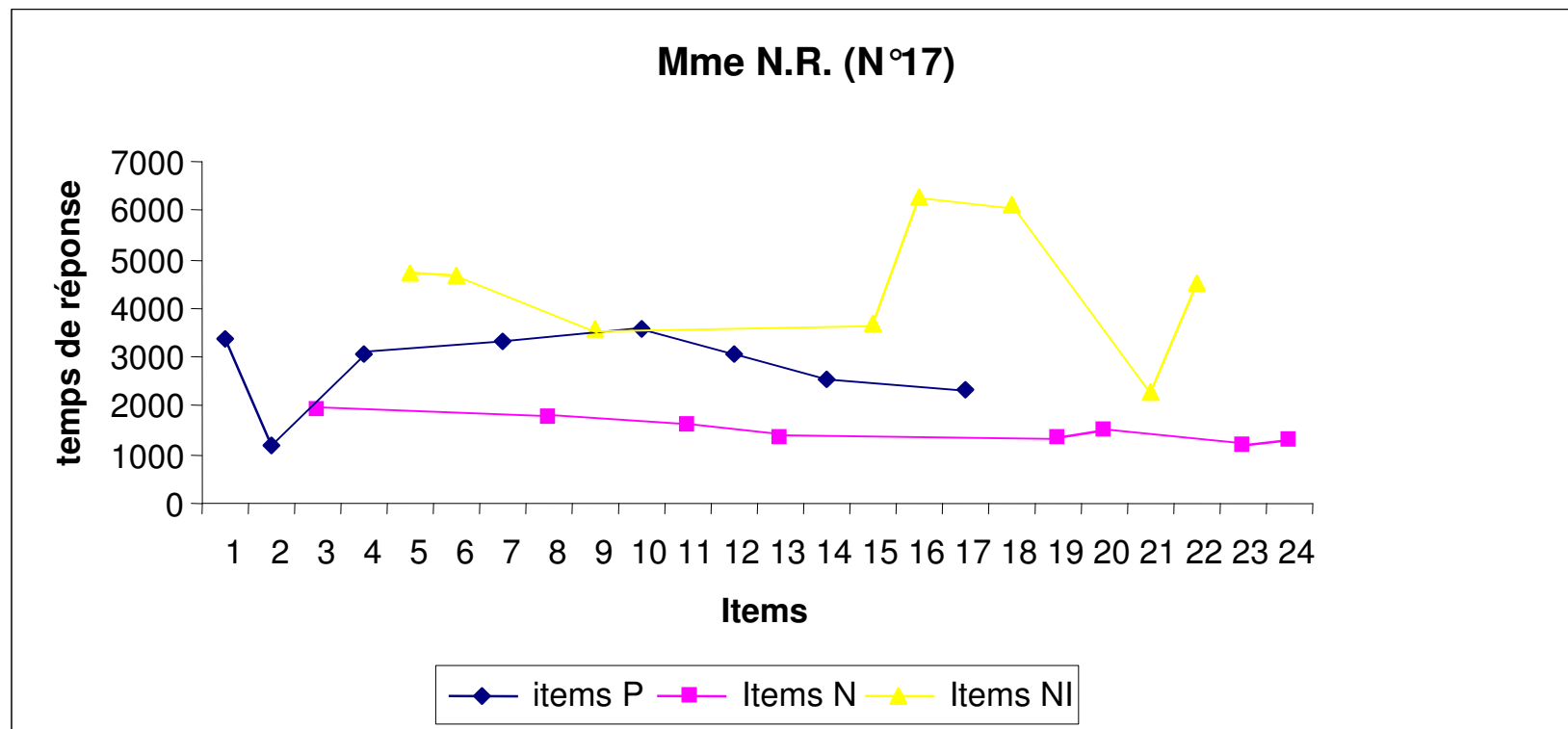
# Tâche de recherche indicée en mémoire



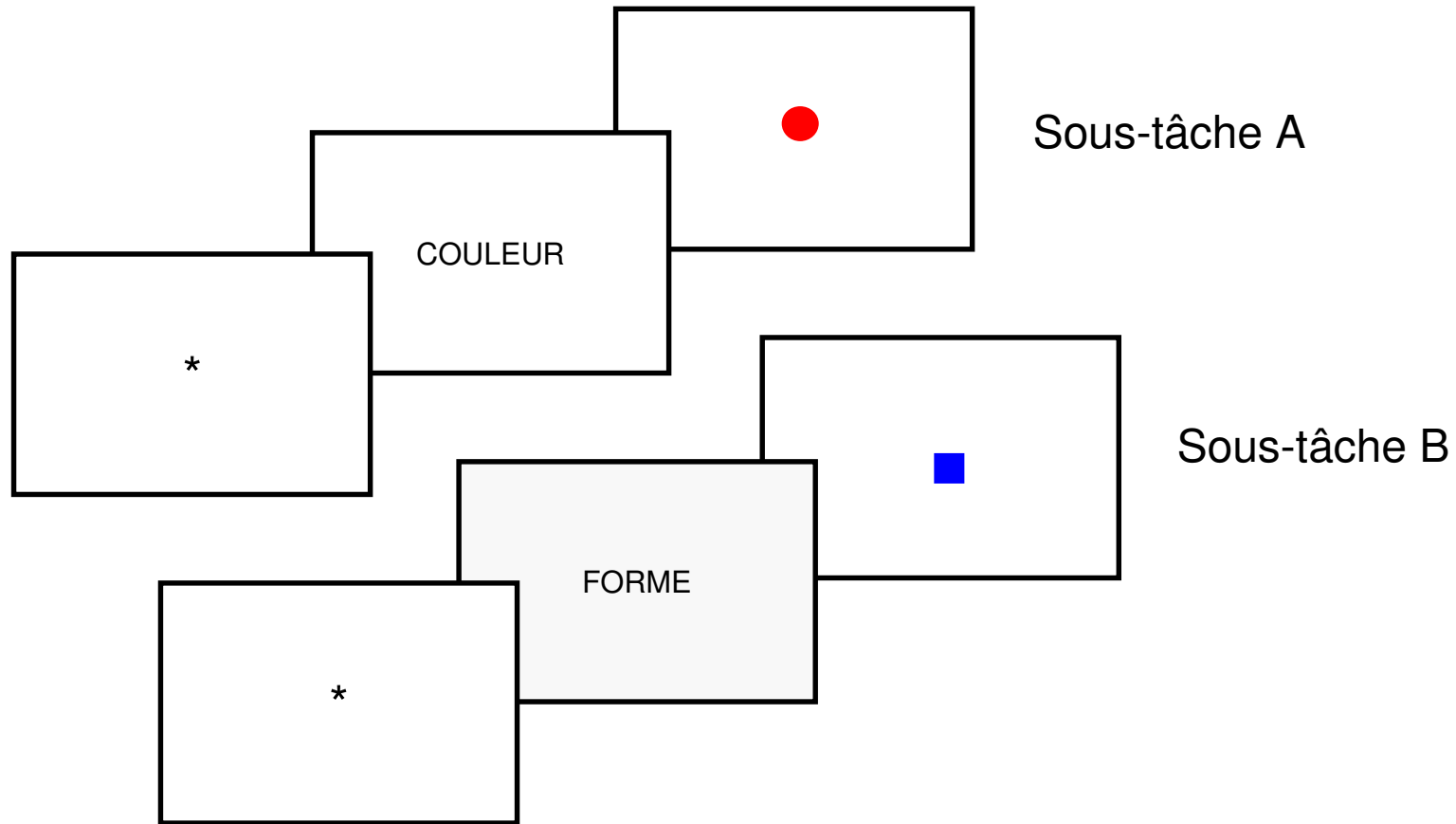
## Tâche de recherche indicée en mémoire

Observations effectuées chez M<sup>me</sup> N.R. (84 ans, MMSE = 27)

- ❑ La variabilité intra des latences aux items NI est-elle plus grande que celle aux items N?



# Tâche de commutation attentionnelle



Tâche de commutation : BAABBAABBAABBAABB.....AABB

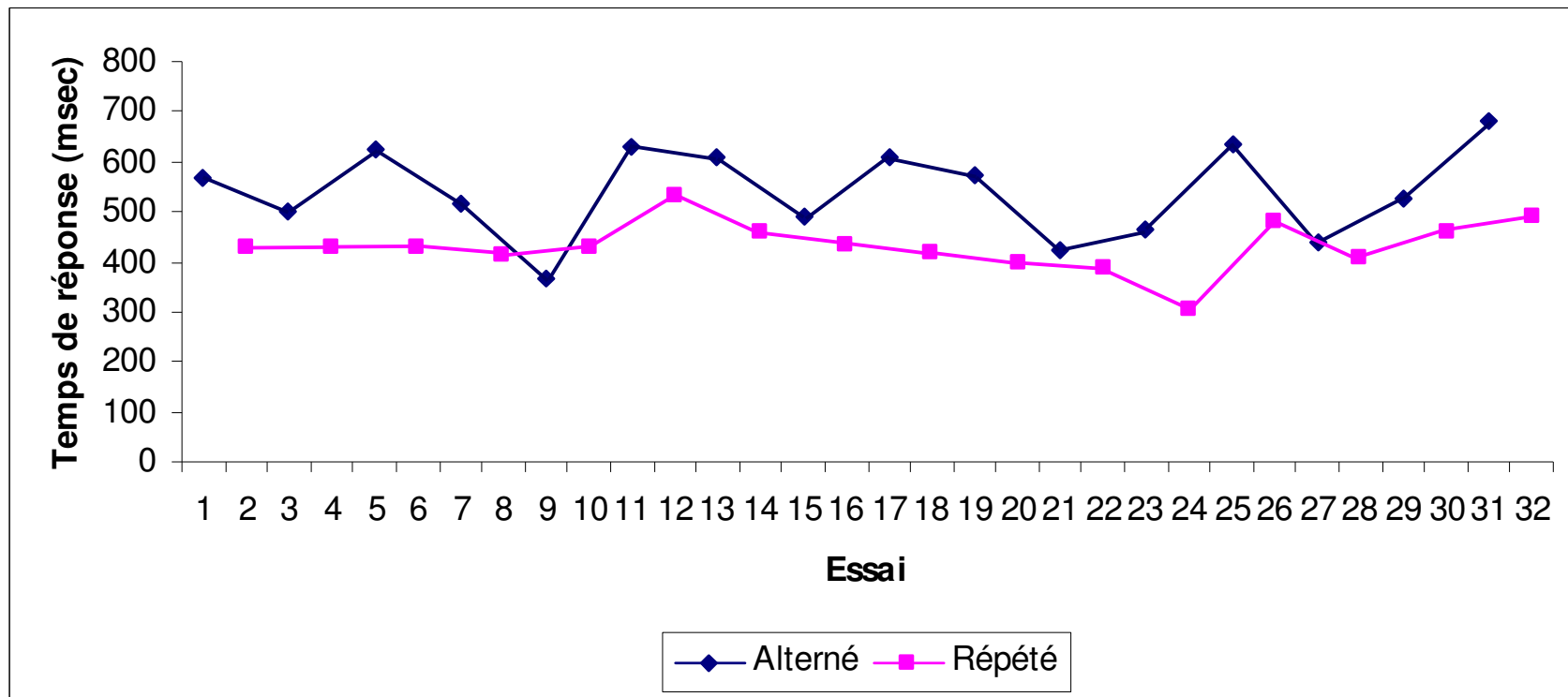
↑  
Bloc de 32 essais (16 A et 16B)  
↑

3 X à chaque occasion, plusieurs occasions

## Tâche de commutation attentionnelle

Observations effectuées chez Mr T.R. (76 ans)

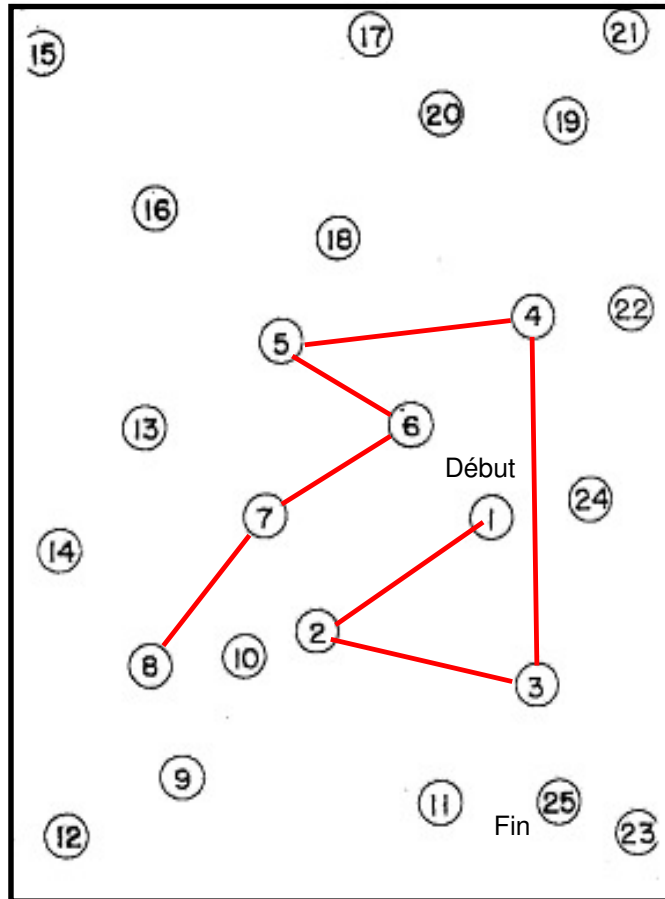
- ❑ La variabilité intra des latences des essais alternés est-elle plus importante que celle des essais répétés ? Y a-t-il une réduction de la variabilité intra avec l'entraînement ?



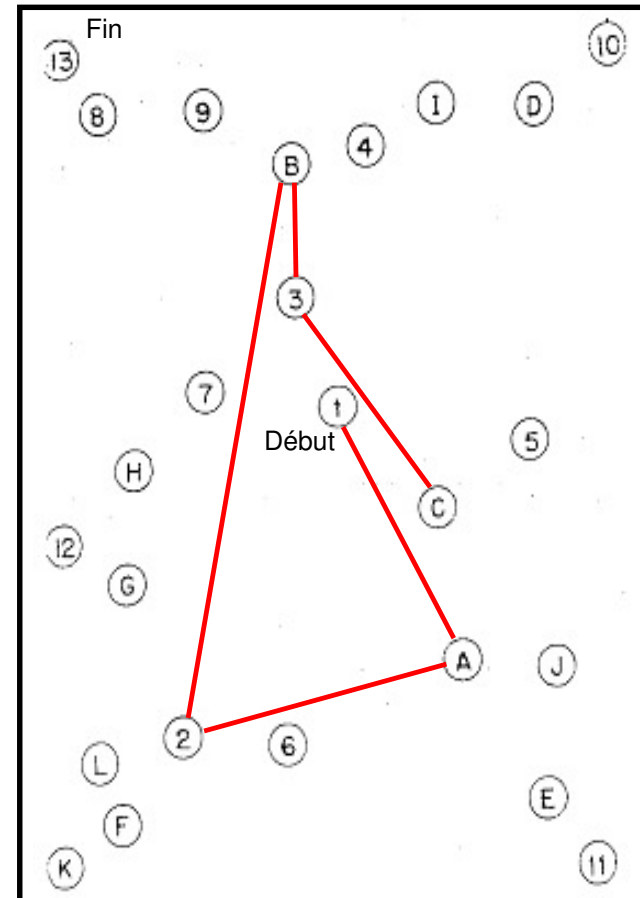


# Trail Making Test

TMT-A



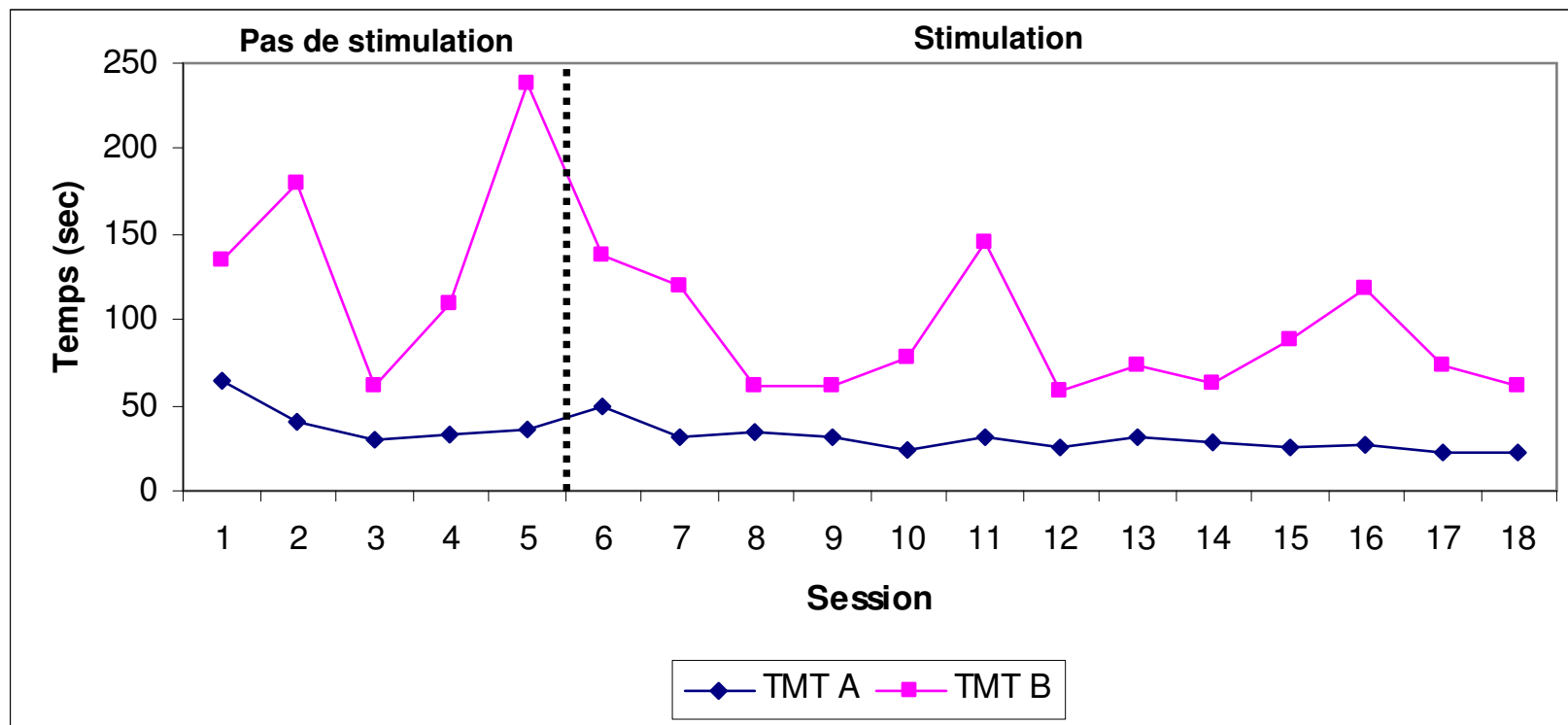
TMT-B



# Trail Making Test

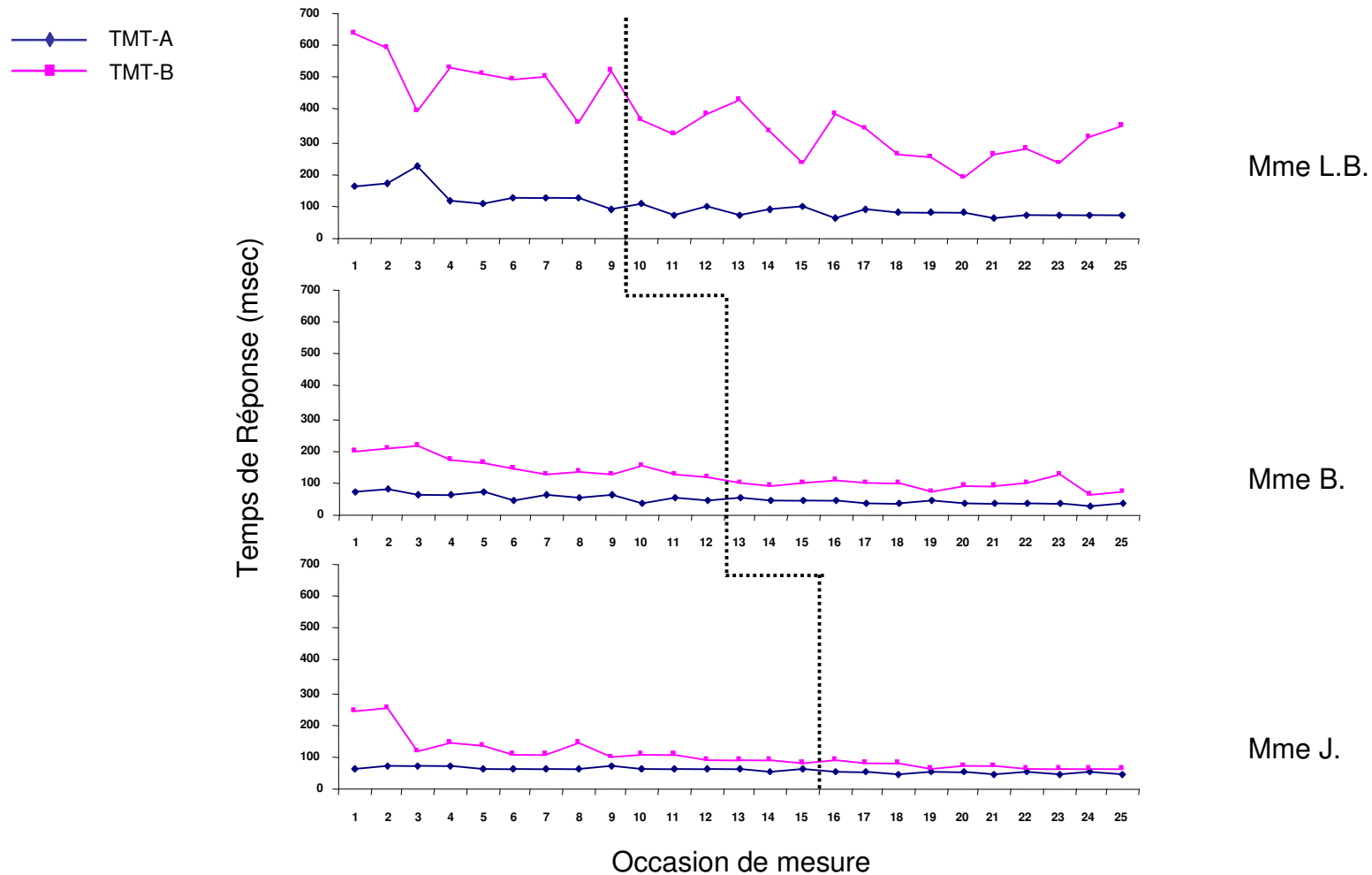
Observations effectuées chez M<sup>me</sup> J.J. (82 ans; MMSE = 20/30)

- Y a-t-il amélioration de la performance – réduction des latences et de la variabilité intra des latences – à la forme B du *Trail Making Test* ?



# Trail Making Test

Etude des effets d'un programme de stimulation cognitive : plan à lignes de base multiples (A/B, entre sujets)



## Comment mesurer la variabilité intra-individuelle ?

- ❑ L'écart-type intra-individuel ; inapproprié en présence d'effets d'apprentissage et d'entraînement.

- ❑ Le coefficient de variation :  $\frac{s_{x_i}}{m_{x_i}} \times 100$  ; pose problème pour des valeurs faibles.

- ❑ La racine carrée du carré moyen des différences successives :

$$\sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{i+1})^2}{n-1}}, \text{ n le nombre total d'essais.}$$

- ❑ L'indice résiduel intra-individuel (IRI) : a) redressement de la série par régression; b) calcul du RMSR :

$$\sqrt{\frac{\sum (x_i - \hat{x}_i)^2}{n}}, \text{ n le nombre total d'essais.}$$

- ❑ Des indices mobiles : écart-type mobile, taux de changement, etc.

## Quelles méthodes d'analyse employer ?

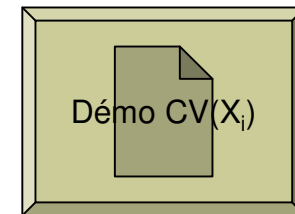
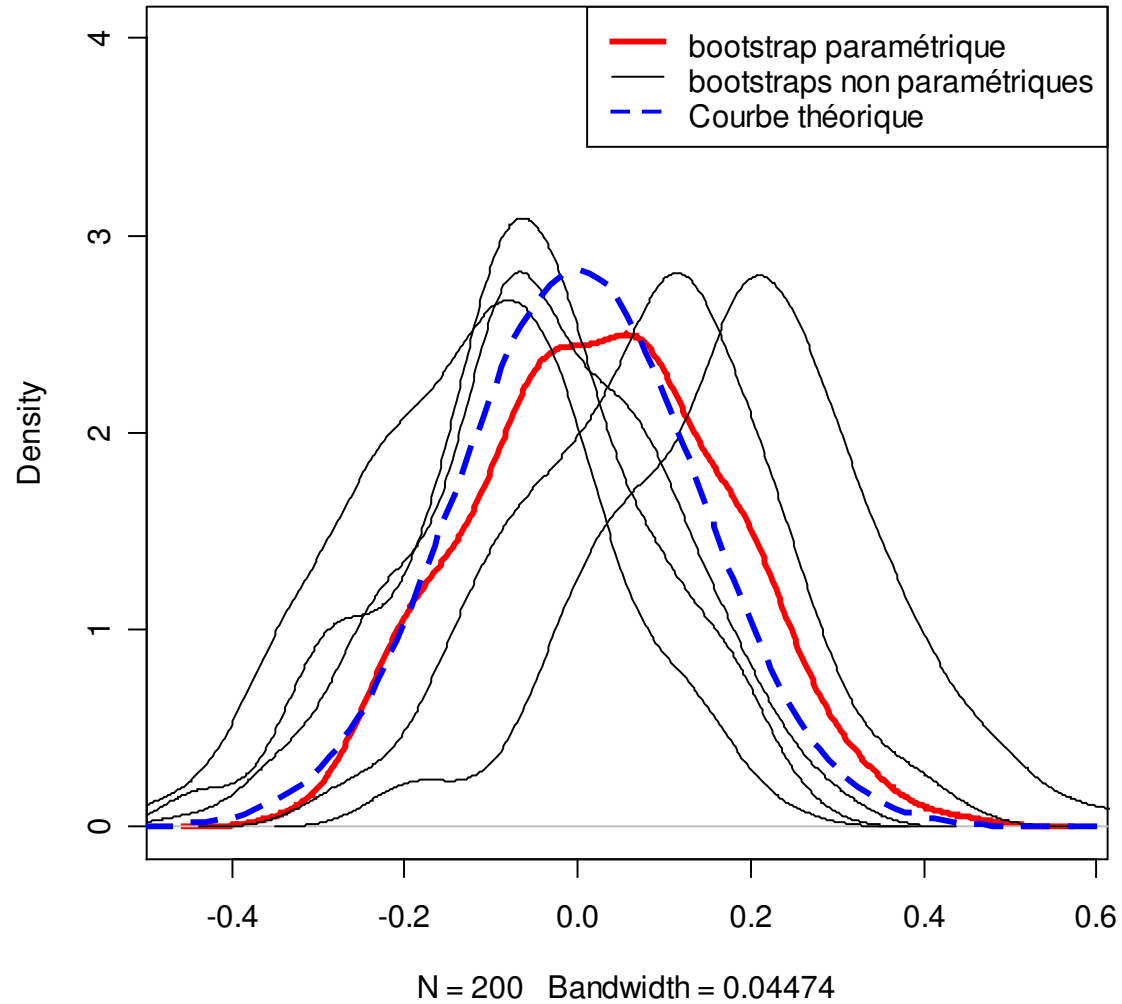
### □ Les techniques de ré-échantillonnage.

Soit un échantillon de  $n$  observations  $x_1, x_2, \dots, x_n$  d'une distribution d'échantillonnage inconnue.

Ré-échantillonner, c'est construire  $m$  échantillons de  $p \leq n$  observations par :

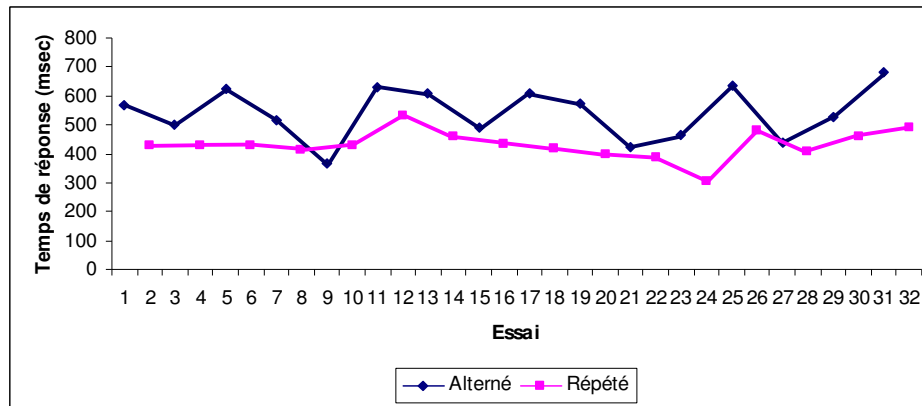
- tirage aléatoire **avec remise** (bootstrap) ; pour quantifier l'incertitude attachée à l'estimation des indices précédents (et de bien d'autres) sans faire l'hypothèse de distributions théoriques !
- tirage aléatoire **sans remise** (shuffling), tests de permutation ou de randomisation ; pour tester une hypothèse statistique lorsque les conditions d'application d'un test ne sont pas respectées.

# Le bootstrap

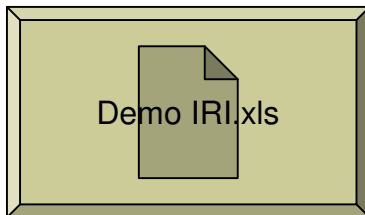


# Le bootstrap

## ❑ Tâche de commutation attentionnelle (Mr T.R., 76 ans)



IRI_alterné	IRI_répété
86,69	48,91



	Mean	Variance
Diff_IRI	35,629	258,6

Intervalle centile  
Bootstrap (95%)

<b>5,08</b>	<b>66,87</b>
-------------	--------------

- ❑ La variabilité intra des latences des essais alternés est significativement plus importante que celle des essais répétés.

## ***Les tests de randomisation***

- ❑ Tests basés sur les ré-arrangements aléatoires (des permutations) des occasions de mesure sur les conditions expérimentales.
  - ➔ Principe : randomiser un aspect du plan en sélectionnant aléatoirement un ré-arrangement parmi toutes les permutations théoriquement possibles.
  - ➔ La statistique étudiée (par ex., une différence de coefficients de variation, de pentes) est calculée pour toutes les permutations possibles obtenues par la procédure de randomisation. Elle est calculée sur un échantillon aléatoire de permutations si celles-ci sont en très grand nombre (test de randomisation Monte-Carlo).
  - ➔ Les valeurs de cette statistique sont ensuite triées par ordre croissant. La significativité du résultat observé est obtenue en localisant celui-ci dans la distribution de randomisation.

NB - La plus petite valeur de  $p$  pouvant être obtenue avec un test statistique basé sur un schème de randomisation est l'inverse du nombre de permutations possibles.

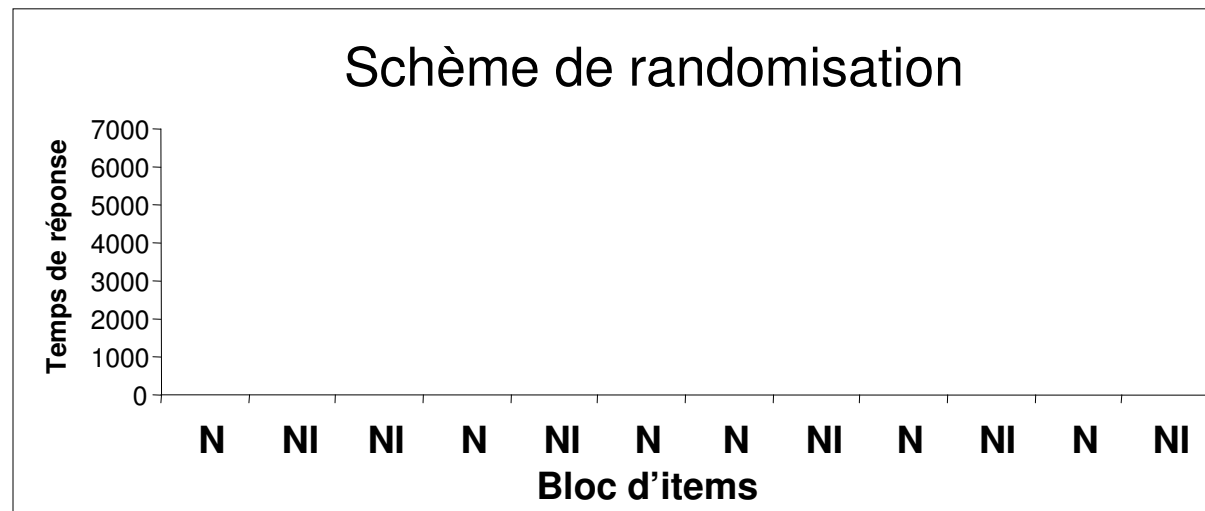


## Les tests de randomisation

### □ Tâche de recherche indicée en mémoire :

Plan alterné à 2 conditions :

12 blocs d'items (6 N, 6 NI) soit  $\binom{12}{6} = \frac{12!}{6!(12-6)!} = 924$  combinaisons possibles sans répétition.

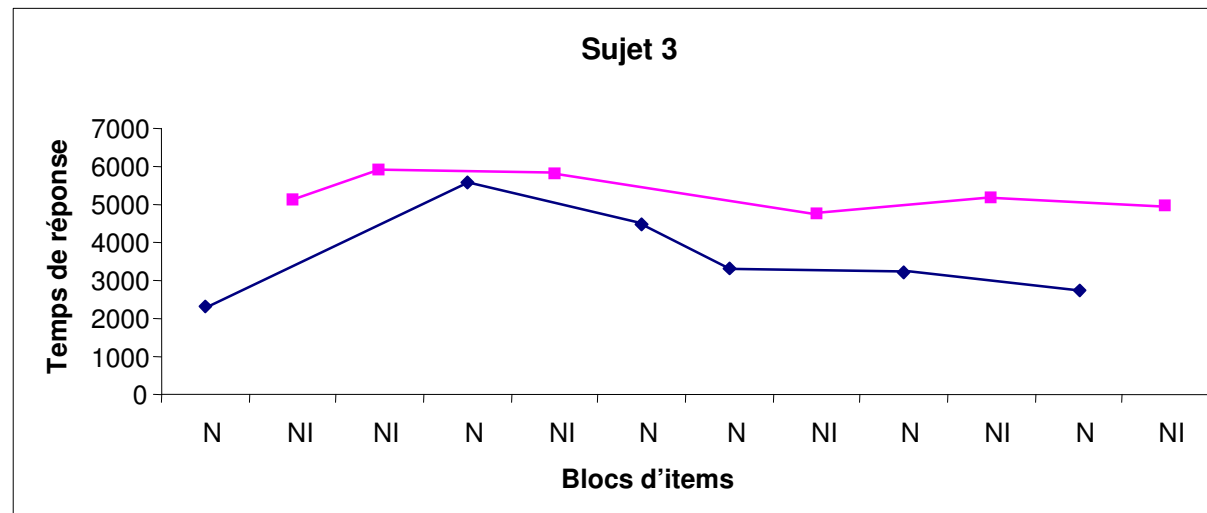


Programme SCRT (Van Damme et Onghena, 1993, 2007)

## Les tests de randomisation

### ❑ Tâche de recherche indicée en mémoire :

Plan alterné à 2 conditions :



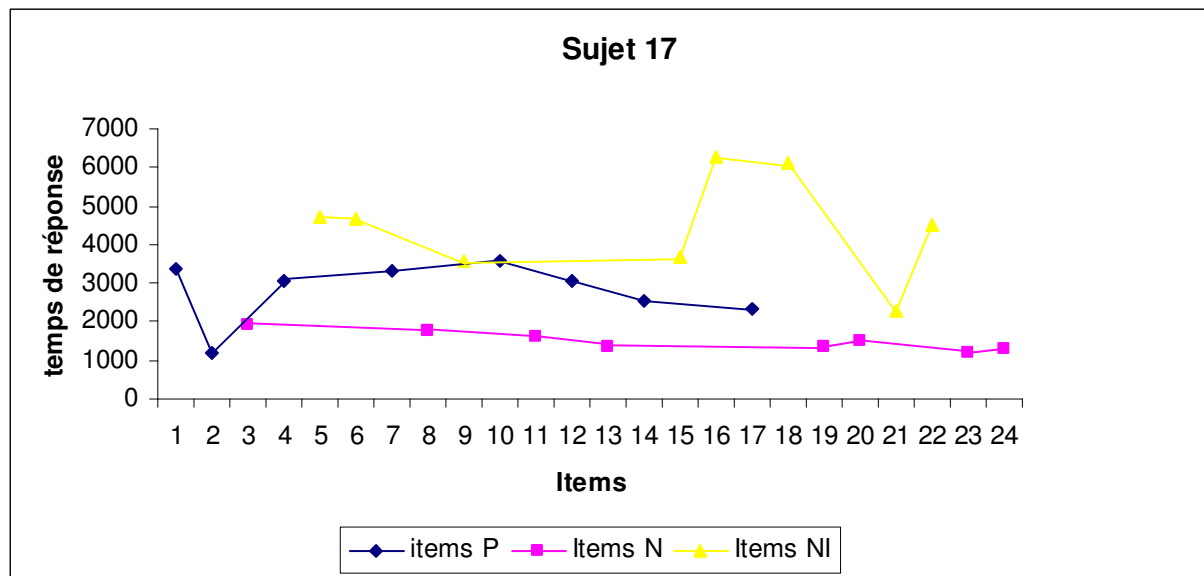
- Statistique :  $\bar{NI} - \bar{N} = 1676$
- Comparaison de cette différence avec les 923 autres possibles;
- 8 randomisations pour lesquelles  $\bar{NI} - \bar{N} > 1676$

$$P(\bar{NI} - \bar{N} \geq 1676) = .0087$$

## Les tests de randomisation

### ❑ Tâche de recherche indicée en mémoire :

Plan alterné, 24 items (8 P, 8 N, 8 NI) soit  $\binom{24}{8} = \frac{24!}{8!(16)!} = 9\,465\,511\,770$  combinaisons possibles sans répétition.



Comparaisons sur 1000  
randomisations (Monte-  
Carlo)

$$P(\bar{P} - \bar{N} \geq 1310) = .046$$

$$P(\bar{NI} - \bar{N} \geq 2987) = .001$$

$$P(\bar{NI} - \bar{P} \geq 1676) = .011$$

## ***Les tests de randomisation***

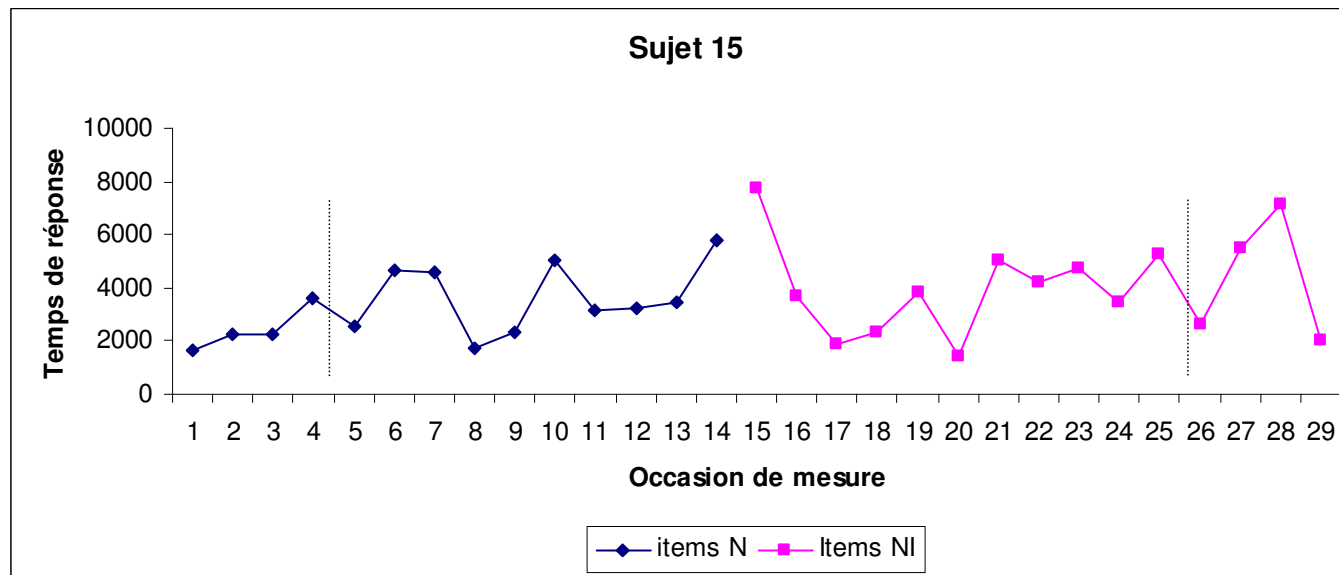
### Plans à phases

La randomisation ne peut pas être appliquée à l'ordre des conditions expérimentales car la succession des phases est fixée. Une manière de procéder consiste à déterminer aléatoirement le moment du changement de phase et à définir un nombre minimum d'occasions de mesure dans chaque phase (Onghena, 1992).

## Les tests de randomisation

### ❑ Tâche de recherche indicée en mémoire

14 items répétés négatifs (N) *versus* 15 items répétés négatifs-intrusifs (NI).



Calcul avec 4 occasions de mesure par phase (i.e. 22 randomisations) :

$$P(\bar{NI} - \bar{N} \geq 754) = .73$$

## L'analyse d'intervention en séries temporelles

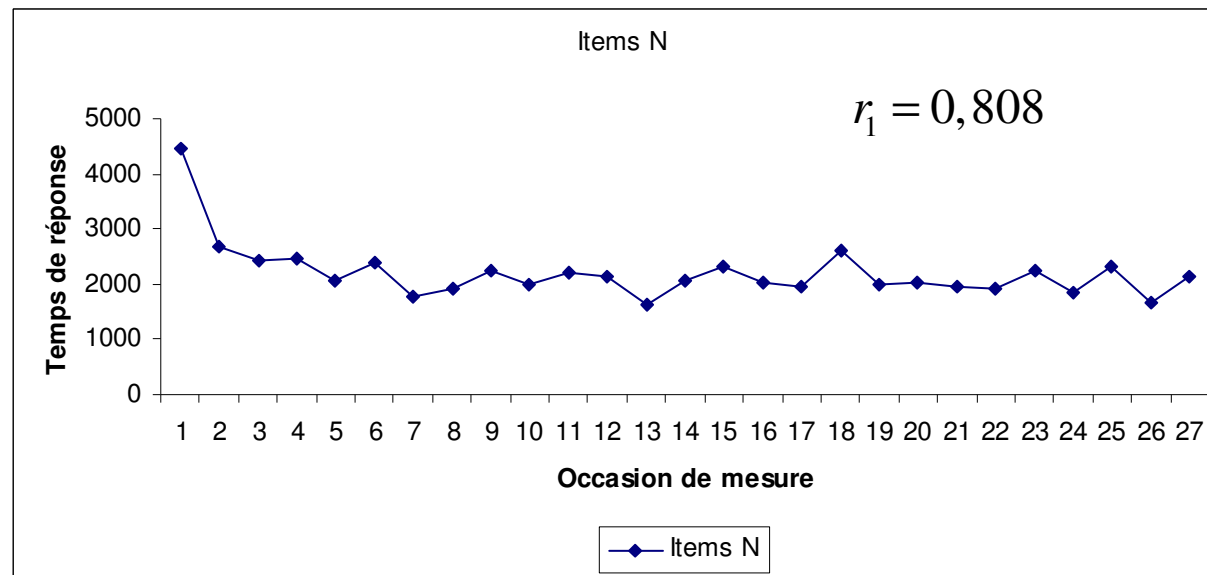
- ❑ Plans quasi-expérimentaux de séries chronologiques interrompues (A/B) avec un faible (<50) nombre d'occasions de mesure (inadaptation des modèles conventionnels ARIMA) :
  - ➔ approche non paramétrique : la **statistique C** (permet de vérifier si le comportement d'une série est aléatoire mais n'apporte pas de réponse au problème de l'autocorrélation des données).
  - ➔ approche paramétrique : la méthode du **double bootstrap** (Knight et al., 2000) (modèle linéaire autorégressif avec erreurs autocorrélées).

Méthode	Nombre minimal d'observations	Données auto-corrélées	Type d'analyse
Statistique C	16	non	Analyse d'intervention : A/B, A/B/A
Séries temporelles interrompues	20	oui	Analyse d'intervention : A/B

## L'analyse d'intervention en séries temporelles

### □ La dépendance sérielle des observations.

Lorsque les observations successives d'une série temporelle discrète ou d'un processus sont corrélées (les erreurs de mesure associées aux données à une occasion sont des prédicteurs des erreurs associées aux données à d'autres occasions), l'emploi de statistiques basées sur l'hypothèse d'indépendance des mesures augmente le risque d'erreurs de 1ère espèce.



## *L'analyse d'intervention en séries temporelles : la statistique C*

### □ **La statistique C** de Young (Tryon, 1982)

Hypothèse de données aléatoires.

$$C = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (x_t - x_{t+1})^2}{2 \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}$$

La valeur de  $C$  est proche de 0 si les variations de la série sont aléatoires. La distribution du rapport entre  $C$  et son erreur-type définie par :

$$s_C = \sqrt{\frac{n+2}{(n-1)(n+1)}}$$

est normale centrée réduite.

NB - il est préconisé d'avoir au moins 8 occasions de mesure par phase pour utiliser la statistique  $C$  (Arnau et Bono, 1988).



### □ Étapes dans l'utilisation de la statistique C

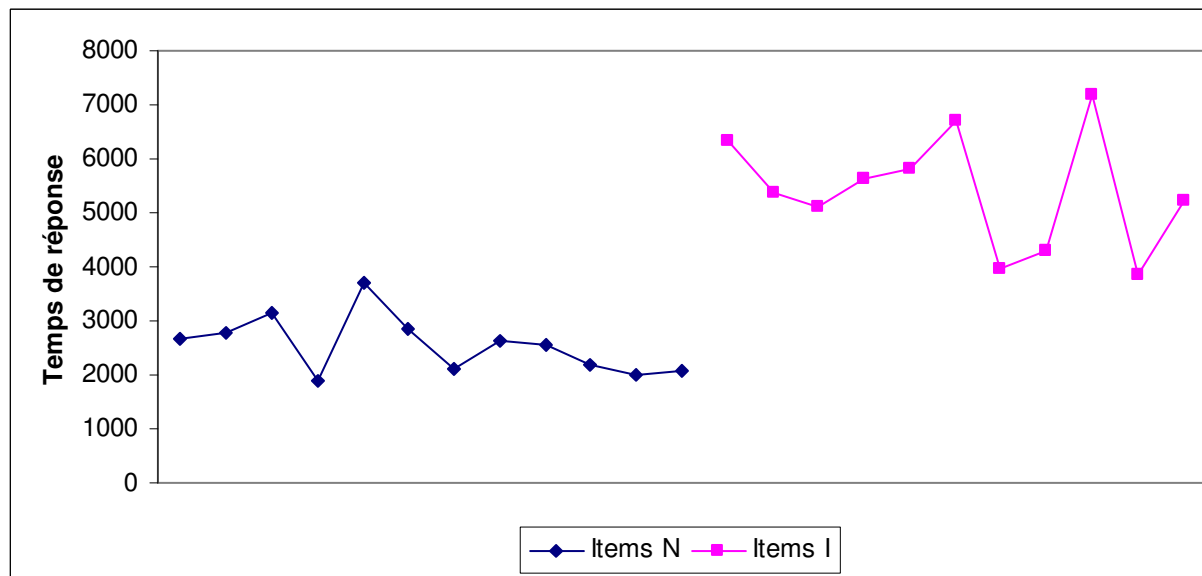
Dans un plan A/B par exemple :

- ➔ Calcul de  $C$  sur les données de la phase A et test de l'hypothèse d'absence de tendance ;
- ➔ Sous hypothèse d'absence de tendance, calcul de  $C$  sur l'ensemble des observations effectuées (A et B) et test de tendance nulle.
- ➔ Si rejet de l'hypothèse d'absence de tendance, ajustement des données de la phase de base par régression puis calcul de  $C$  sur l'ensemble des valeurs ajustées (A et B) et test de tendance nulle.

## L'analyse d'intervention en séries temporelles : la statistique C

### ❑ Tâche de recherche indicée en mémoire

Items répétés négatifs (N) vs items répétés négatifs-intrusifs (NI)



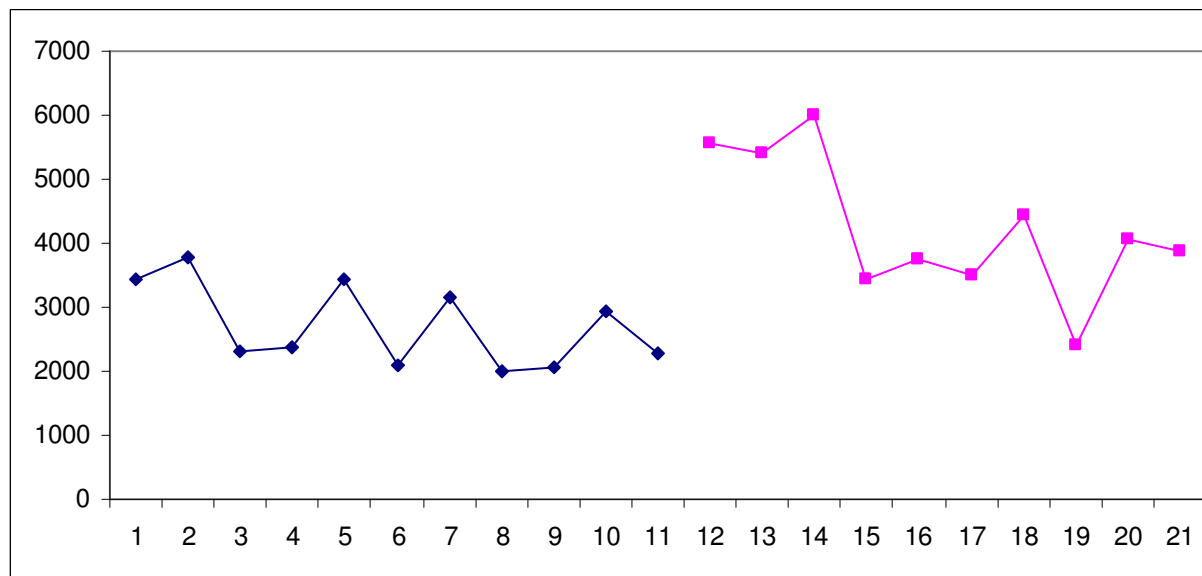
Phase A (items N) :  $C = -0,15$ ;  $s_C = 0,26$ ;  $p = .34$

Phases A+B (items N et NI) :  $C = 0,53$ ;  $s_C = 0,20$ ;  $p = .01$

## L'analyse d'intervention en séries temporelles : la statistique C

### □ Tâche de recherche indicée en mémoire

Items répétés négatifs (N) vs items répétés négatifs-intrusifs (NI)



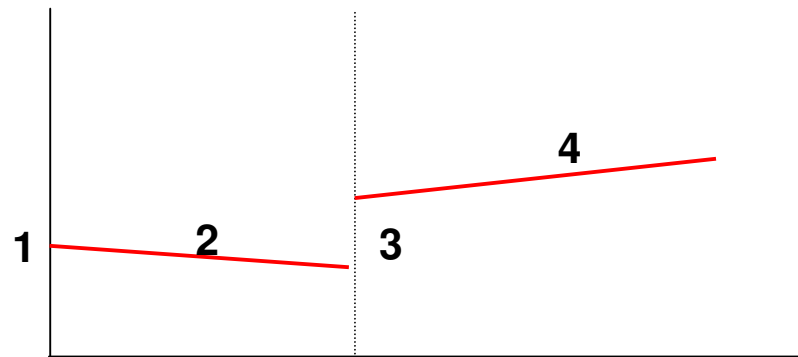
Phase A (items N) :  $C = -0,09$ ;  $s_C = 0,27$ ;  $p = .393$

Phases A+B (items N et NI) :  $C = 0,37$ ;  $s_C = 0,21$ ;  $p = .076$

## L'analyse d'intervention en séries temporelles : approche paramétrique

- Le comportement d'une série temporelle est déterminé par plusieurs sources de variation :

→ des effets **structuraux** :



- 1) le niveau de base;
- 2) l'effet du temps ;
- 3) l'effet de niveau lié à l'intervention ;
- 4) l'effet de pente suite à l'intervention.

→ des effets **stochastiques** : auto-régression ( $y_t$  dépend de  $y_{t-k}$ ),  
moyenne mobile ( $e_t$  dépend de  $e_{t-k}$ )

## L'analyse d'intervention en séries temporelles : approche paramétrique

- Le modèle d'analyse de régression (A/B) (McKnight et al., 2000) :

$$y_t = \beta_t x + u_t, \quad t = 1, \dots, N$$

$$y_t = \beta_0 \times \text{intercept} + \beta_1 \times \text{temps} + \beta_2 \times \text{niveau} + \beta_3 \times \text{pente} + \text{erreur}$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & n_1 & 0 & 0 \\ 1 & n_1 + 1 & 1 & 0 \\ 1 & n_1 + 2 & 1 & 1 \\ 1 & n_1 + 3 & 1 & 2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & n_1 + n_2 & 1 & n_2 - 1 \end{bmatrix}$$

## *L'analyse d'intervention en séries temporelles : approche paramétrique*

- Le modèle d'analyse de régression (A/B) (McKnight et al., 2000) :

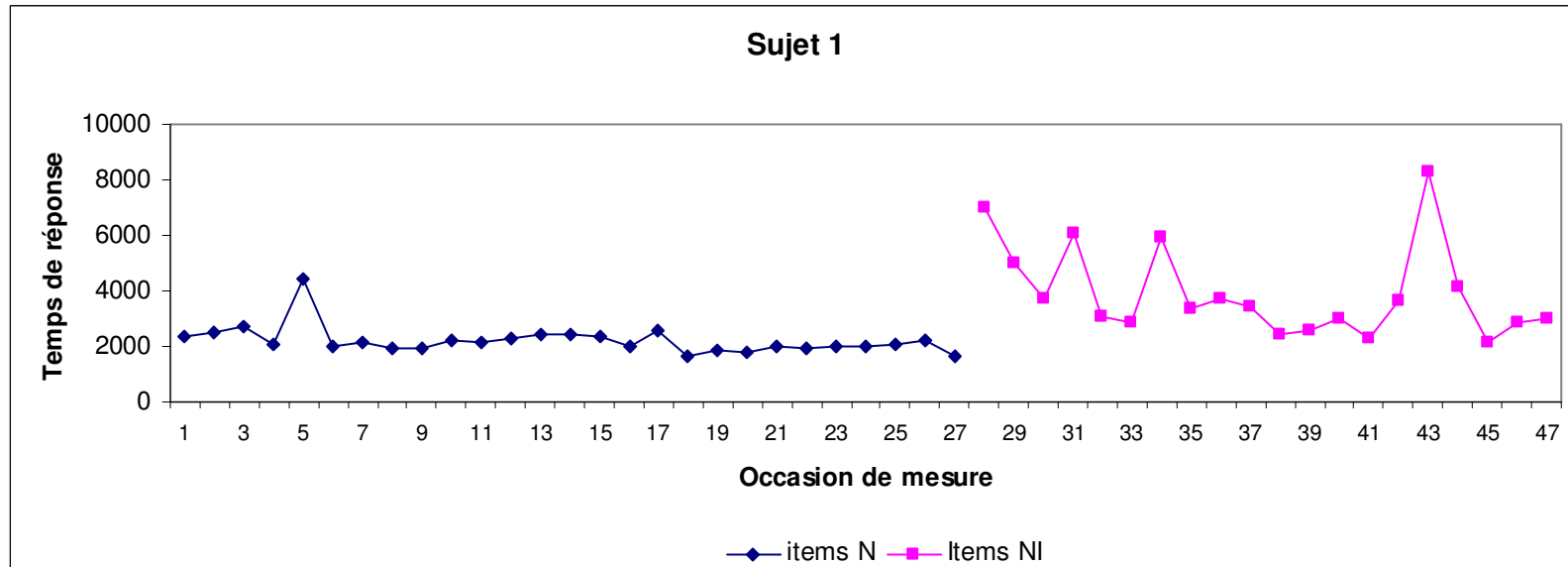
Le terme d'erreur  $u_t$  suit une série autorégressive stationnaire (variance stable dans la série) de rang  $k$ . Les erreurs  $e_t$  sont indépendantes et distribuées normalement.

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_k u_{t-k} + e_t$$

L'estimation des coefficients de régression (4 dans le plan A/B) et de ceux d'autorégression (généralement  $\rho_1$  seulement) s'effectue en deux étapes avec emploi d'une procédure de bootstrap à chaque étape.

# L'analyse d'intervention en séries temporelles : approche paramétrique

**Illustration :** <http://www.stat.wmich.edu/cgi-bin/slab/timeseries.cgi>



## Parameter Estimates and Test that parameter is zero

Parameter	Estimate	t-ratio	p-value
Beta 0	2668,37	4,650	0,000
Beta 1	-33,85	-0,989	0,328
Beta 2	3210,57	4,333	0,000
Beta 3	-70,17	-1,063	0,294

AR 1	0,145
------	-------



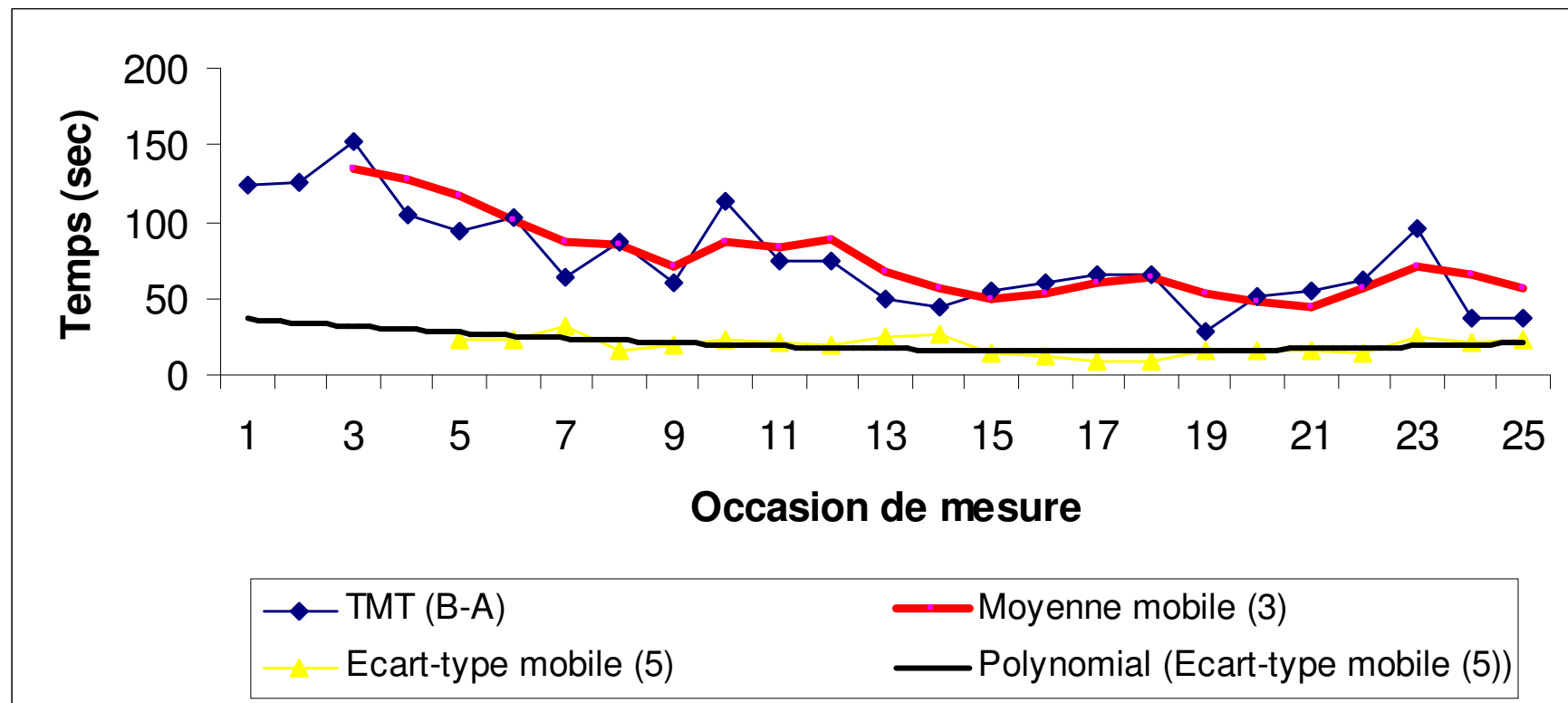
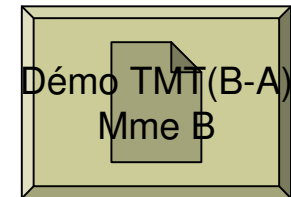
## ***La description simultanée de la tendance et de la variabilité intra***

- Ensemble de techniques exploratoires (*fuzzy sets*) visant à identifier les moments d'accroissement de variabilité du système (van Geert & van Dijk, 2002; van Dijk & van Geert, 2007).
  - ➔ maximums et minimums mobiles,
  - ➔ lignes d'altitude,
  - ➔ méthode maxprog-minreg,
  - ➔ méthode du moment critique
  - ➔ analyse de la distribution des fluctuations, etc.



## La description simultanée de la tendance et de la variabilité intra

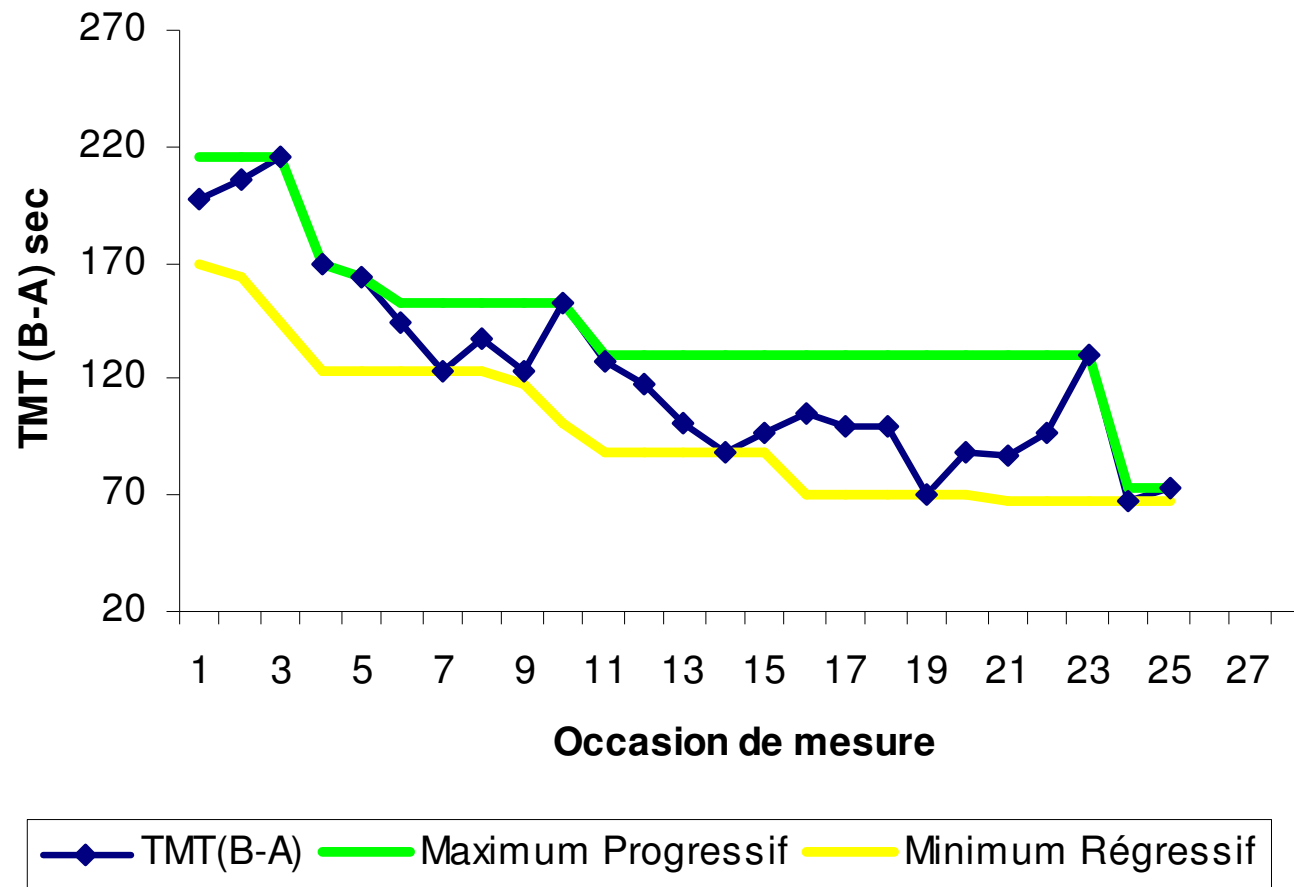
- Evolution de la performance au TMT (B-A) : Mme B.  
Elimination de la variabilité avec les techniques de lissage.



## La description simultanée de la tendance et de la variabilité intra

- Evolution de la performance au TMT (B-A) : Mme B.  
« Enveloppe » de la trajectoire.

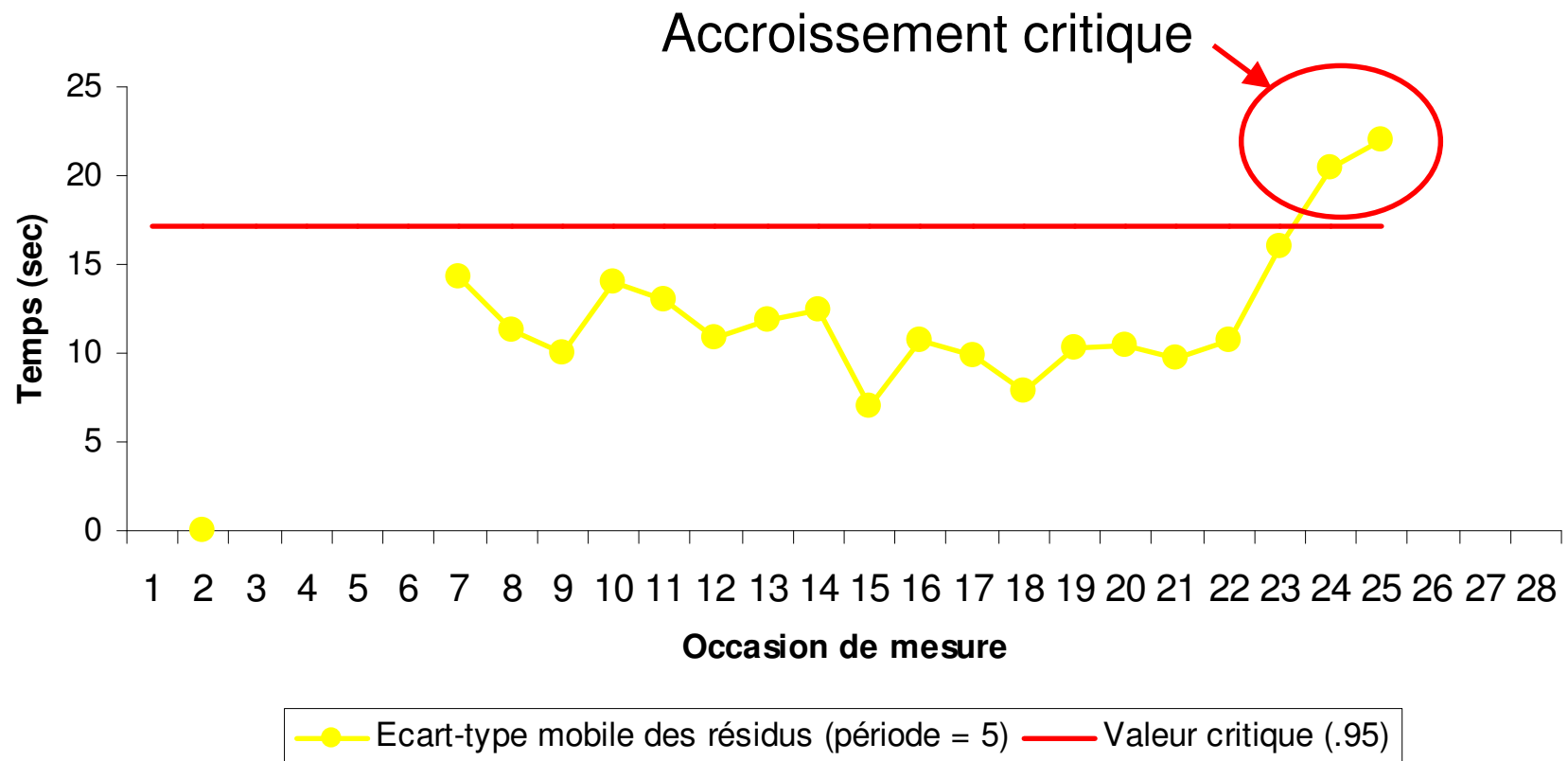
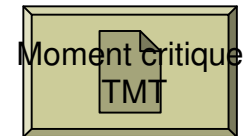
Maxprog  
Minreg  
TMT (B-A)  
Mme B.



## La description simultanée de la tendance et de la variabilité intra

□ Evolution de la performance au TMT (B-A) : Mme B.

Ecart-type mobile des résidus (période = 5).



## *En guise de conclusion*

- ❑ Employées à bon escient, les méthodes et techniques dont on vient brièvement d'illustrer l'emploi offrent de réelles opportunités dans **l'analyse à l'échelle de l'individu de la variabilité intra-individuelle**.

Elles permettent :

- ❑ dans le cadre d'une approche **expérimentale**,
  - ➔ d'étudier les effets de la manipulation sur le niveau et la variabilité intra de la performance,
  - ➔ de délimiter la largeur du champ d'application de lois générales dont les prédictions sont contredites par les observations effectuées chez certains individus,
  - ➔ d'identifier certaines sources, variables au cours du temps, des différences individuelles dans la variabilité intra-individuelle;
- ❑ de manière plus **exploratoire**,
  - ➔ de décrire le changement pendant qu'il se produit,
  - ➔ de mettre en évidence des périodes d'accroissement ou de diminution de la variabilité intra-individuelle.