



**HAL**  
open science

# L'analyse de gaz et les chambres calorimétriques pour l'homme

Christophe Montaurier

► **To cite this version:**

Christophe Montaurier. L'analyse de gaz et les chambres calorimétriques pour l'homme. Ecole technique Analyse des gaz, Sep 2011, Arles, France. hal-01600977

**HAL Id: hal-01600977**

**<https://hal.science/hal-01600977>**

Submitted on 3 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License



# L'analyse de gaz et les Chambres Calorimétriques pour l'homme



**Christophe MONTAURIER**

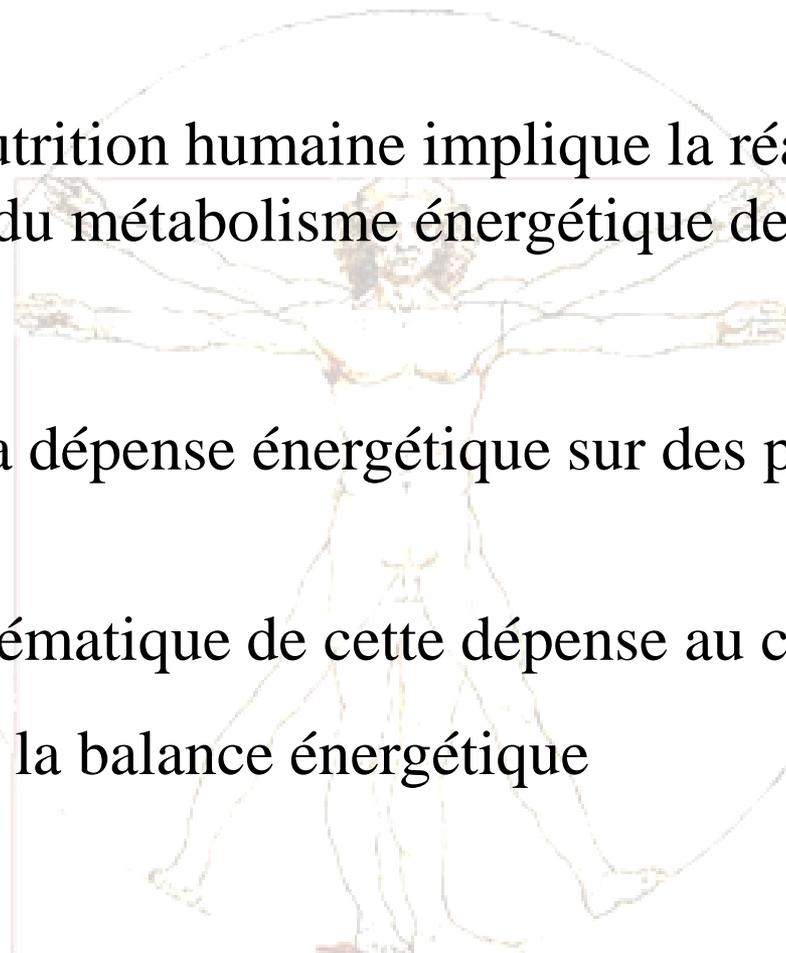
**École des Techniques "Analyse des  
Gaz" Arles du 12 au 16 septembre 2011**

## Contexte d'utilisation

La recherche en Nutrition humaine implique la réalisation de protocoles d'étude du métabolisme énergétique de l'homme.

Ceci nécessite :

- la mesure de la dépense énergétique sur des périodes plus ou moins longues.
- l'accès à la cinématique de cette dépense au cours de la journée.
- l'évaluation de la balance énergétique



## Qu'est-ce qu'une Chambre Calorimétrique ?



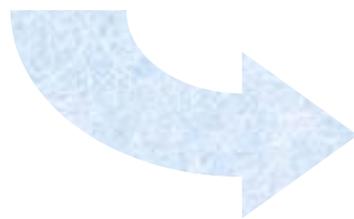
- Une chambre (étudiante ... en mieux)
- Un outils de mesure
- Des capteurs
- De l'instrumentation
- Une chaîne d'acquisition de données



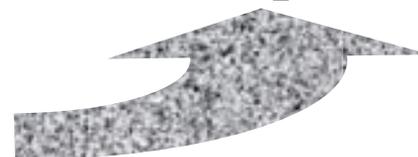
## Elle fonctionne selon quel principe ?

La dépense énergétique (DE) est calculée par calorimétrie indirecte à partir des échanges respiratoires.

VO<sub>2</sub> consommé



VCO<sub>2</sub> produit



$$(3,866 \times \text{VO}_2 + 1,2 \times \text{VCO}_2) \times 0,99 = \text{DE (kCal)}$$

Weir (1949)

## Ce qu'elle permet

- Mesure des échanges respiratoires (Volumes O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>)
- Calcul du QR
- Évaluation précise de la dépense énergétique
- Évaluation de l'utilisation des substrats énergétiques (protéines, lipides, glucides)
- Suivi de la cinétique des paramètres permettant de détailler les composantes essentielles de la DE d'une journée
- Contrôle de l'activité physique et de l'alimentation.
- Calcul de la balance énergétique
- Relations FC / Actimétrie / DE
- Période de mesure de 24h à plusieurs jours (bilan sur 24h des paramètres)

## Caractéristiques

- 2 Chambres Calorimétriques pour l'homme
- 10 m<sup>2</sup> au sol et 32 m<sup>3</sup>
- Air climatisé, régulé en température et humidité (confort des volontaires et stabilité des paramètres)
- Air partiellement renouvelé en permanence (circuit ouvert).
- Aménagement intérieur :

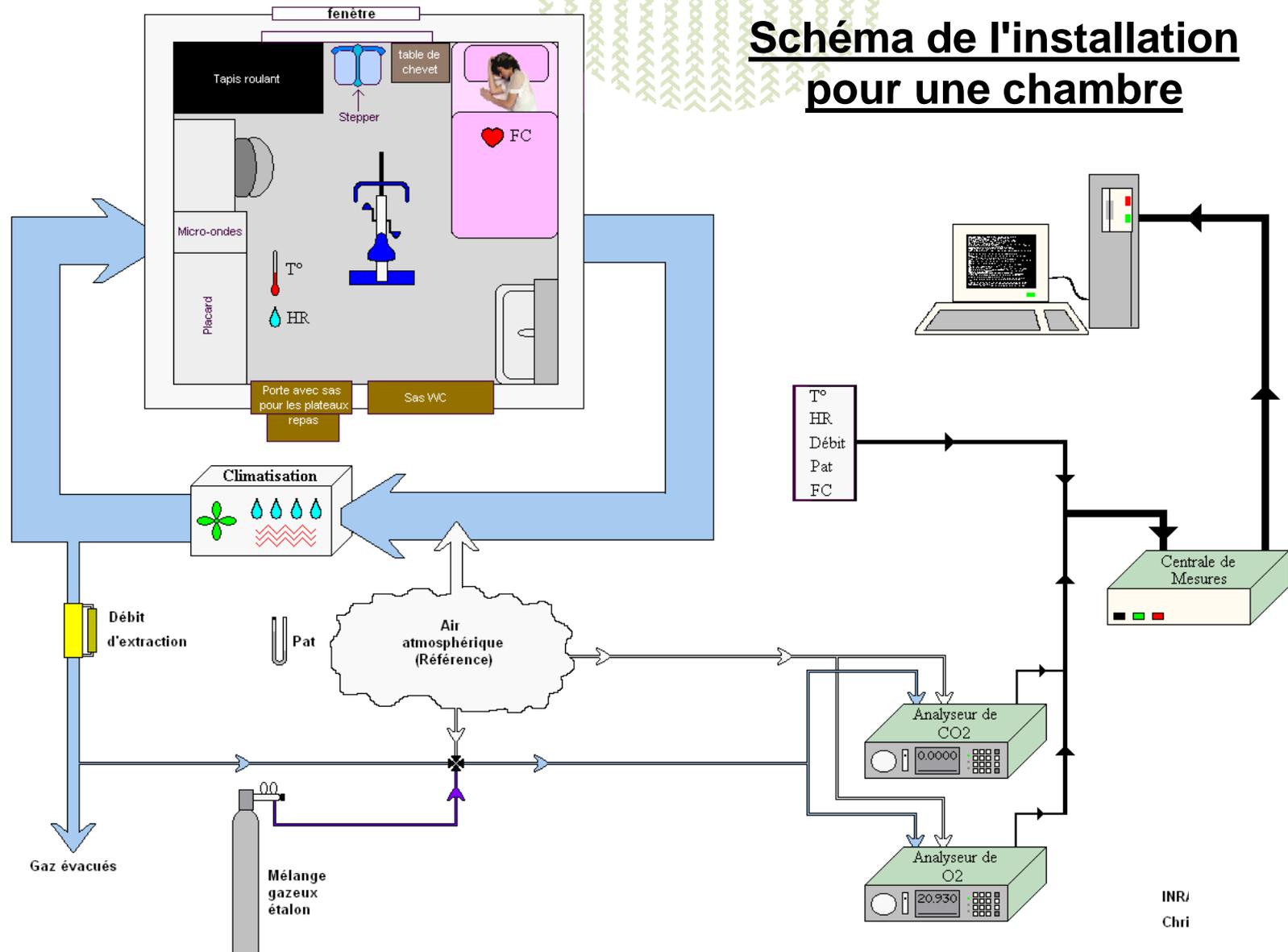


- mobilier
- lavabo
- toilettes
- ensemble hi-fi / vidéo
- tapis roulant
- ergo-cycle
- stepper



- Electrocardioscope : surveillance et mesure FC
- Séjour de 24h mini → Chambre de garde → déport de toutes les alarmes

## Schéma de l'installation pour une chambre



INR/  
Chri

## Contrainte physiologique

Préservation d'un environnement physiologique non perturbé pour les volontaires.

=

Maintien des concentrations en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> dans les plages de valeurs physiologiques



O<sub>2</sub> : entre 20,000 % et 21,000 %  
CO<sub>2</sub> : entre 0,000 % et 1,000 %

=

plage de mesure de nos analyseurs



Prise en compte :  
- de la masse maigre de chaque individu  
- du programme d'activités



Adaptation du réglage du débit d'extraction.

## Contrainte liée au confort

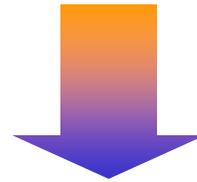
Gros volume de dilution :  
environ 32 m<sup>3</sup> par chambre

+

En moyenne un homme  
consomme 0,34 l d'O<sub>2</sub> et produit  
0,3 l de CO<sub>2</sub> par minute

=

Variations de 0,00106 % et 0,00094 % respectivement pour  
l'O<sub>2</sub> et le CO<sub>2</sub> par minute dans la chambre



- sensibilité suffisante pour les analyseurs
- intégration des données sur une durée permettant d'obtenir une variation significative du signal

## Analyseurs utilisés

2 analyseurs d'O<sub>2</sub> : SIEMENS OXYMAT 6E  
2 analyseurs de CO<sub>2</sub> : SIEMENS ULTRAMAT 6E

Caractéristiques des analyseurs :

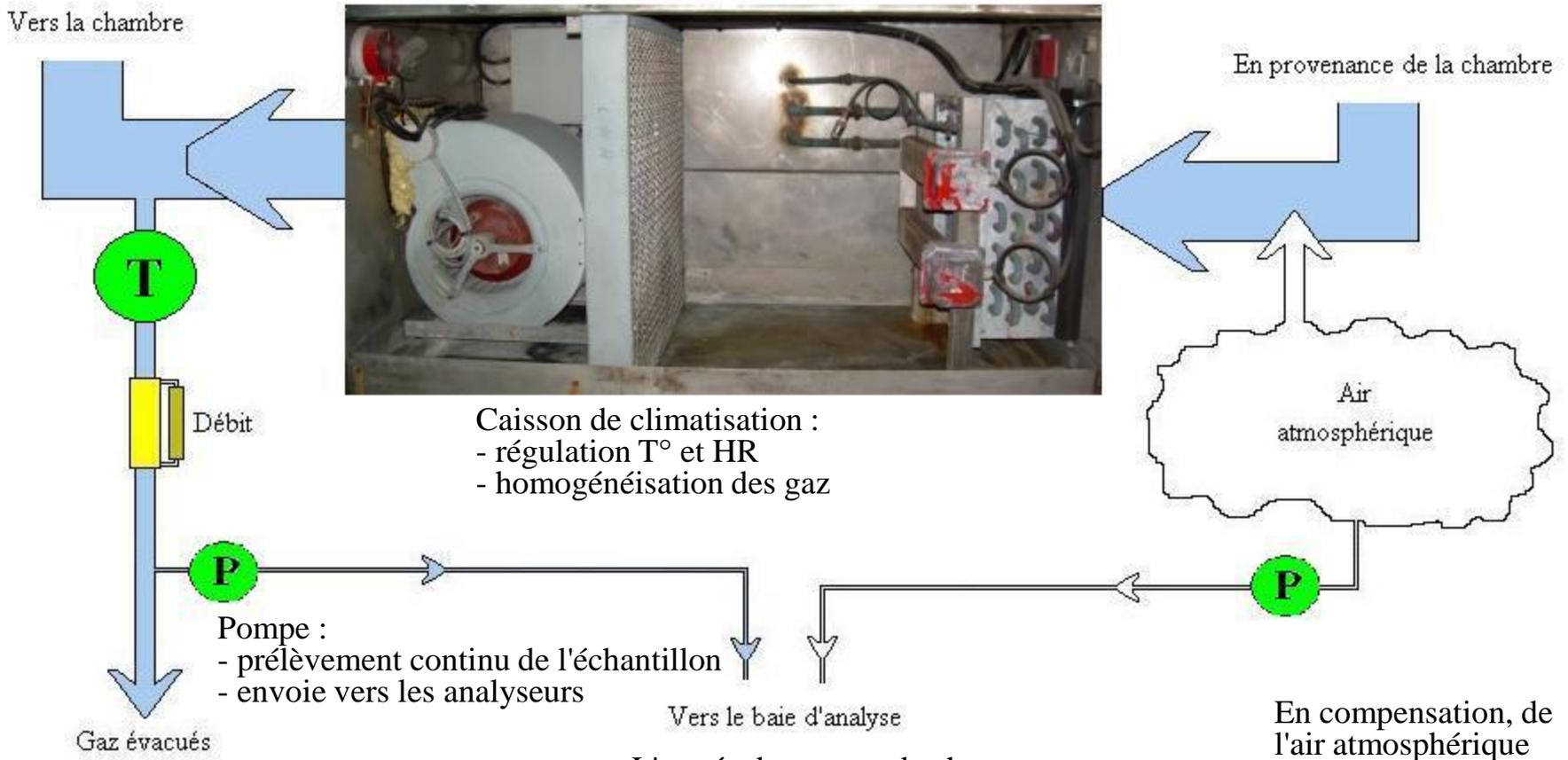
- différentiels
- étendue de mesure : 1,000 %
- plage de mesure différentielle : 0,000 à 1,000 %.
- plage absolue affichée = plage physiologique
- résolution de 0,001 %.

Précisions globales :

- ± 50 ppm soit 0,005 % pour l'analyseur d'O<sub>2</sub>
- ± 10 ppm soit 0,001 % pour l'analyseur de CO<sub>2</sub>



## Extraction des gaz à analyser



Caisson de climatisation :  
 - régulation T° et HR  
 - homogénéisation des gaz

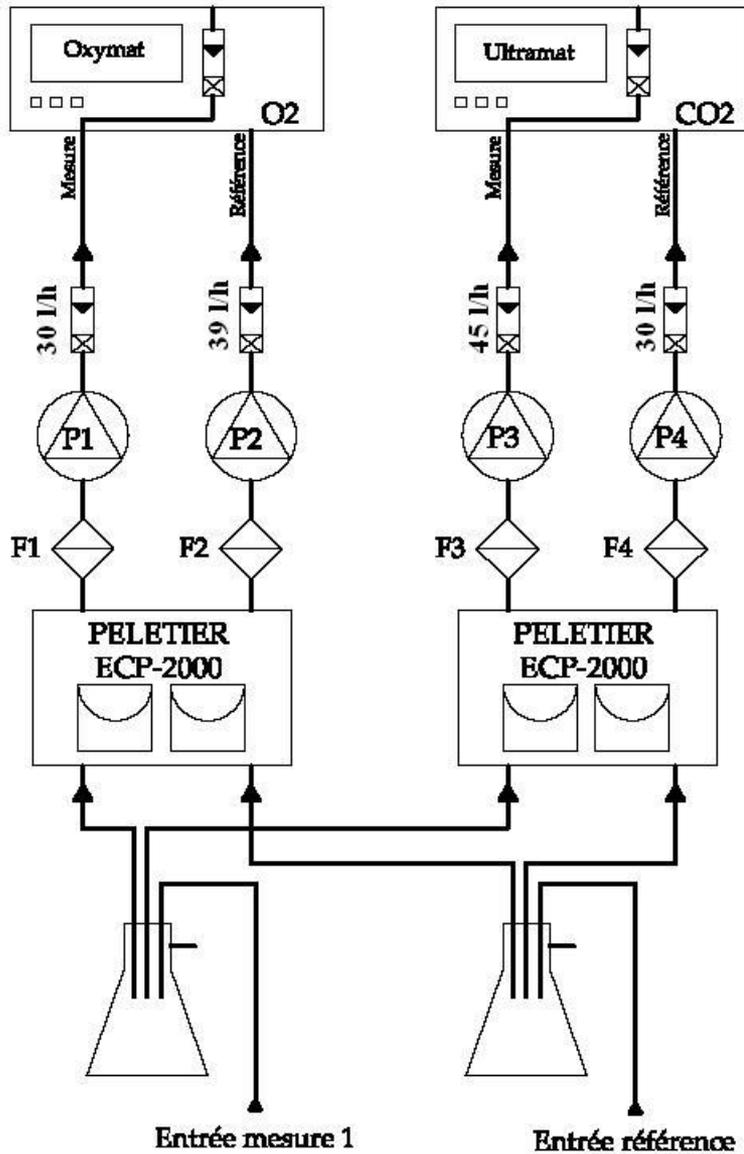
Pompe :  
 - prélèvement continu de l'échantillon  
 - envoie vers les analyseurs

En compensation, de l'air atmosphérique entre dans le circuit.

L'entrée de mesure de chaque analyseur reçoit en permanence les gaz issus de la chambre.

Turbine d'extraction :  
 - renouvellement permanent de l'air  
 - débit de 1,5 à 10 m<sup>3</sup>/h

## Cheminement des gaz

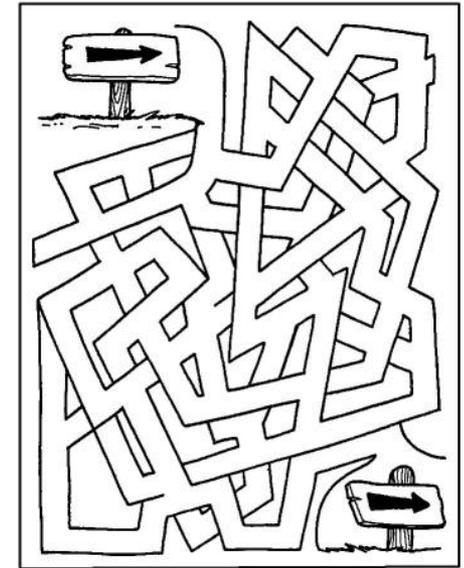


## Temps de réponse

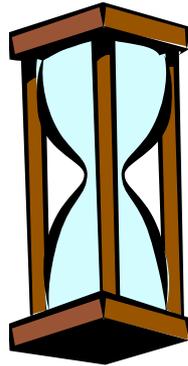


+

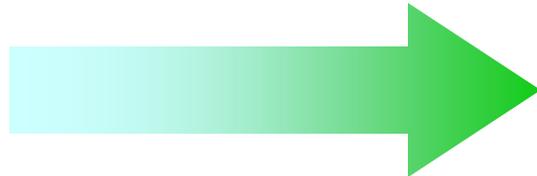
Chemin  
de gaz



=

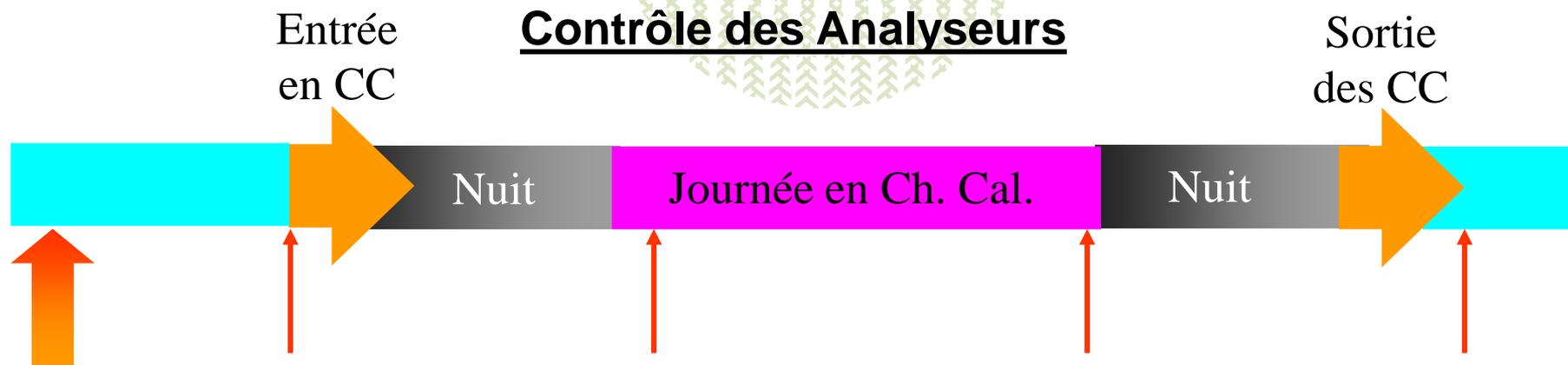


3 minutes entre le début  
d'un événement et  
l'apparition de sa mesure



Prise en compte du délai  
dans nos calculs de DE.





Avant une période de mesure :

- contrôle d'étalonnage des analyseurs.
- si dérive importante : un calage est effectué.

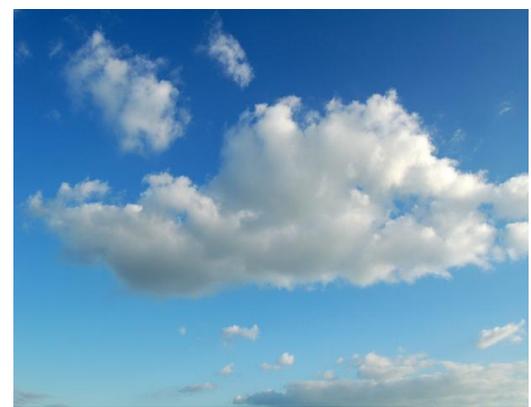
Période de mesure : contrôle d'étalonnage avant le début des mesures, puis matin et soir et enfin après l'arrêt des mesures.

Si une dérive s'est produite durant la période de mesure, les valeurs de contrôle nous permettent de la corriger.

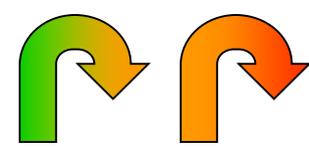


## Gaz de contrôle

Contrôle du "zéro différentiel" :  
air ambiant = référence des analyseurs.



Contrôle du point haut de l'échelle différentielle : mélange gazeux dont nous avons préalablement déterminé les concentrations en O2 et CO2.



Risque de propagation d'erreur sur les valeurs du mélange (le mélange n sert à contrôler le mélange n+1).



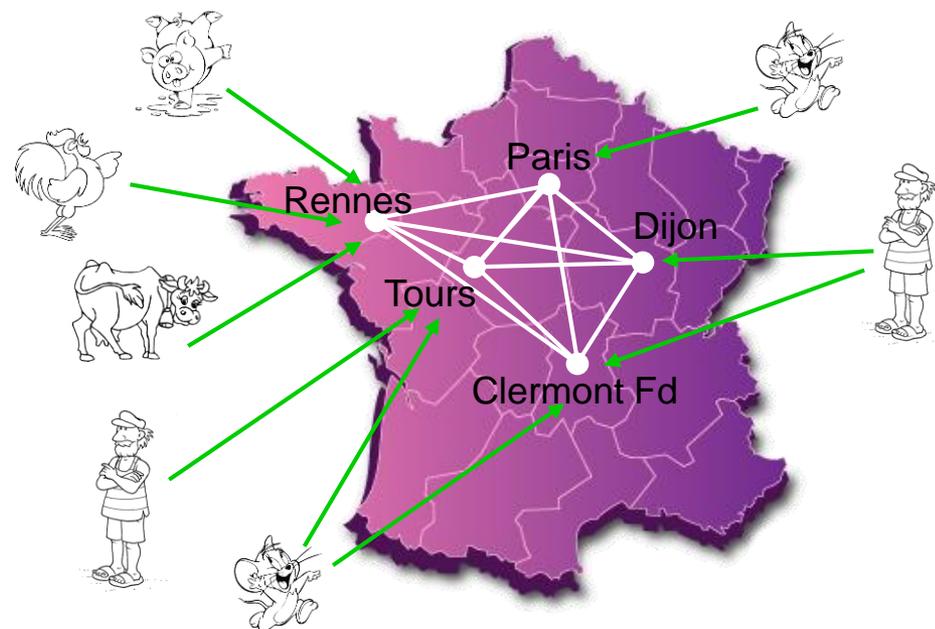
## Test inter laboratoire

Déroulement :

- réalisation de 2 mélanges étalons (2 bouteilles)
- circulation des bouteilles entre les sites
- protocole de mesure identique pour tous
- centralisation des résultats

Sites impliqués :

- Clermont Ferrand
- Rennes
- Tours
- Paris



## Conclusion

L'analyse de gaz permet dans nos applications :

- de répondre avec précision aux questionnements des chercheurs dans le domaine du métabolisme énergétique.
- d'offrir une méthode de référence pour la mesure des cinétiques des DE

Défis à relever :

- prendre en compte un volume de dilution important
- trouver des gaz étalons répondants à nos critères