

# Les plans évolutifs

- Plan par attributs (*attribute sampling*)
- Plan progressif ou adaptatif  
(*sequential, adaptive sampling*)
- Plan « boule de neige » (*snow ball sampling*)

Le plan **progressif** (**adaptive sampling** en anglais) est un **plan qui modifie sa stratégie d'échantillonnage** en fonction des résultats observés.

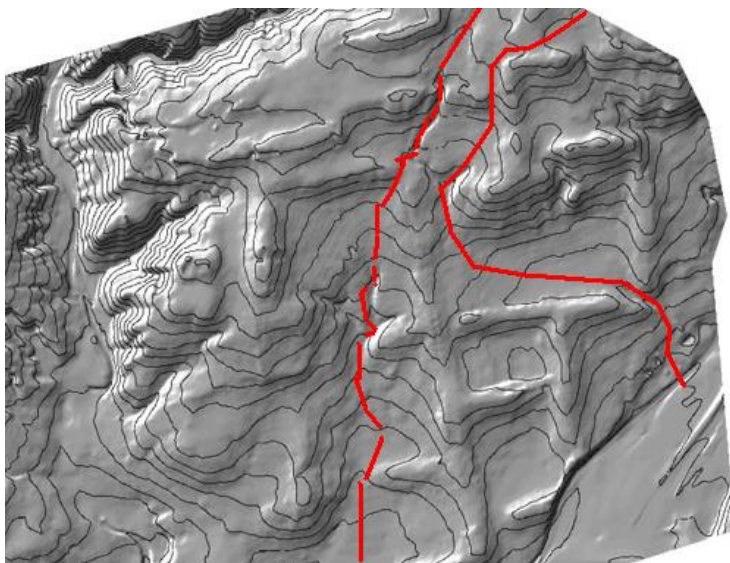
Remarque : l'algorithme qui permet de réaliser un tel plan doit être déterminé avant la réalisation de l'échantillonnage

*Il ne doit pas y avoir un apport extérieur.*

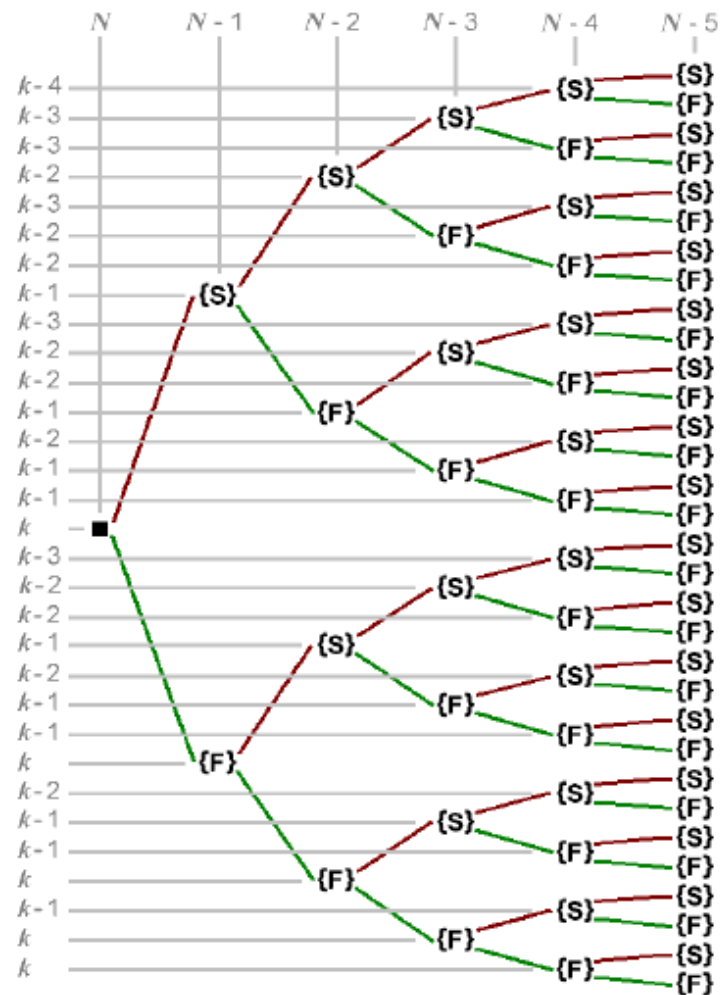
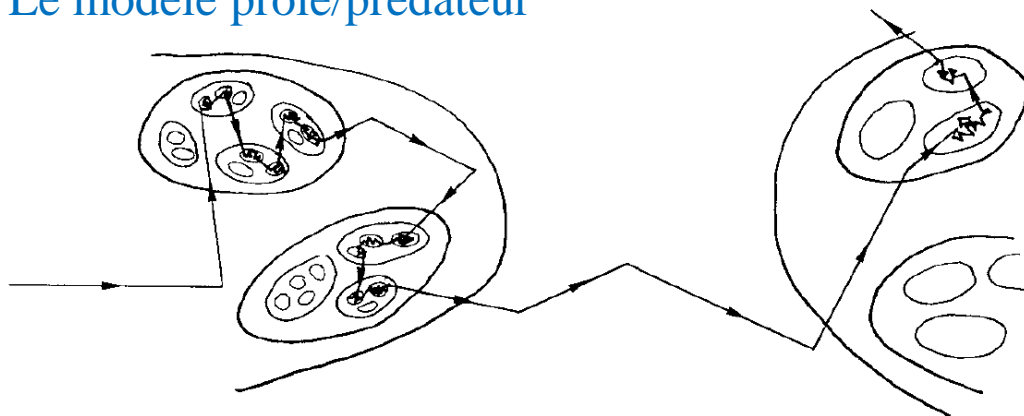
Dans ce genre de plan l'information est apportée progressivement, il y a donc une histoire de l'échantillonnage, un processus d'apprentissage.

*Une **approche Bayésienne** est souvent nécessaire pour la modélisation*

# ASPECT GRAPHIQUE



## Le modèle proie/prédateur



Un cas plus simple d'échantillonnage séquentiel est le pré-échantillonnage

« pour faire un bon échantillonnage commencez par un mauvais »

- Le plan se fait souvent en deux niveaux
- Le critère est souvent une précision sur la variance expérimentales ce qui permet de dimensionner au mieux le nombre d'échantillons  $n$  à prélever

1. Échantillonnage séquentiel de  $n_1$  unités
2. Estimation du nombre d'échantillon  $n$
3. Sélection des  $n_2 = n - n_1$  unités nécessaires à l'échantillon

Au départ : une relation client/fournisseur formalisée par un contrat

Clarification des exigences sur des unités produites (on ne peut pas tout accepter !) :

- Pour le fournisseur : une qualité maximale techniquement possible (plus d'exigences le contraindrait à modifier complètement son procédé), cette contrainte qui est à l'origine du NQA (ou NDQ).
- Pour le client : un minimum de qualité (accepter moins ce serait ne pas pouvoir utiliser ces unités pour un usage ultérieur) , cette contrainte est à l'origine du NQL

Comme, il s'agit d'un échantillonnage et non pas d'un recensement, il existe un risque pour les deux contraintes NQA et NQL:

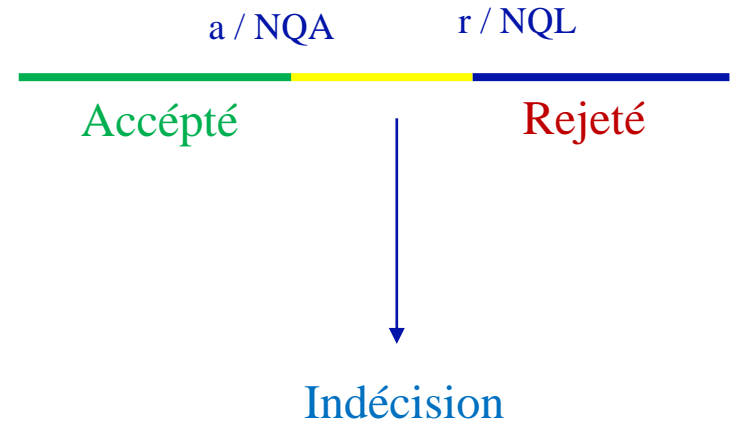
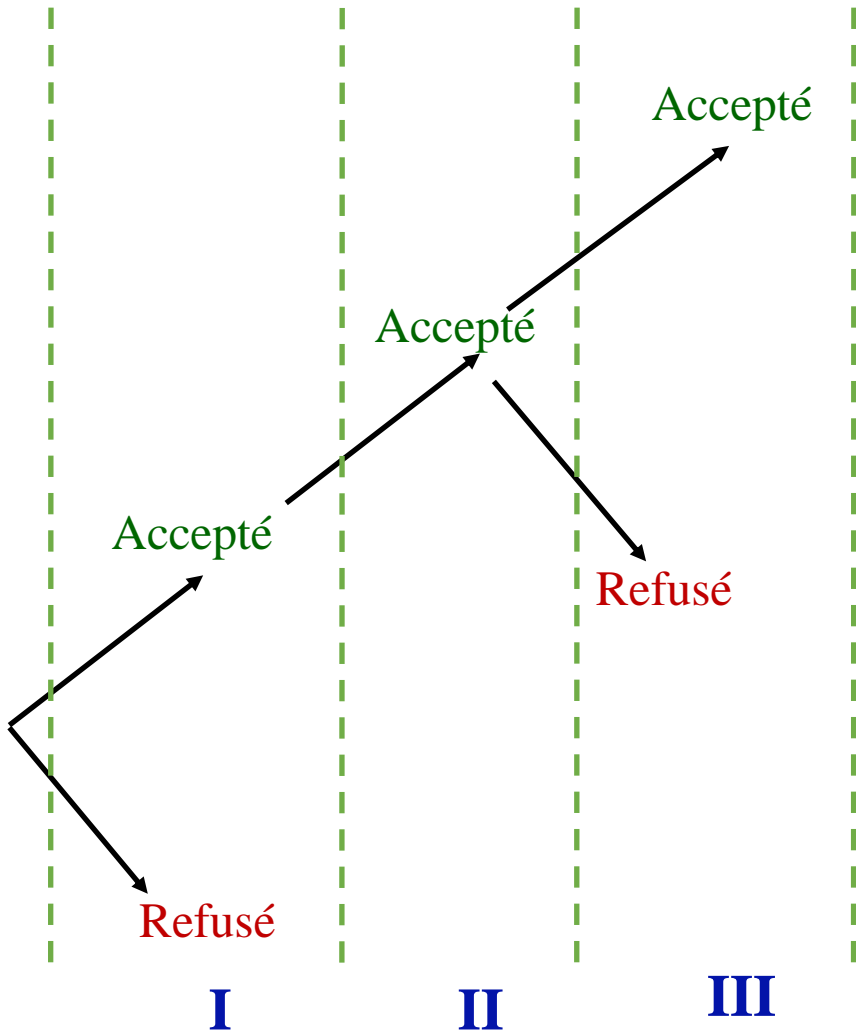
- Conventionnellement, le risque NQA du fournisseur est fixé à  $\alpha = 5\%$
- Conventionnellement, le risque NQL du client est fixé à  $\beta = 10\%$

# ARBRE DE DÉCISION (EXEMPLE : LE CONTRÔLE STATISTIQUE)

Approche décisionnelle

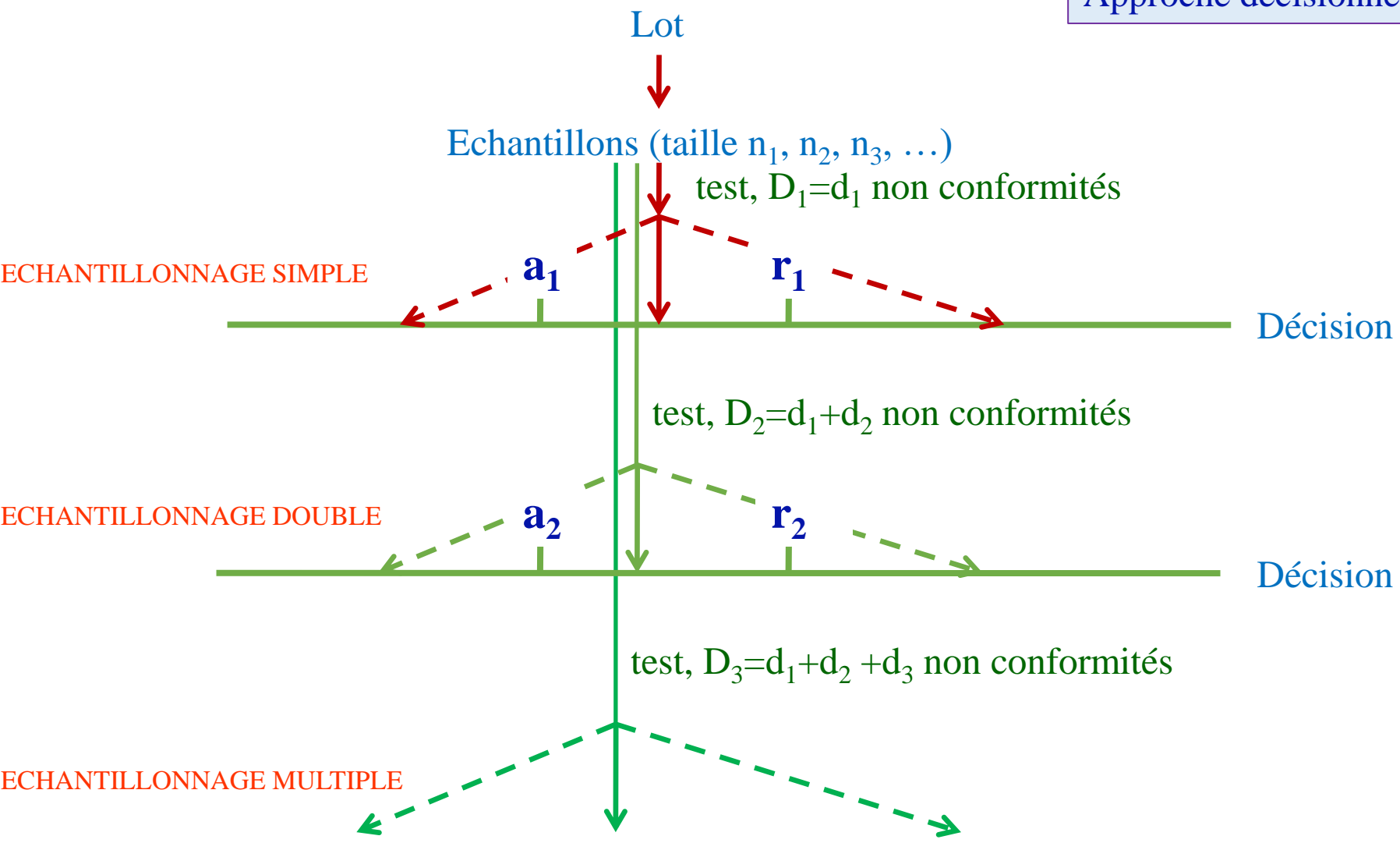
Paramètres importants :

1. La proportion de non-conformité observées dans l'échantillon
2. La valeur d'acceptation (a ou NQA)
3. La valeur de rejet (r ou NQL)



# PROCÉDURE : PLAN SIMPLE, DOUBLE ET MULTIPLE

Approche décisionnelle



- Le nombre total d'unités (la population)
- Qualité acceptable NQA ( en général de 0,07% à 4 %)

→ Lettre codée  
Les paramètres

taille de l'échantillon  
constante d'acceptation  
rapport de discrimination

<b>n</b>	<b>P<sub>10%</sub></b>
<b>K</b>	<b>P<sub>50%</sub></b>
<b>DS=P<sub>α</sub>/P<sub>1-β</sub></b>	<b>P<sub>95%</sub></b>

Effectif N des lots	Lettres-codes
Inférieure à 16	(B)
16 à 25	(C)
26 à 50	D
51 à 90	E
91 à 150	F
151 à 280	G
281 à 400	H
401 à 500	I
501 à 1 200	J
1 201 à 3 200	K
3 201 à 10 000	L
10 001 à 35 000	M
35 001 à 150 000	N
150 001 et au-dessus	P

Lettre-code	NIVEAU DE QUALITÉ ACCEPTABLE (NQA) EN CONTRÔLE NORMAL							
	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1.
B								
C								
D						5 25,9 1,65 6,34 92,5 0,28	5 28,4 1,53 7,82 61,7 0,46	5 1,40 40,5
E				7 14,4 2,00 2,89 131 0,11	7 16,3 1,88 3,72 90,5 0,18	7 18,6 1,75 4,83 58,1 0,32	7 21,1 1,62 6,18 39,8 0,53	7 1,50 28,4
F			10 7,95 2,24 1,53 114 0,07	10 9,44 2,11 2,08 78,7 0,12	10 11,2 1,98 2,79 52,8 0,21	10 13,2 1,84 3,77 36,7 0,36	10 15,2 1,72 4,82 26,7 0,57	10 1,58 18,9
G	15 3,58 2,53 0,67 119 0,03	15 4,31 2,42 0,90 71,8 0,06	15 5,07 2,32 1,17 56,3 0,09	15 6,13 2,20 1,57 40,9 0,15	15 7,58 2,06 2,20 30,3 0,25	15 9,41 1,91 3,09 20,9 0,45	15 11,1 1,79 3,99 16,3 0,68	15 1,65 12,3
	20 2,58	20 3,16	20 3,85	20 4,73	20 5,88	20 7,46	20 9,23	20



Les paramètres sont les suivant :

- La taille de l'échantillon **n**
- Des seuils pour les tests :
  1. une valeur d'acceptation (**a**)
  2. une valeur de rejet (**r**)
- Une valeur du résultats du tests sur les n unités : **d** non conformes
- La proportion d'unités non conformes : **p** = **d/n**

Calculer le rapport qui suit et le comparer avec la valeur de K

$$Q_s = \frac{X_{\text{min-accept}} - \bar{X}}{s_{\text{exp}}}$$

Exemple :

- contrôle de N=100 thermocouples  $\Rightarrow$  Lettre code = F
- $X_{\text{max-accept}} = 60^\circ\text{C}$
- NQA = 1%  
{1% et F}  $\Rightarrow$  n=10 - **K = 1,72** -  $P_{10\%} = 15,2\%$  -  $P_{95\%} = 0,57\%$
- Mesure sur l'échantillon : (53, 57, 49, 58, 54, 50, 56, 55, 50, 59)  
moyenne = 54,9 & s = 3,414  $\Rightarrow$   **$Q_s = 1,494$**  < K=1,72  
 $\Rightarrow Q_s < K$  le lot est rejeté

*Normes internationales :*

*ISO 2859, Parties 1 - 2 - 3 - 4*

*Normes françaises :*

*NF X 06-23, NF X 06-24, NF X 06-25*

Objectif : optimisation d'un plan de maintenance préventive dans un hôpital

Unités : équipements peu complexes (pousse-seringue, manomètres, ...) mais en grand nombre

Paramètres :

- L'importance de l'impact (ici sur le patient)
- L'effectif (c'est-à-dire la taille de la population)
- La multiplicité (nombre de fois échantillonnées)
- Le Niveau de Qualité Acceptable

On dispose d'un *ensemble de 225 unités* :

- Les tensiomètres (100 unités)
- Les monitorings (40 unités)
- Les pousses seringues (85 unités)

En se basant sur ces effectifs, on peut proposer le nombre d'échantillonnage suivant :

- Les tensiomètres → Multiple
- Les monitorings → Simple
- Les pousses seringues → Double

Criticité faible, pas d'impact, Niveau I

Criticité normale, impact sur la qualité du service (pas sur le patient),  
Niveau II

Criticité élevée, impact direct sur le patient, Niveau III

A partir de ces critères, le classement suivant est obtenu:

- Les tensiomètres → Niveau I
- Les monitorings → Niveau II
- Les pousses seringues → Niveau III

Avec l'effectif et le niveau de criticité on recherche la lettre code :

<i>EFFECTIF DU LOT</i>	<i>NIVEAU I</i>	<i>NIVEAU II</i>	<i>NIVEAU III</i>
2 à 8	A	A	B
9 à 15	A	B	C
16 à 25	B	C	D
26 à 50	C	D	E
51 à 90	C	E	F
91 à 150	D	F	G
151 à 280	E	G	H
281 à 500	F	H	J
501 à 1200	G	J	K
1201 à 3200	H	K	L
3201 à 10000	J	L	M
10001 à 35000	K	M	N
35001 à 150000	L	N	P
150001 à 500000	M	P	Q
500001 et plus	N	Q	R

- Les tensiomètres → Niveau I, 100 : **D**
- Les monitorings → Niveau II, 40 : **D**
- Les pousses seringues → Niveau III, 85 : **F**

Taille des échantillons															
Lettre code	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	
Simple n	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125	200	315	500		
Double n <sub>1</sub>	-	-	3	5	8	13	20	32	50	80	125	200	315		
	n <sub>2</sub>	-	-	3	5	8	13	20	32	50	80	125	200	315	
Multiple n <sub>1</sub>	-	-	-	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125		
	n <sub>2</sub>	-	-	-	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125	
	n <sub>3</sub>	-	-	-	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125	
	n <sub>4</sub>	-	-	-	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125	200
	n <sub>5</sub>	-	-	-	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125	200
	n <sub>6</sub>	-	-	-	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125	200
	n <sub>7</sub>	-	-	-	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125	200

- Les tensiomètres → Multiple (n<sub>i</sub> = 2)
- Les monitorings → Simple (n = 8)
- Les pousses seringues → Double (n<sub>1</sub> = n<sub>2</sub> = 13)

*Échantillon accepté si le nombre d'unités défectueuses est inférieur à 1*

*Échantillon rejeté dès qu'il y a deux unités non conforme*

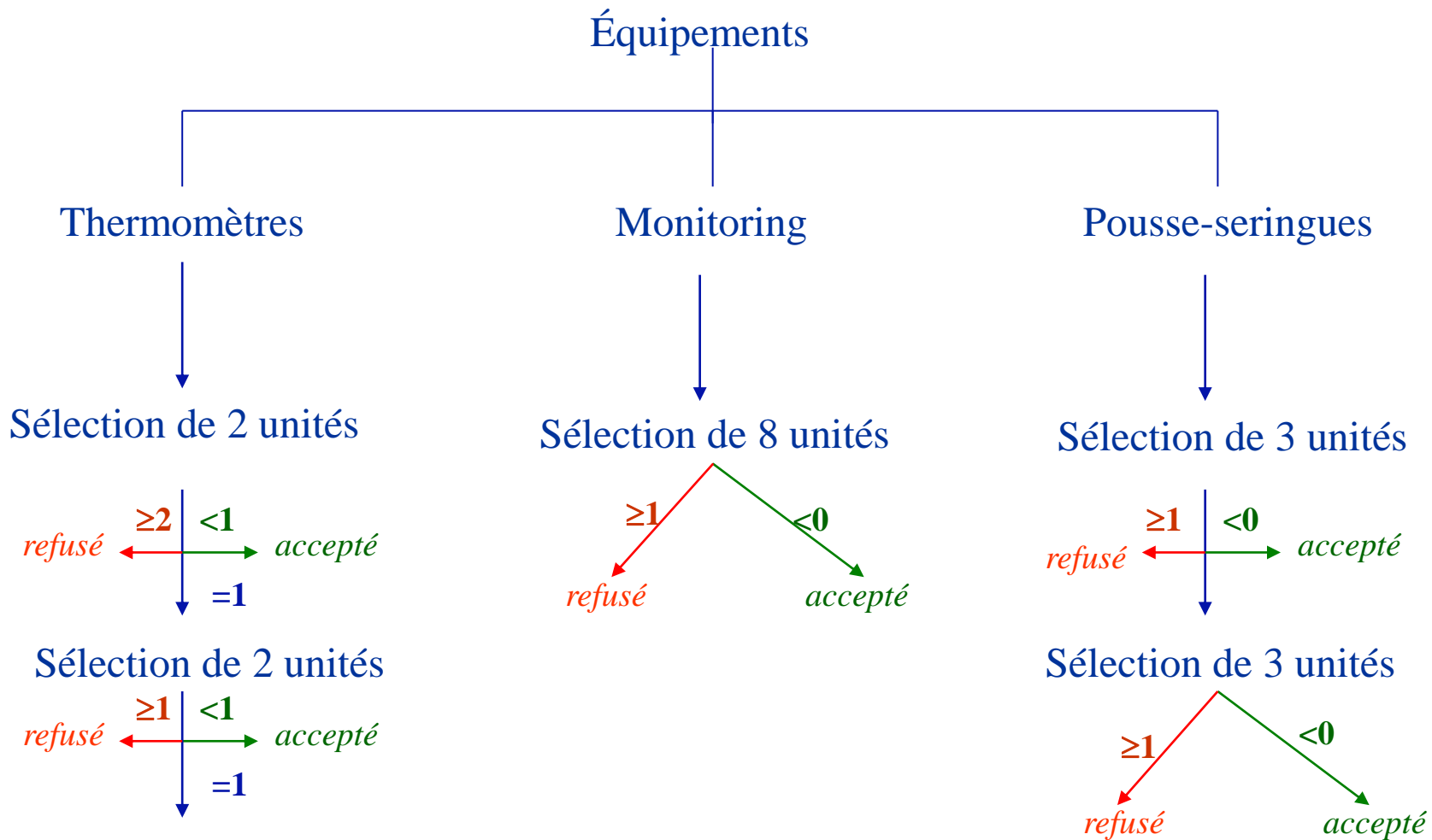
### Compte tenu

- du risque client (10%) et fournisseur (5%)
- de la lettre code

→ Un intervalle de valeurs possibles [P<sub>95</sub>, P<sub>10</sub>]

### Le choix se fait à partir de résultats de tests sur les taux de fiabilité

- Les tensiomètres → [2,64; 40,6], choix de NAQ = 6,5 → Ac=1, Re = 2
- Les monitorings → [0,64; 25], choix de NAQ = 1,5 → Ac=0, Re = 1
- Les pousses seringues → [0,256; 10,9], choix de NAQ = 0,65 → Ac=0, Re = 1



La sollicitation des équipements est différente suivant les services (le taux de fiabilité est donc lui aussi différent)

⇒ Nécessité de stratifier son plan

1. Urgences
2. Réanimation
3. Pédiatrie

Le poids (taille du sous-échantillon) proportionnel au taux de sollicitation

Exemple des monitoring : il faut 8 unités :

- 4 sélectionnés aléatoirement aux urgences
- 3 sélectionnées aléatoirement en réanimation
- 1 sélectionnée aléatoirement en pédiatrie

L'échantillon final est constitué de toutes les unités, on a donc

**Plan stratifié → Plan aléatoire → Plan composite ou mélange**



# Plan de Gy

Erreur globale  
Global Estimating Error (**GEE**)

Erreur d'échantillonnage  
Total Sampling Error (**TSE**)

Erreur analytique  
Analytical Error (**TAE**)

CHOIX DE LA POSITION DU PRELEVEMENT

Erreur fondamentale  
Fundamental Error (**FE ou FSE**)

Erreur d'agrégation  
Grouping & Segregation Error (**GSE ou ED**)

Erreur de prélèvement  
Point Materialization Error (**PME ou EP**)

Erreurs dues à la matrice  
Effet pépité

Variabilité macroscopiques avec présence d'agrégats  
Homogénéiser autant que possible ou éviter  
Opération de **découpe** ou de **délimitation**

FAÇON DE PRELEVER

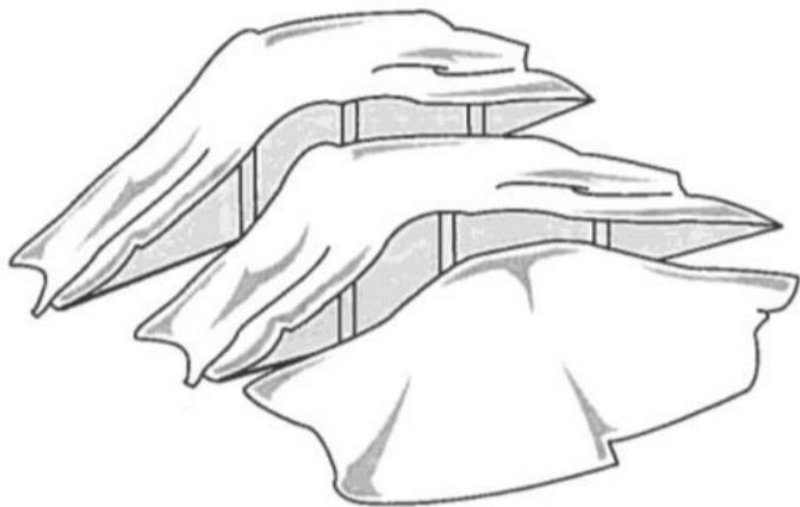
Increment Delimitation Error (**IDE**)  
Increment Extraction Error (**IXE**)

Prétraitement de l'échantillon (**IPE**)

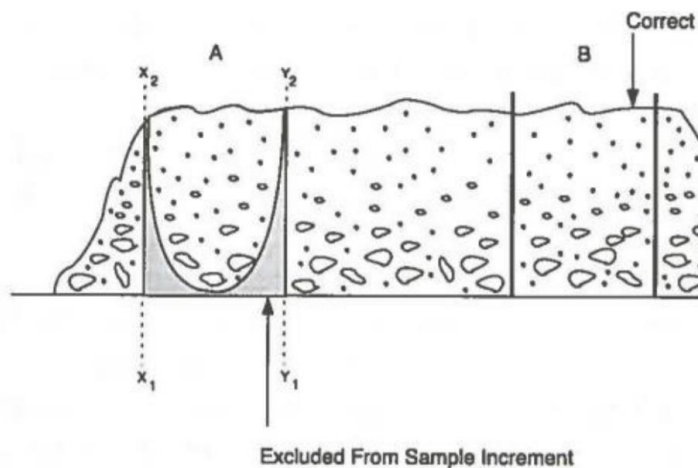
Géométrie du prélèvement  
Perte/gain de matière à l'extraction

Regroupement des échantillons (plan composite)

# ERREUR SUR LA FAÇON DE PRELEVER

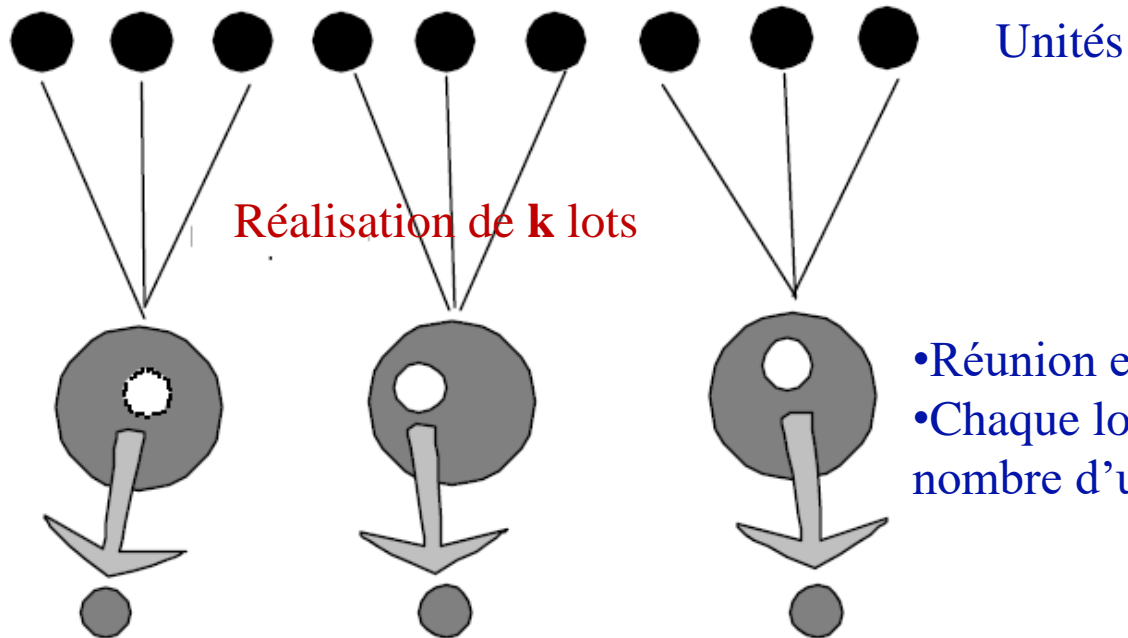


Increment Delimitation Error (IDE)



Increment Extraction Error (IXE)

# « MOYENNE » PHYSIQUE PAR MÉLANGE



Sélection de  $m$  nouvelles unités pour analyse

# PLAN COMPOSITE

Inconvénient : bonne précision ( $\sigma_{x_{moy}}$ ) mais perte de  $\sigma_{exp}$

*C'est donc le contraire d'un plan systématique*

Contraintes :

- Il faut que les échantillons soient physiquement « mélangeables » et il existe une erreur de préparation (mauvaise opération de mélange)
- La mesure doit être précise et les limites de détection faibles

Exemples d'utilisation :

- Initialement : transmission virale par les insectes aux plantes
- Échantillon de sols (contrôle de dépollution)
- Échantillon de sang (cf l'affaire du sang contaminé)
- Les bancs de poissons

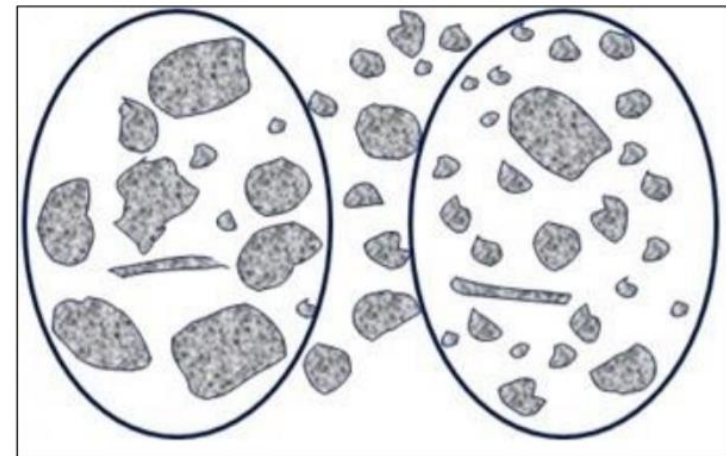
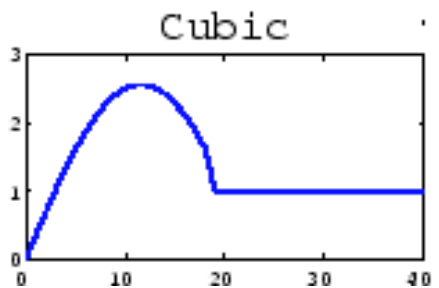
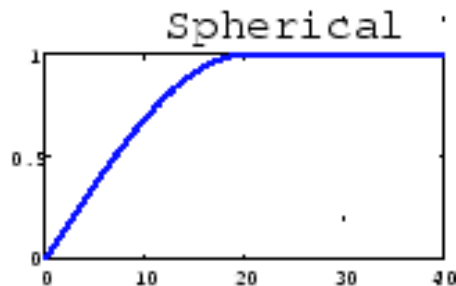
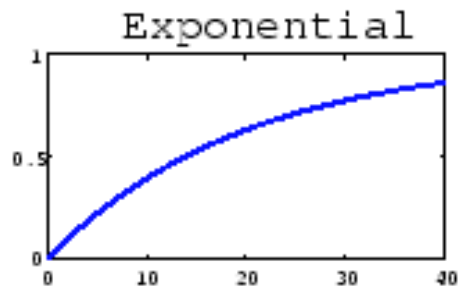
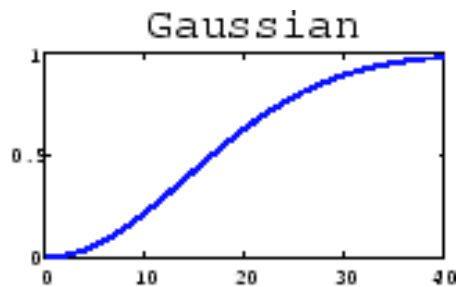
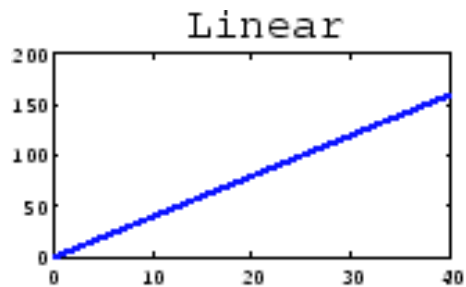
Variable régionalisée : variable associée à une position

- On considère un domaine à échantillonner (souvent par un plan systématique)
- Chaque individu est repéré par ses coordonnées  $(x, y)$
- A chaque individu en  $(x, y)$  est associée une variable aléatoire  $z(x, y)$

*On parlera de variables régionalisées*

*On a donc un champ de variables aléatoires*

# EXEMPLE DE VARIOGRAMME AVEC LEUR MODÉLISATION



Palier ; fin du domaine d'influence

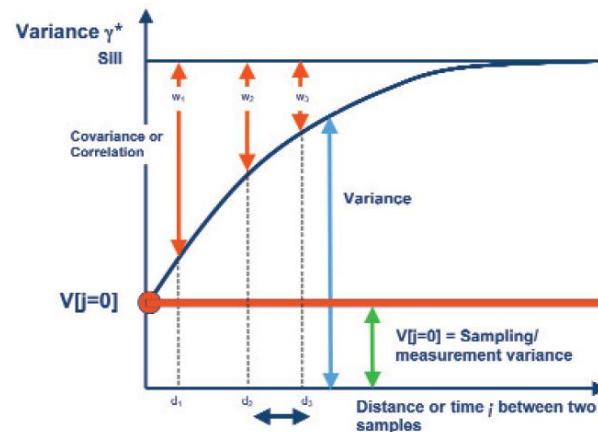
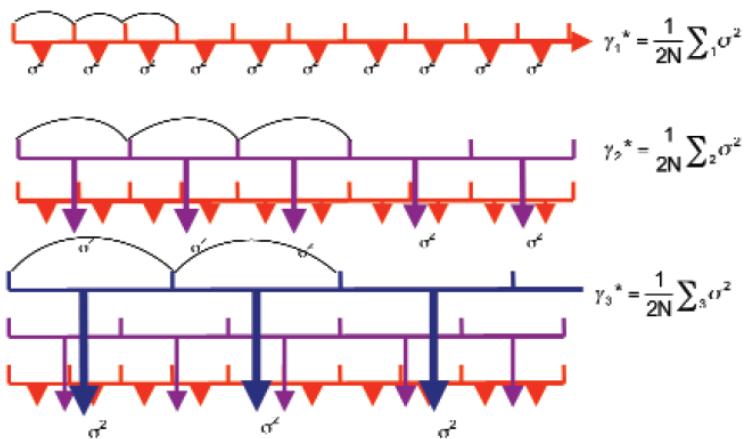
# ACCÈS AUX « ERREURS » PAR VARIOGRAMME

On considère un lot constitué de  $L$  unité (indice  $m$ ) de masse  $m_m$   
 On calcule le facteur d'hétérogénéité  $h$  pour l'unité  $m$  :

$$h_m = \frac{a_m - a_L}{a_L} \frac{m_m}{m_L}$$

Puis on analyse la différence d'hétérogénéité pour des « pas »  $j$  croissants :

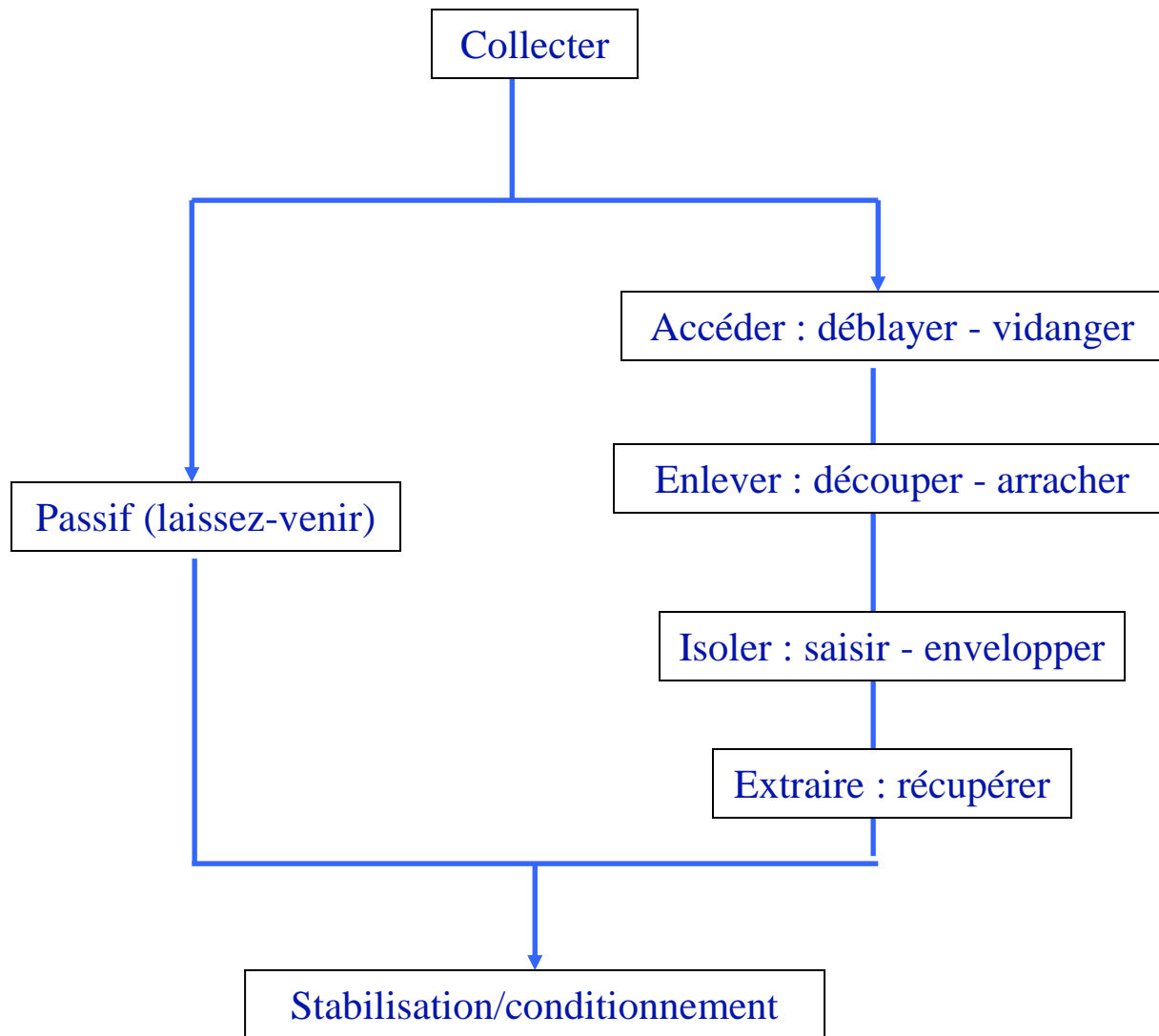
$$V(j) = \frac{1}{2(N_u - j)} \sum_m (h_{m+j} - h_m)^2$$





# Prélèvements

# COMMENT PRÉLEVER ?



# 1/ DÉGAGEMENT GROSSIER : L'ÉTAPE DE DÉBLAYEMENT

Présence d'une interface entre le milieu à prélever et notre environnement,

Cette interface intervient souvent pour protéger la matrice où doit être fait le prélèvement : **accumulation** de débris, de dépôts ou d'éléments disparates

Gêne l'accès direct au lieu du prélèvement

## Exemples :

- La végétation sur un sol  
→ opération de déblayement
- La présence de micro-organismes avant une prise de sang  
→ opération de désinfection
- Une couche d'oxyde sur les métaux  
→ opération de « eching »
- Couche d'hydrocarbures sur une surface

Il faut donc « décoller » cette interface et collecter ses restes (pour éviter des contaminations)

Il suffit souvent de frotter mécaniquement (ou chimiquement) pour ramasser (ou dissoudre) les dépôts accumulés.

L'action de frotter est basée sur l'enlèvement des dépôts par arrachage c'est-à-dire en appliquant une pression diffuse



*Cette étape peut s'avérer dangereuse : poussières (cf cinétiques chimiques), réactivation de la surface, ...*

## 2/ DÉGAGEMENT SPÉCIFIQUE : VIDANGER OU ÉCARTER

Un fois déblayé il faut enlever la matière pour accéder au lieu de prélèvement : vidange (pris au sens premier : vider)

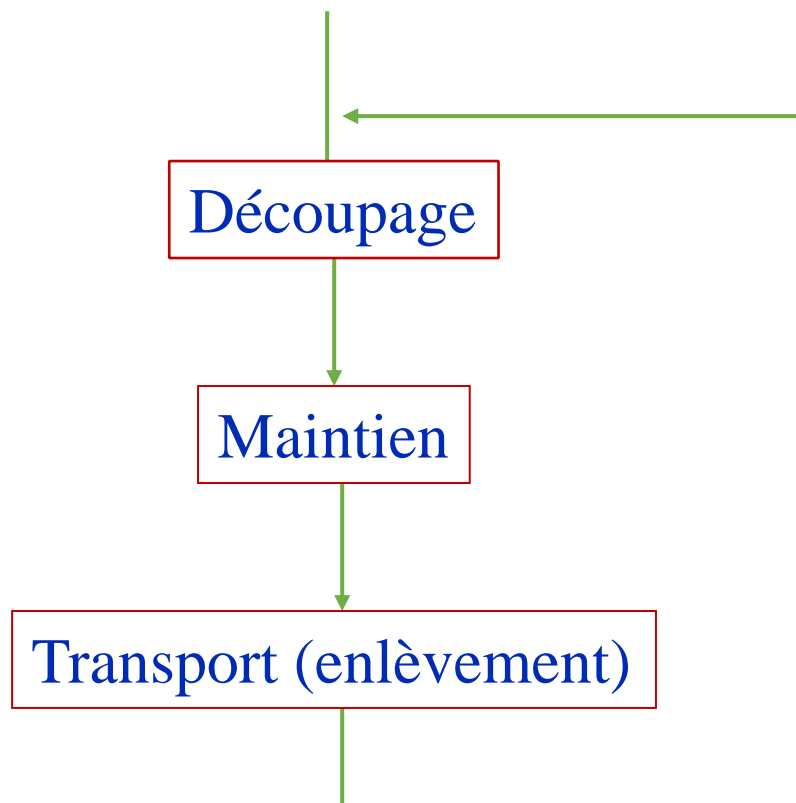
Exemple :

- Enlever une colonne de de terres ou de roche
- Enlever une colonne d'eau stagnante dans un puits

En général obtenu par des opérations de découpe, perçage (forage) ou de pompage avec enlèvement de matière



L'idée est d'utiliser de façon itératives des étapes de



De façon intuitive cela est réalisé par fluidisation

# PRISE D'ESSAI

C'est l'objectif principal du prélèvement

1. Il s'agit de désolidariser sa prise d'essais
2. D'assurer sa stabilisation (chimique, mécanique, ....)
3. De la collecter (extraction, transport, ...)



# RISQUE D'ALTÉRATION ET DE CONTAMINATION

## Risque de contamination

- Bactérienne
- Métaux lourds
- Radioactivité
- De dilution par les matrices environnantes

## Risque d'altération

- De la structure physique (maintenir, mettre un liant, ...)
- Destruction des mélanges bi-phasiques (décantage, dégazage, séchage)
- De la structure chimique (pH, potentiel redox,...)
- D'une population bio ou microbiologique ( $t^\circ$ , humidité, oxygène, ...)

*Il est important d'avoir une série de capteurs qui permettent de tracer et de s'assurer que les processus de maintien conservation et contamination ont été maintenus jusqu'au bout*



### 3/ CONDITIONNEMENT - STABILISATION

La découpe utilise en général le tranchant du bord du récipient  
 Le tranchant est donc bien linéaire

Le maintien est réalisé par le récipient : tube creux ou benne  
 Le récipient est donc bien volumique creux



### 3/ CONDITIONNEMENT - STABILISATION

- Dispositifs de rétention (bâche, récipients, espacer, périmètre de sécurité)
- Etanchéité : bouchon, joints, cerclage, soudure, bandes adhésives etc...
- Paramètres physiques : lumière, température, pression, ..

#### Le flaconnage :

- Les pots
- Les sacs
- Le seau
- Les flacons
- La bouteille

#### Principaux matériaux :

- Verre- Pyrex (cassant et lourd)
- PEHD
- téflon
- Acier inoxydable

- bouteilles en verre foncé
- conservation le moins longtemps possible à 4°C (attention aux composants volatiles)
- blocage de l'activité  $\mu$ bacteriologique: chlorure mercurique ou azide (azoture de sodium)
- Filtration (micro-filtration 0.45 $\mu$ m ou 0.2  $\mu$ m)
- Congélation
- Acidification des solutions filtrées.
- Pour stabiliser
- L'inertage
- écouvillonnage