



## 2-ème séminaire fédéral des entraîneurs FFC

Chatenay-Malabray, vendredi 17 novembre 2006

# Utilisation d'un capteur de puissance à l'entraînement

par

Vincent Villerius

Chercheur en Sciences des Sports

Laboratoire FEMTO ST (UMR CNRS 6174), Besançon

Assistant de recherche au Département Performance FFC

Entraîneur de coureurs cyclistes

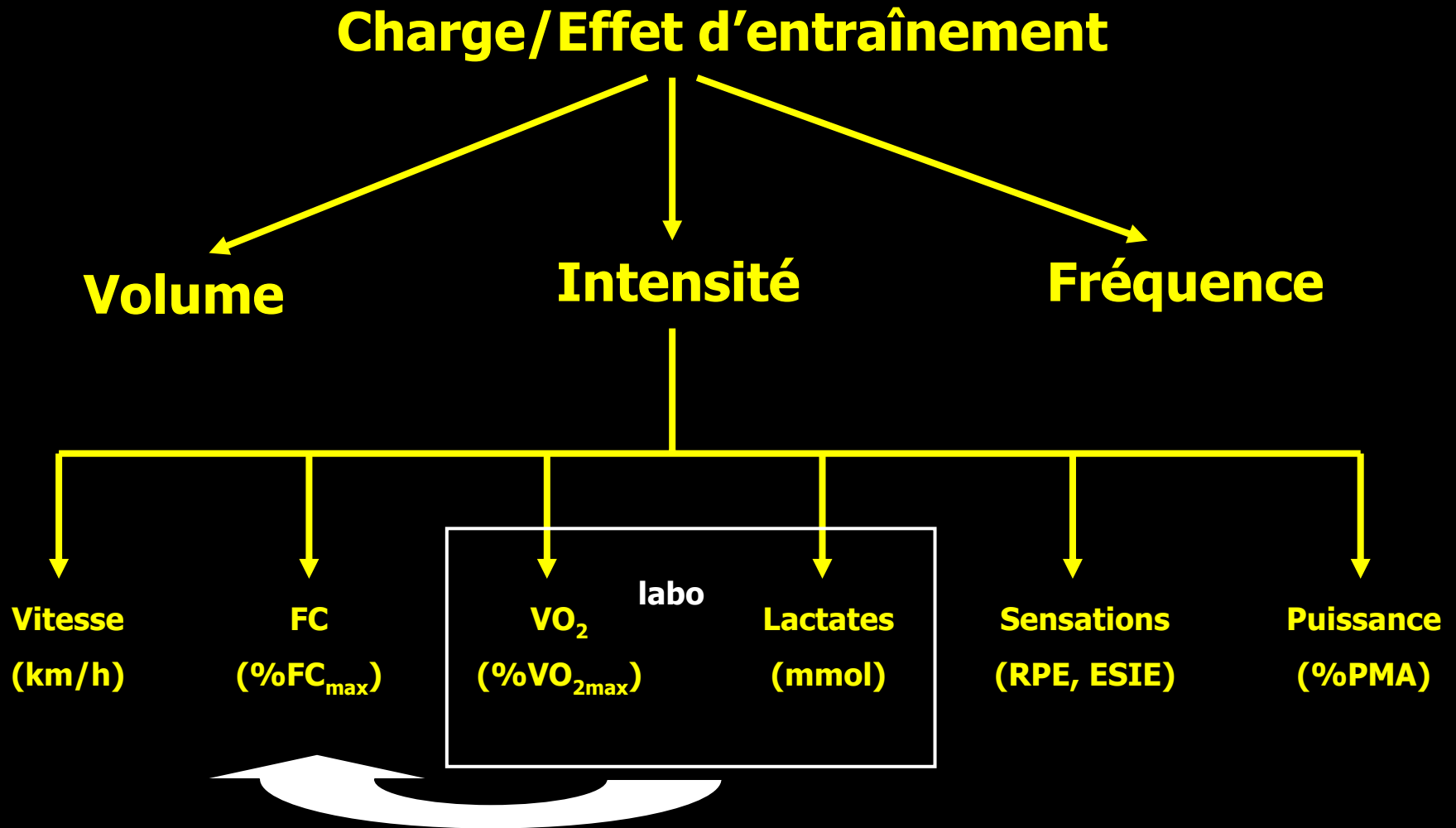


# Utilisation d'un capteur de puissance à l'entraînement

## Contenu de la présentation

- Quantification de l'intensité en cyclisme
- La puissance en cyclisme
- La mesure de la puissance
- Les apports d'un capteur de puissance
- Comment s'entraîner avec un capteur de puissance
- Comment analyser les fichiers de puissance
- Comment utiliser les données de puissance

# Quantification de l'intensité en cyclisme



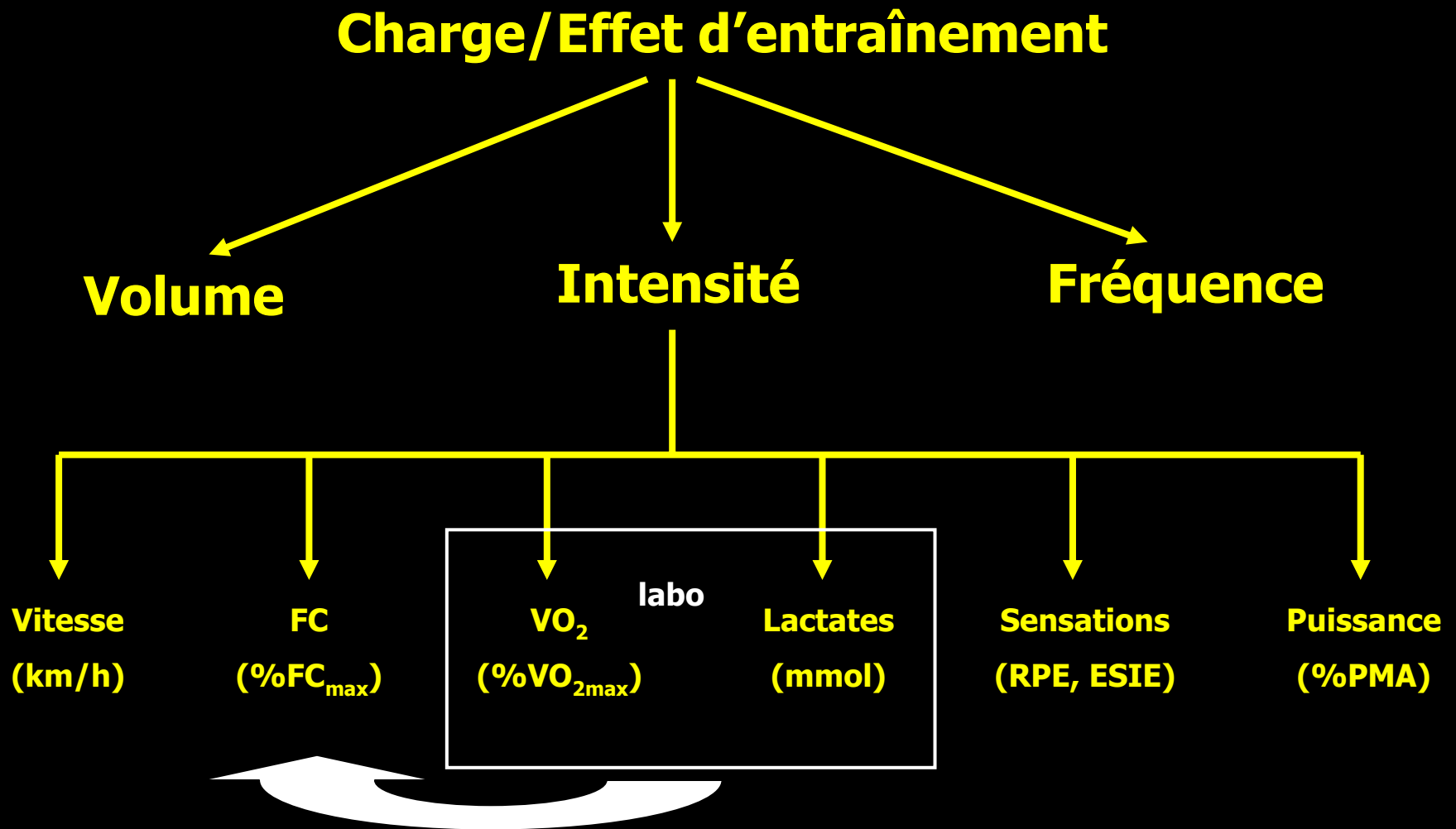
# Quantification de l'intensité en cyclisme

## Échelle CR-10 de Borg

### Échelle de perception de l'exercice

0	Rien du tout
0.3	
0.5	Extrêmement faible
1	Très faible
1.5	
2	Faible
2.5	
3	Modéré
4	
5	Intense
6	
7	Très Intense
8	
9	
<b>10</b>	<b>Extrêmement intense</b>
11	
—	
●	Maximum absolu

# Quantification de l'intensité en cyclisme



# Quantification de l'intensité en cyclisme

## Quantification de l'intensité avec la vitesse

Méthode très limitée car influencé par :

- terrain (montée, descente, vent)
- « drafting »

Seulement utilisable en roulant seul, sur le plat, sans vent

# Quantification de l'intensité en cyclisme

## Quantification de l'intensité avec la FC

Méthode avec ses limites car influencé par :

- température (chaud ↑, froid ↓)
- déshydratation (↑)
- altitude (↑)
- fatigue lors de la séance (↓)
- surentraînement (↓)
- position sur le vélo (CLM) (↑ ± 5 bpm)
- variabilité journalière (2-4 bpm sous conditions contrôlé)

+ :

- dérive cardiaque lors intensité constante par vasodilatation (aggravé par fatigue, température du corps et déshydratation)
- non significative pour des efforts courts et intensifs (accélérations et sprints en course)

# Quantification de l'intensité en cyclisme

## Quantification de l'intensité avec la FC

Méthode avec ses limites, mais bon indicateur pour :

- « whole body stress »
- surentraînement

# Quantification de l'intensité en cyclisme

## Quantification de l'intensité avec la sensations

Méthode avec ses limites car influencé par :

- température (↑)
- déshydratation (↑)
- altitude (↑)
- fatigue lors de la séance (↑)
- surentraînement (↑)

Mais bon indicateur pour :

- « whole body stress »
- fatigue / surentraînement

# Quantification de l'intensité en cyclisme

## L'importance d'une bonne quantification d'intensité



évaluer les efforts en course et entraînement



déterminer précisément la charge d'entraînement



prévenir le surentraînement

# La puissance en cyclisme

Puissance = meilleur indicateur direct de l'intensité



Puissance = dépense énergétique / unité de temps



Puissance = Joules / sec



Puissance = Watt

# La puissance en cyclisme

Puissance = meilleur indicateur direct de l'intensité (l'effort fourni)

mais attention.....

FC + sensations sont complémentaires, car conséquences  
physiologique + psychologique



Chaleur



Altitude



Fatigue

# La puissance en cyclisme

Puissance = dépense énergétique / unité de temps



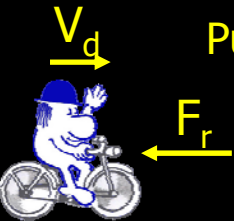
Puissance = travail mécanique / unité de temps

en cas de déplacement linéaire

Puissance = (force x distance) / sec

Puissance = force x (distance / sec)

Puissance = force x vitesse



Puissance = résistance totale à l'avancement x  $V_{vélo}$

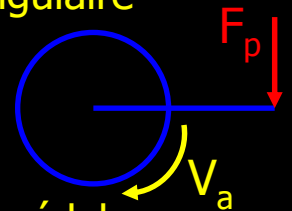
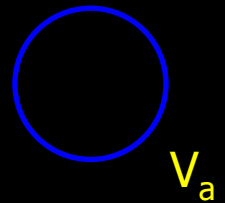
en cas de rotation

Puissance = (couple x distance angulaire) / sec

Puissance = couple x (distance angulaire / sec)

Puissance = couple x vitesse angulaire

Puissance =  $F_{pédale}$  x cadence de pédalage

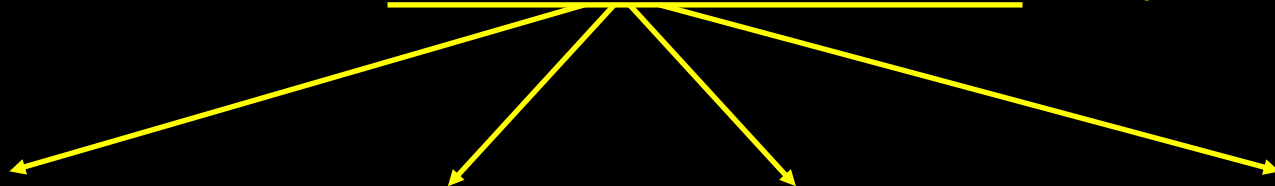


# La puissance en cyclisme

Puissance = force x vitesse



Puissance = résistance total à l'avancement x  $V_d$



Résistance à l'air

(dépendant de la vitesse<sup>2</sup>)



vent

densité de l'air

surface frontale

coefficient de pénétration

Résistance à la gravité



pente

poids

Résistance au roulement

(indépendant de la vitesse)



revêtement de la route

qualité des pneus

gonflage des pneus

Résistance aux frottements mécaniques



chaîne

roulements des roues

axe de pédalier et de

pédales

Etc.

# La mesure de la puissance

Avant le début des années 90's : qu'en labo



Relation P-FC établie en labo

Sur le terrain : FC = mesure indirect de P

...mais relation P-FC pas toujours net sur terrain!!

# La mesure de la puissance

Depuis les années 90's : en labo..... et sur le terrain!

Plusieurs systèmes disponibles:

**SRM**

**PowerTap**

**Ergomo**

**Polar**

**Ibike**

Chaque système a sa méthode de mesure de puissance

# La mesure de la puissance

**SRM** 

Principe : Puissance =  $F_{\text{pédale}}$  x Cadence de pédalage

Méthode : mesure de déformation du plateau du pédalier avec des jauges de contraintes (2, 4 ou 8)

Précision :  $\pm 5\%$  (model Amateur) et  $\pm 2\%$  (model Pro)



## Avantages :

- **validé**
- re-calibration annuelle
- le plus vieux, donc le plus développé

## Désavantages :

- prix (~2000, 2700, 3200 euros en fonction du model)
- perte de 2-4% de puissance
- pas de données de couple
- jauges sensibles à  $\Delta T$

# La mesure de la puissance

## PowerTap



Principe : Puissance =  $F_{\text{moyeu}}$  x vitesse angulaire du moyeu

Méthode : mesure de déformation du moyeu avec 4 jauges de contraintes

Précision :  $\pm 1.5\%$  (model Pro et SL)



### Avantages :

- **validé**
- prix accessible (~1300 euros)
- données de couple (force)
- facile à transférer de vélo à vélo

### Désavantages :

- utilisation de roue PowerTap
- moins précis lors des sprints
- ne peut pas être utilisé avec des freins à disques (donc limité pour le VTT)
- pas utilisable sur piste
- jauges sensibles à  $\Delta T$

# La mesure de la puissance

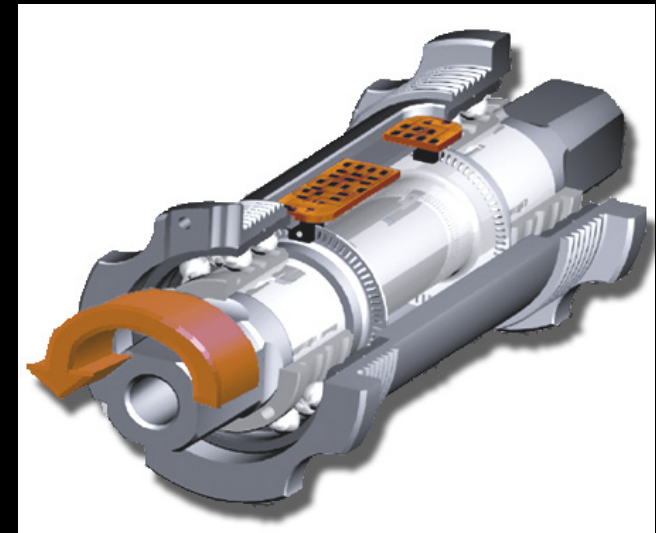
Ergomo 



Principe : Puissance =  $F_{\text{axe}}$  x cadence de pédalage

Méthode : mesure de déformation de l'axe du pédalier par deux capteurs optiques

Précision :  $\pm 0.5\%$  ??



Avantages :

- utilisable sur tout vélo et avec tout matériel
- données de pentes

Désavantages :

- **faible validité ( $\Delta$  avec SRM = 6-10%, et pas reproductible)**
- mesure seulement la puissance de la jambe gauche

# La mesure de la puissance

## Polar S710

Principe : Puissance =  $F_{\text{pédale}}$  x cadence de pédalage

Puissance = tension de la chaîne x vitesse de la chaîne

Méthode : mesure de la vibration de la chaîne par deux sensors optiques

Précision :  $\pm 10\%$  en instantané et 2-5% sur moyenne

### Avantages :

- utilisable sur tout vélo et avec tout matériel
- prix (~ 270 euros, quand on a déjà le S710)

### Désavantages :

- **faible validité ( $\Delta$  avec SRM = 24% et  $\Delta \uparrow$  quand CAD  $\uparrow$ )**
- vibrations sur hometrainer ou route influence aussi la validité



# La mesure de la puissance

Ibike



Principe : Puissance = résistance totale à l'avancement x  $V_{\text{vélo}}$

Méthode : mesure de résistance a l'avancement par

« technologies de sensors »

- X-Y accéléromètre →  $R_{\text{gravité}}$
- baromètre →  $R_{\text{air}}$
- « pression aérodynamique » →  $R_{\text{air}}$

Précision : « = concurrents »

Avantages :

- prix (~ 310 euros)
- poids (58 grams)
- facile à installer
- utilisable sur tout vélo et avec tout matériel

Désavantages :

- **pas encore validé!**
- ne prends pas en compte  $R_{\text{roul}}$  +  $R_{\text{frottements}}$
- ne marche pas sur home-trainer



# La mesure de la puissance

## Conclusion :

Pour l'instant : seuls les puissances de SRM et PowerTap sont valides et reproductible

Choix entre les deux en fonction du budget et de l'utilisation de prévu

Distribution : Matsport



# Les apports d'un capteur de puissance

**Beaucoup d'information au coureur et à l'entraîneur**

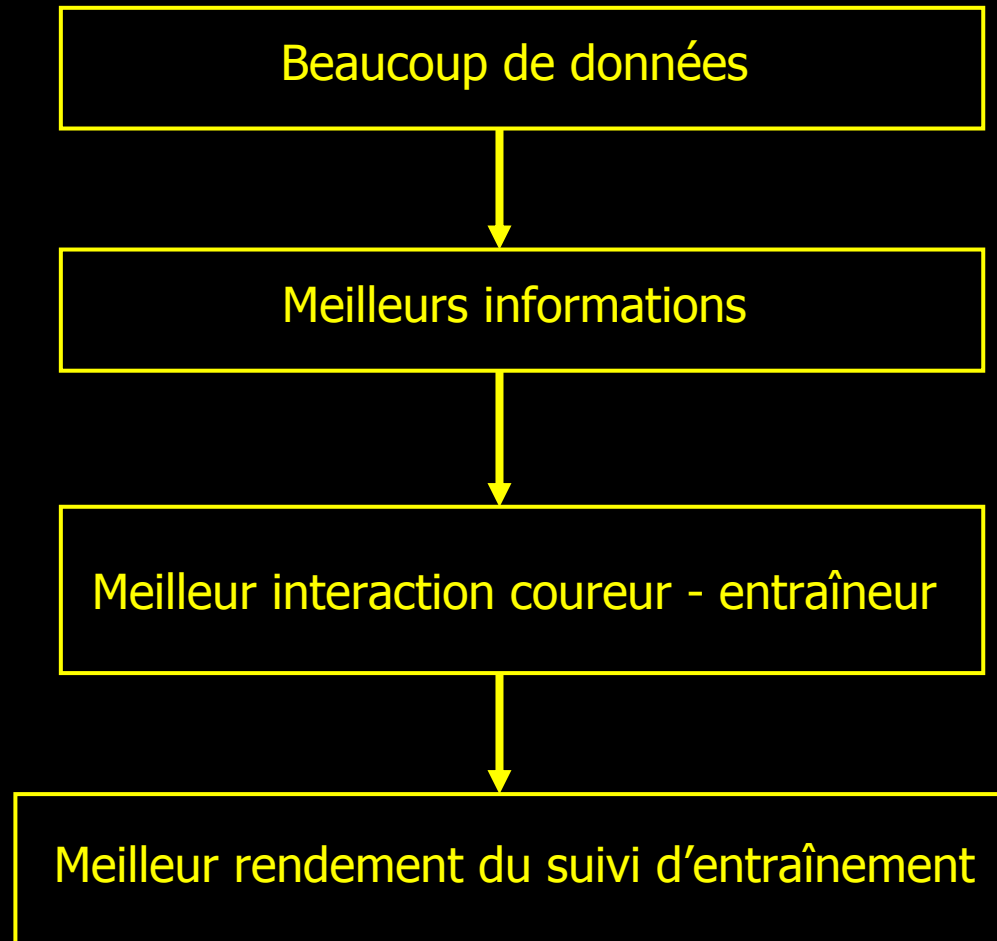
$(V, P, FC, F \text{ et } CAD)/\text{sec} \times 3600\text{sec/h} \times \text{plusieurs h/jour} \times 365 \text{ jours/an}$



**beaucoup de données !!**

# Les apports d'un capteur de puissance

Optimise le suivi d'entraînement pour l'entraîneur



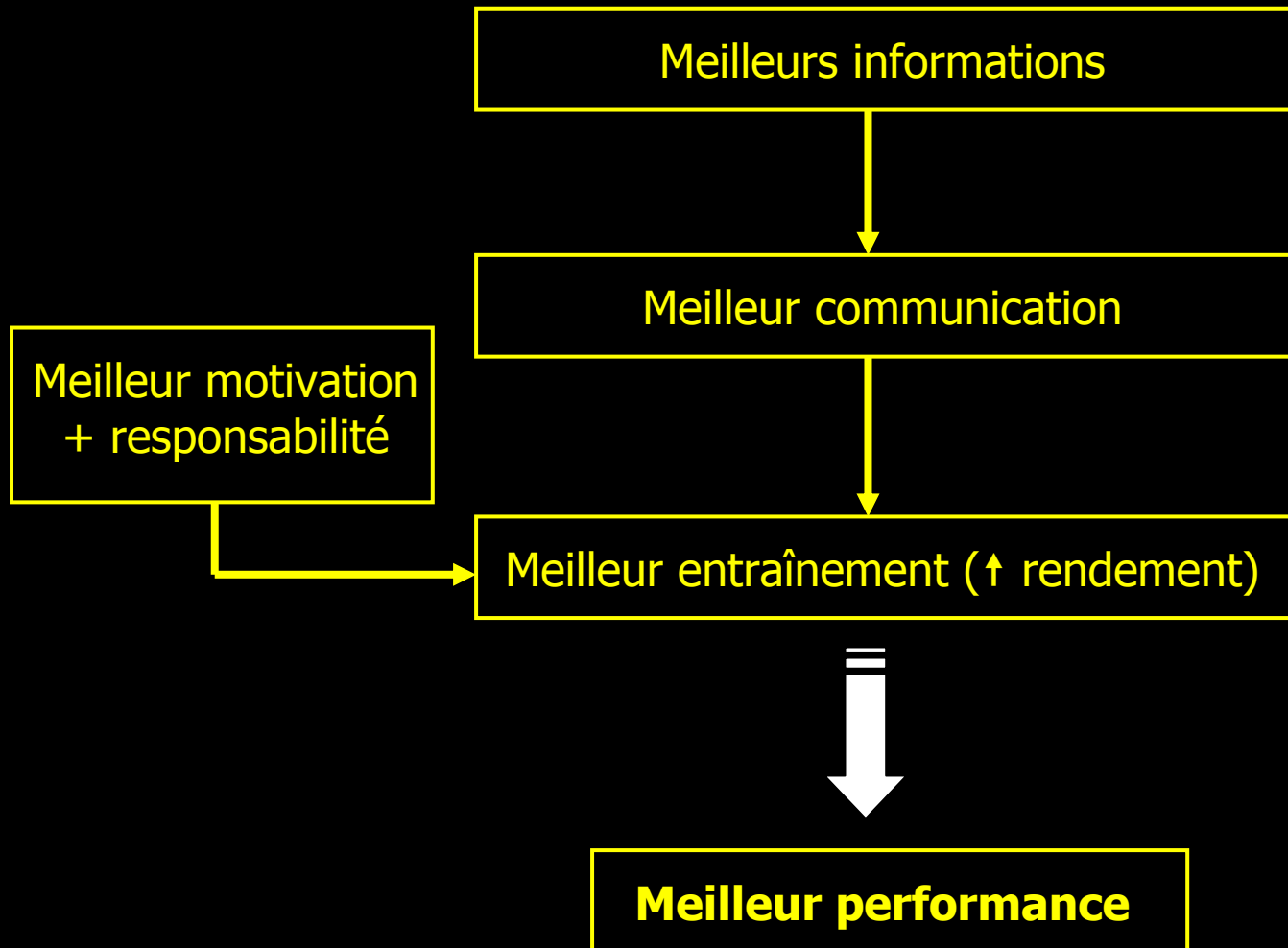
# Les apports d'un capteur de puissance

## Motive et responsabilise le coureur

- pas faiblir lors des intervalles
- améliorer les données de séances précédentes
- l'entraîneur voit tout

# Les apports d'un capteur de puissance

**Donc :**



# Les apports d'un capteur de puissance

**Déterminer les points faibles et les points forts**



Mieux identifier les objectifs et les méthodes/séances d'entraînement

# Les apports d'un capteur de puissance

## Déterminer les points faibles et les points forts

En analysant les puissances correspondent aux aptitudes :

- Force-Vélocité
- Tolerance aux lactates
- Puissance Aérobie
- Endurance

# Les apports d'un capteur de puissance

Analyser les points faibles et les points forts :



utiliser le profile de puissance

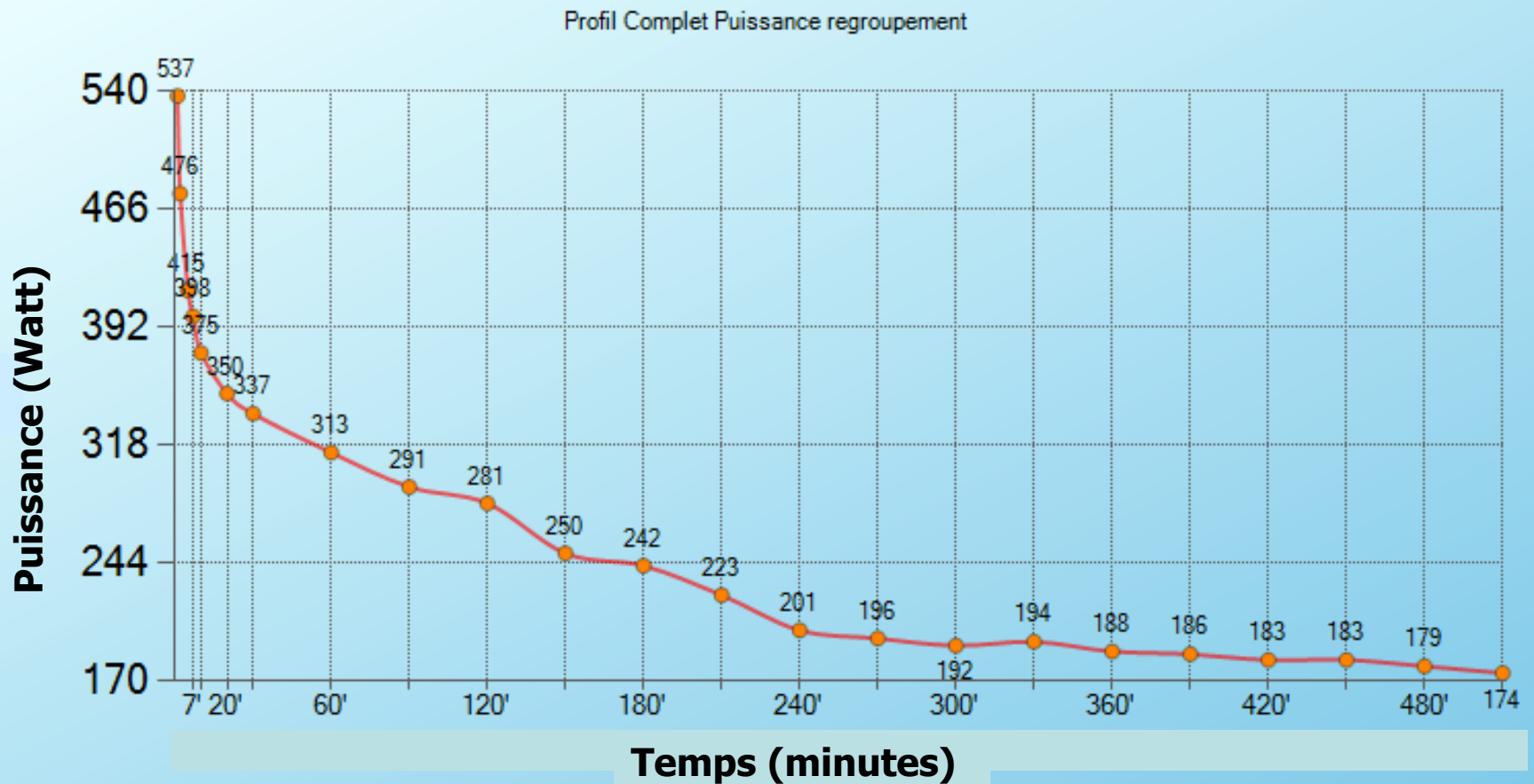
Puissance			
Durée effort	Moyenne	Début	Fin
30 sec	375,9	32'45"	33'15"
1 min	325,9	163'21"	164'21"
2 min	305,5	163'21"	165'21"
5 min	252,9	163'15"	168'15"
7 min	221,8	163'18"	170'18"
10 min	215,5	163'21"	173'21"
20 min	190,4	37'04"	57'04"
0 h.30	184,9	37'04"	67'04"
1 h.00	170,7	114'28"	174'28"
1 h.30	167,8	96'03"	186'03"
2 h.00	167,7	37'04"	157'04"
2 h.30	167,2	37'47"	187'47"
3 h.00	165,1	37'35"	217'35"
3 h.30	161,1	25'04"	235'04"
4 h.00	152,7	0'52"	240'52"

# Les apports d'un capteur de puissance

Analyser les points faibles et les points forts :



utiliser le profil de puissance

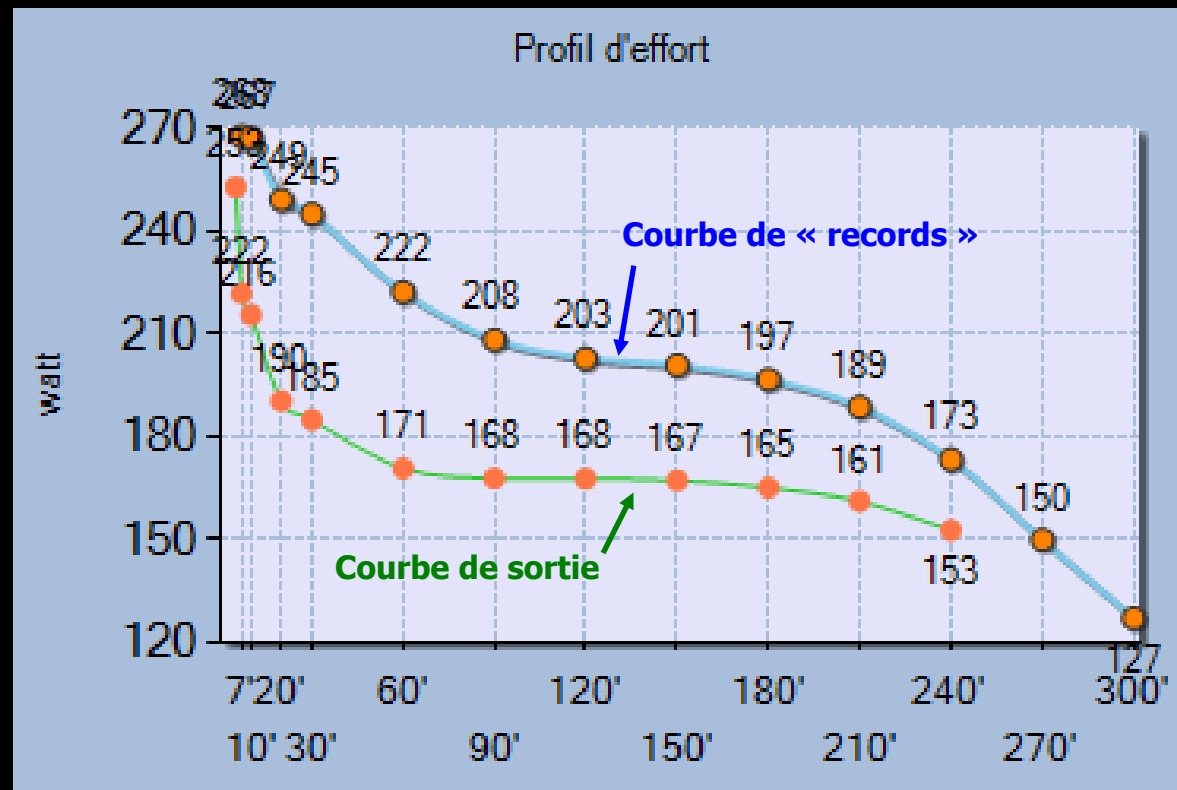


# Les apports d'un capteur de puissance

Analyser les points faibles et les points forts :



utiliser le profil de puissance

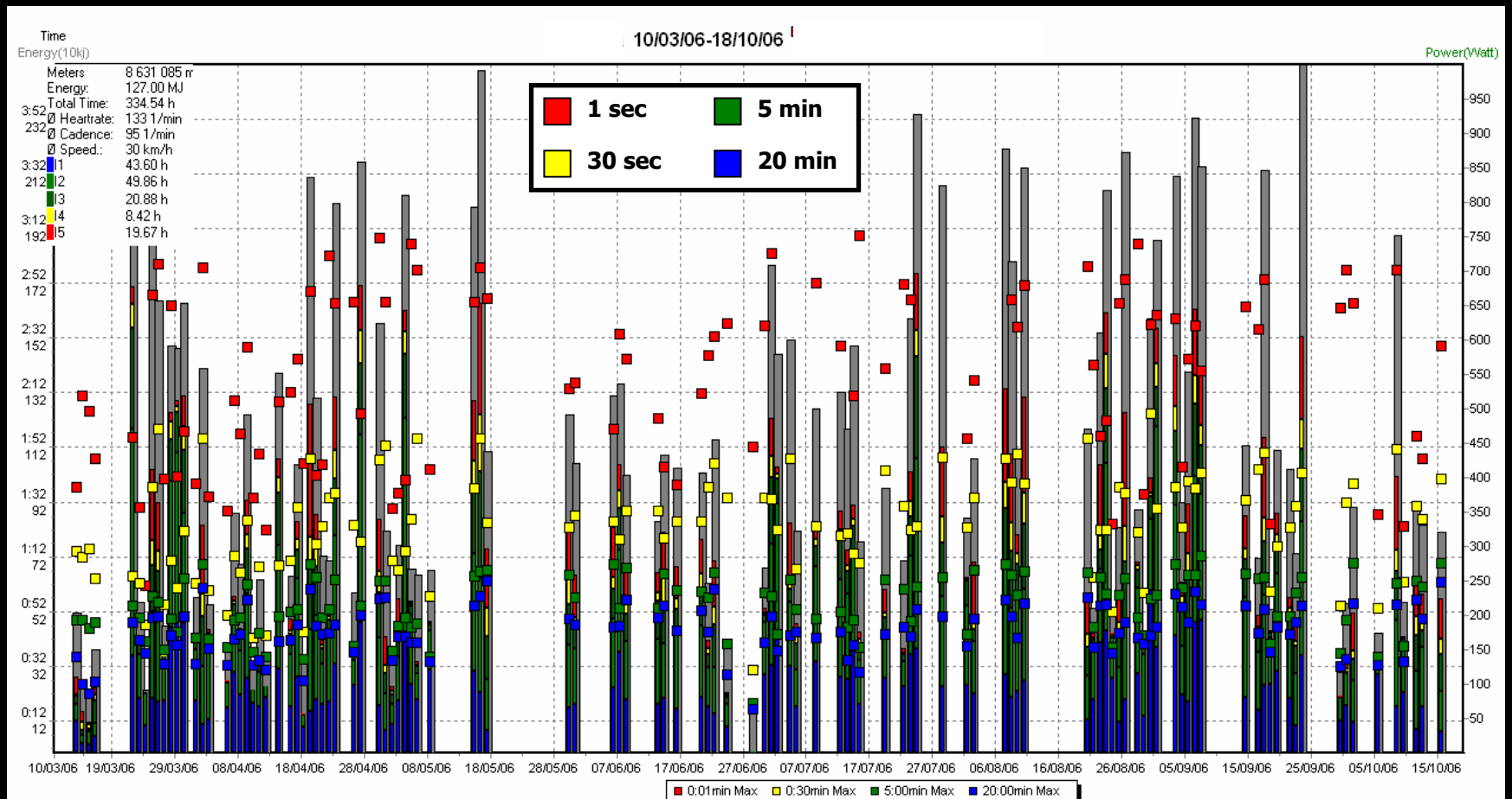


# Les apports d'un capteur de puissance

Analyser les points faibles et les points forts :



utiliser le profil de puissance



# Les apports d'un capteur de puissance

Identifier les « demandes énergétiques » de différents type de course  
( $P$ ,  $P_{\text{moy}}$  et temps passé dans les zones d'intensité)



Mieux identifier les objectifs et les méthodes/séances d'entraînement

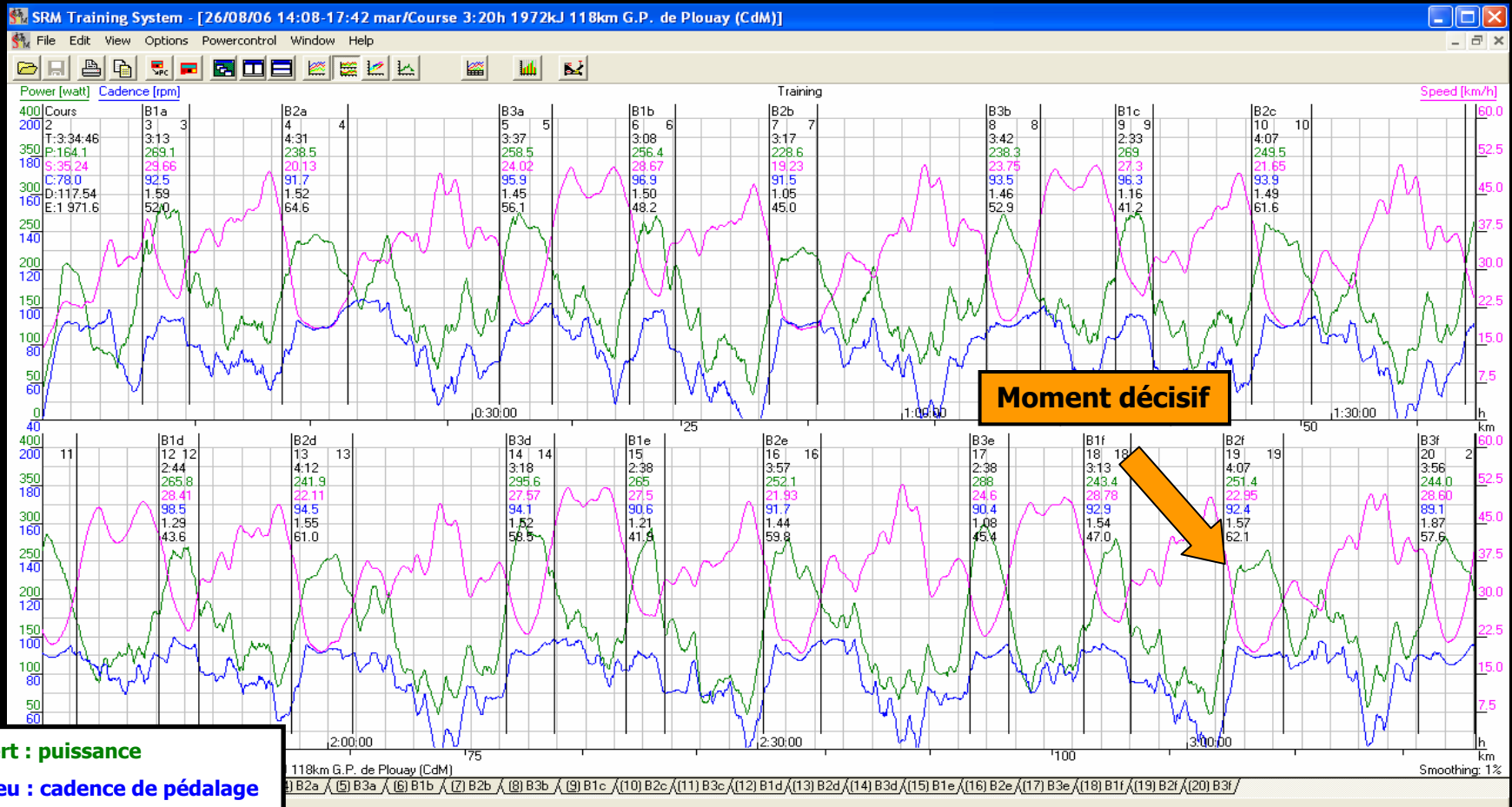


Spécificité de l'entraînement !

# Les apports d'un capteur de puissance

Identifier les « demandes énergétiques » de différents type de course (P, P<sub>moy</sub> et temps passé dans les zones d'intensité)

Exemple : Coupe du Monde Féminine à Plouay



Vert : puissance

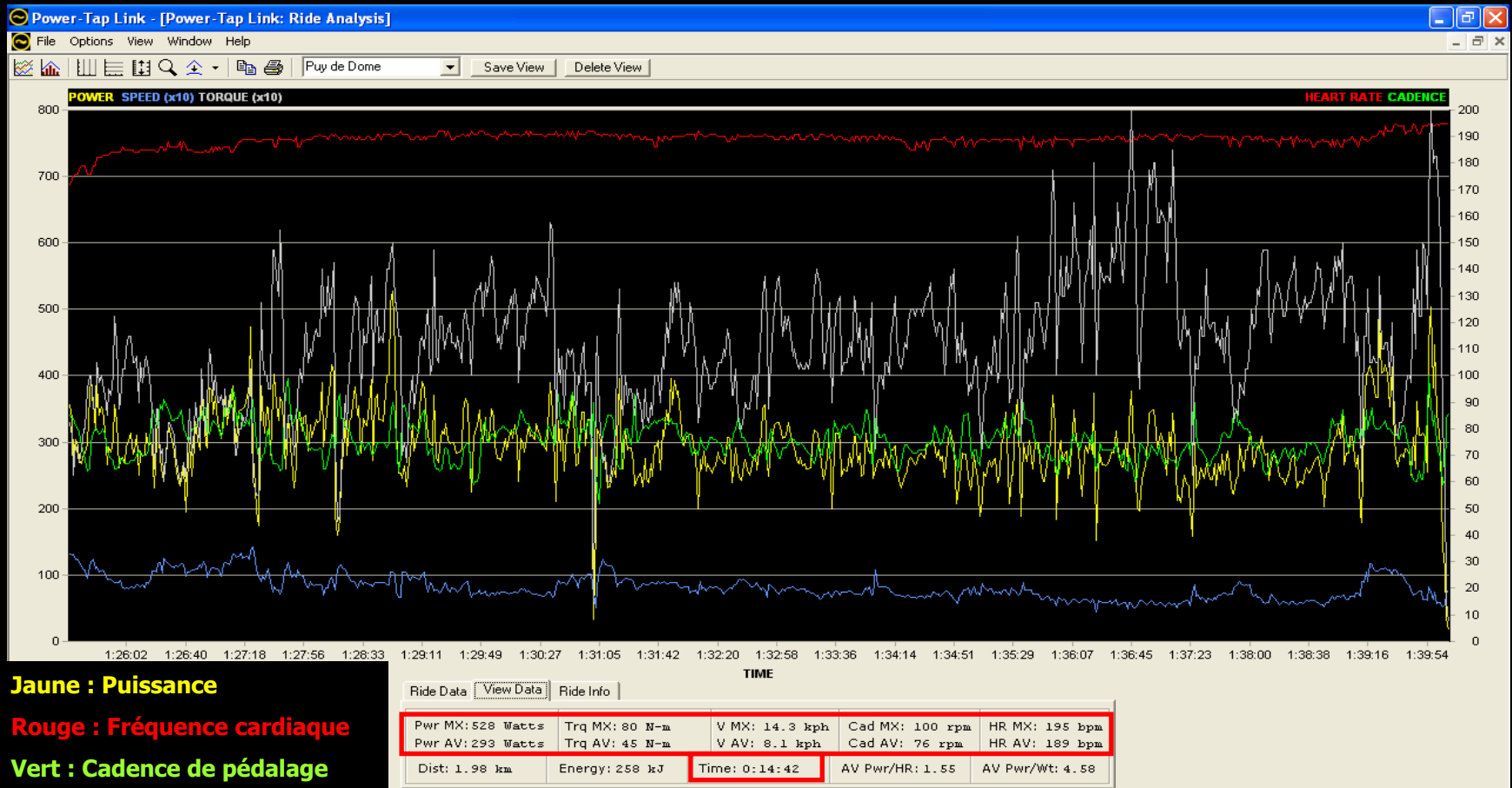
Bleu : cadence de pédalage

Rose : vitesse

# Les apports d'un capteur de puissance

Identifier les « demandes énergétiques » de différents type de course (P,  $P_{moy}$  et temps passé dans les zones d'intensité)

Exemple : Montée du Puy-de-Dôme en VTT



Jaune : Puissance

Rouge : Fréquence cardiaque

Vert : Cadence de pédalage

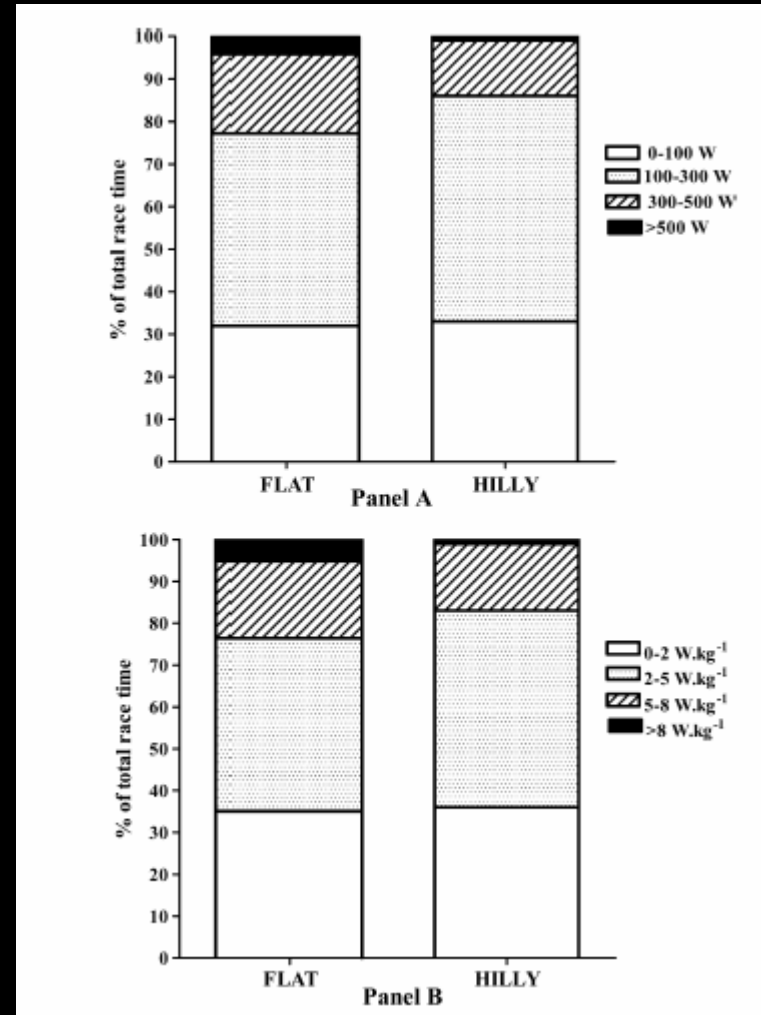
Gris : Force

Bleu : Vitesse

# Les apports d'un capteur de puissance

Identifier les « demandes énergétiques » de différents type de course  
( $P$ ,  $P_{\text{moy}}$  et temps passé dans les zones d'intensité)

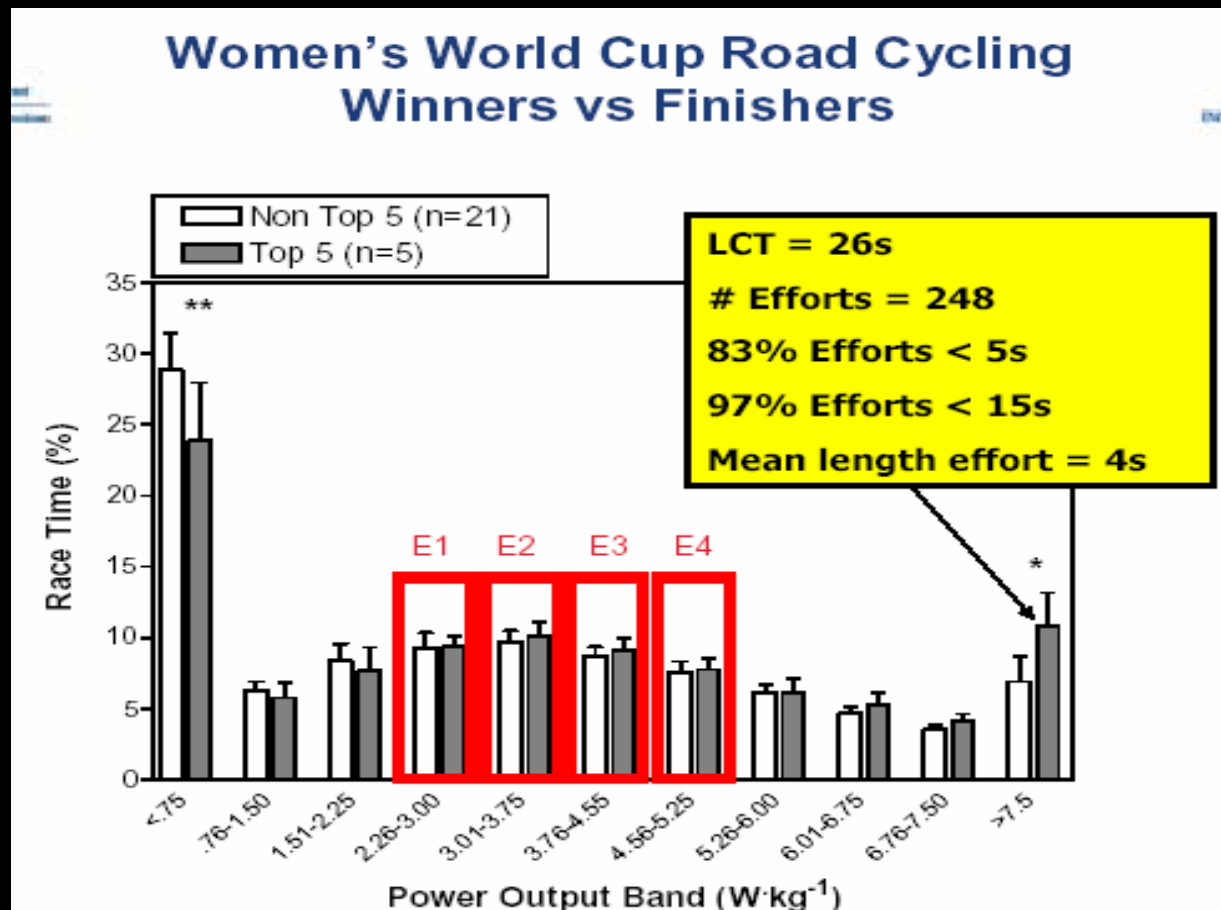
Analyse de 27 fichiers SRM de féminines lors de courses de Coupe du Monde (19 « plat », 8 « avec profil »)



# Les apports d'un capteur de puissance

## Quelle aptitude est nécessaire pour gagner? (Étude australienne du AIS)

Méthode : Analyse de 26 fichiers SRM de 9 cyclistes féminines de l'équipe nationale australienne lors de 5 manches de la Coupe du Monde 1999



Données de D.T. Martin (AIS)

# Les apports d'un capteur de puissance

Ensuite : entraînement en fonction des aptitudes nécessaire pour gagner

## Interval training de 90 minutes (en total 9 minutes à I7)

### Duration Intervals

- Set#1 – 12x5sec; 1:6 W:R
- Set#2 – 6x10sec; 1:6 W:R
- Set#3 – 4x15sec; 1:6 W:R
- 10min Rest*
- Set#4 – 12x5sec; 1:3 W:R
- Set#5 – 6x10sec; 1:3 W:R
- Set#6 – 4x15sec; 1:3 W:R
- 10min Rest*
- Set#7 – 12x5sec; 1:1 W:R
- Set#8 – 6x10sec; 1:1 W:R
- Set#9 – 4x15sec; 1:1 W:R

$$3 \times 7' = 21'$$

$$3 \times 4' = 12'$$

$$3 \times 2' = 6'$$

# Les apports d'un capteur de puissance

**Analyser les « échecs » de course**

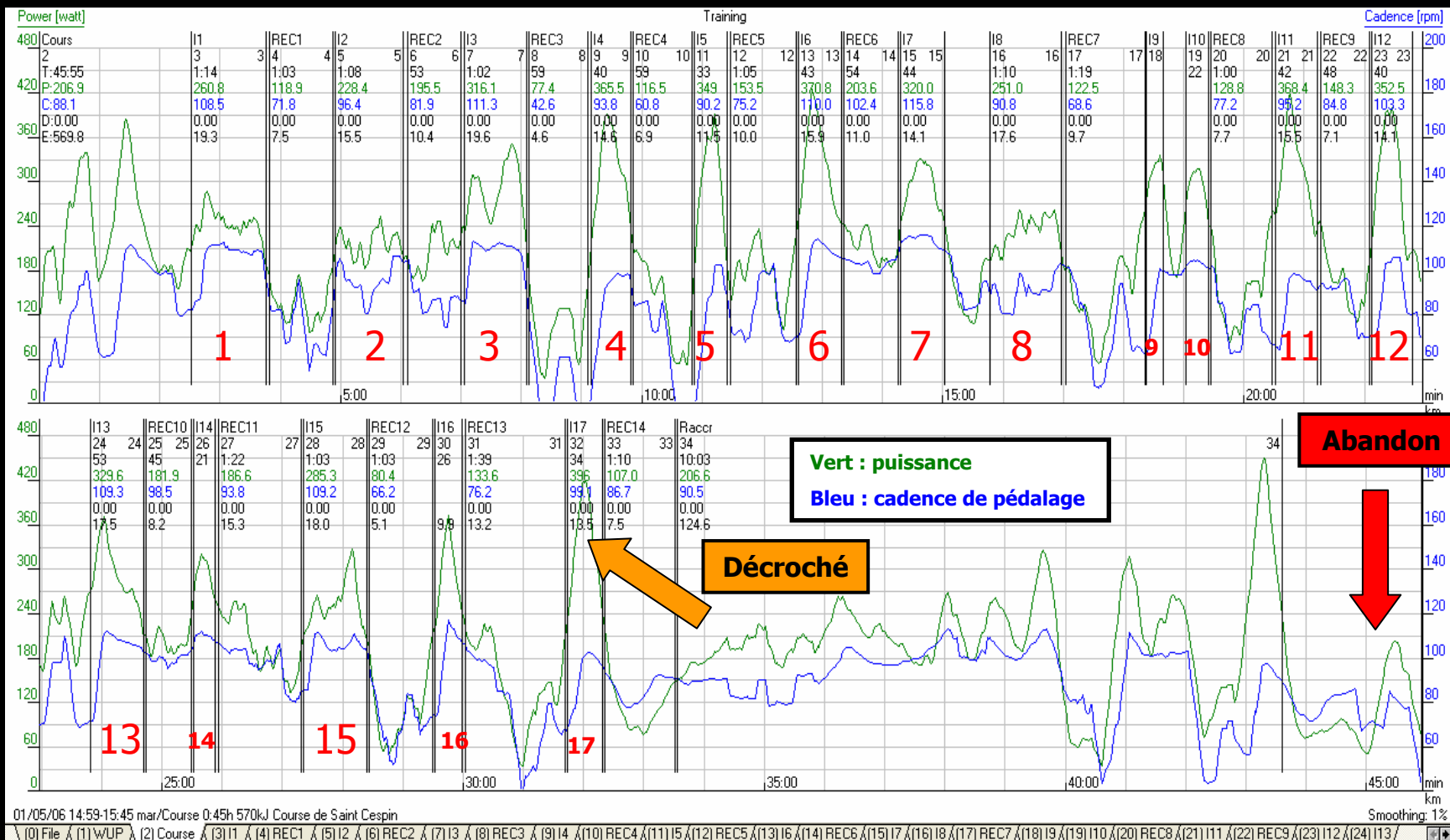


C'est souvent les fichiers qui donnent le plus d'information

# Les apports d'un capteur de puissance

## Analyser les « échecs » de course

17 intervalles de 30-60s à 300-400 W avec 60-90s de récup sur premières 30'



# Les apports d'un capteur de puissance

**Bien quantifier la charge et « surcharge »**



**par rapport aux données de P de séances précédent et au profil de puissance  
(exemple : préparer un objectif chrono)**

# Les apports d'un capteur de puissance

## Un suivi exacte de la progression

- régulièrement des tests de performance sur home-trainer ou sur route



le vélo = labo!

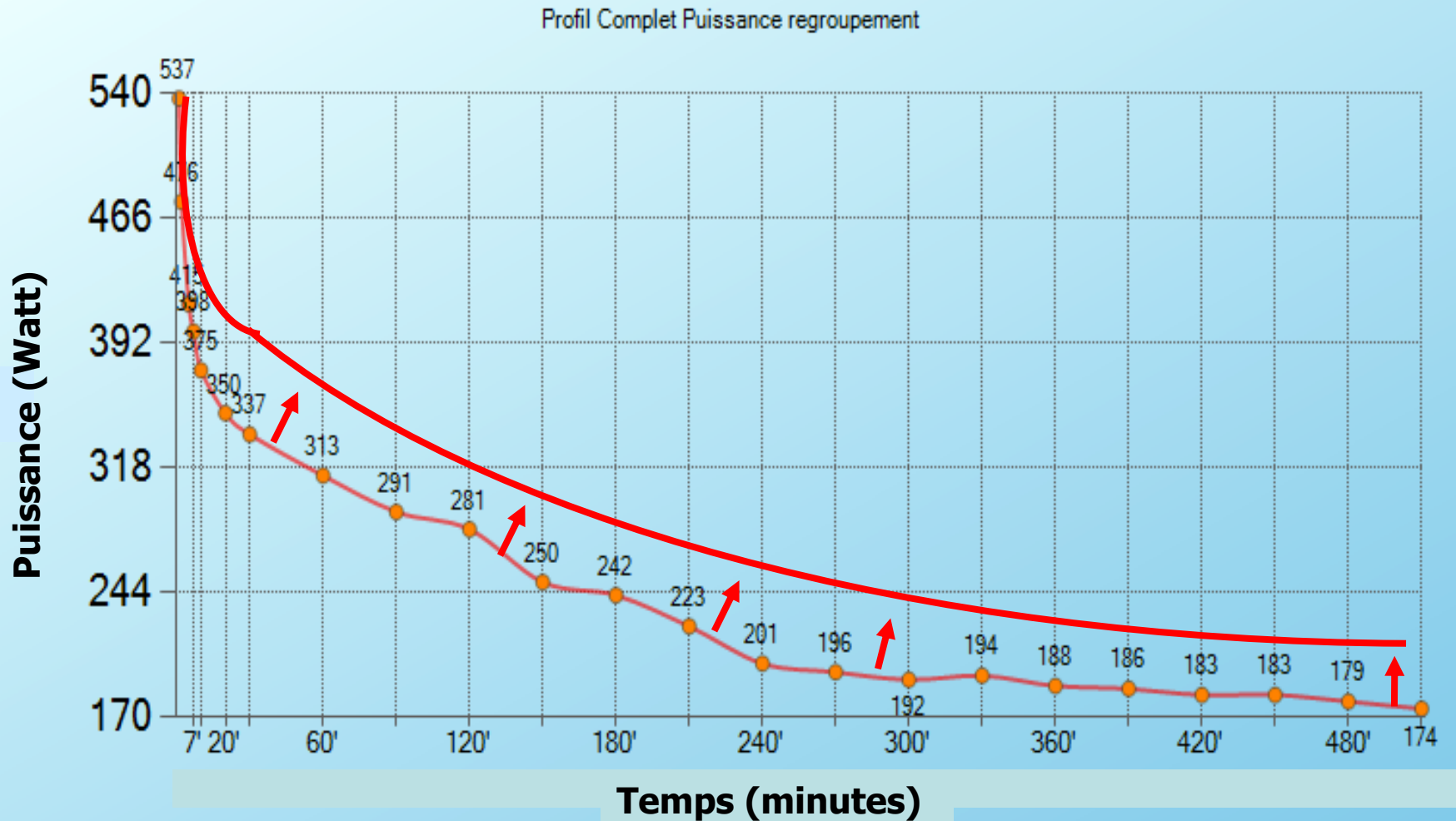
- analyse des séances sur route avec logiciels ou site internet FFC



profils de puissance

# Les apports d'un capteur de puissance

La progression : analyse du profil de puissance



# Les apports d'un capteur de puissance

## Un suivi exacte de la progression

- régulièrement des tests de performance sur home-trainer ou sur route

 le vélo = labo!

- analyse des séances sur route avec logiciels ou site internet FFC

 profils de puissance

- relation P-FC et P-sensations

 permet aussi de détecter de la fatigue

# Les apports d'un capteur de puissance

## Bien s'abriter dans le peloton ou dans une échappée

- le coureur apprend à mieux se placer et à économiser ses efforts
- effet de drafting : en poursuite par équipe  $\downarrow P$  de 64-71% (71-64-64%)
- un coureur sur étape roulante de Tour de France (6h,  $V_{\text{moy}}$  40 km/h ) :

  $P_{\text{moy}} = 98 \text{ W} !$  (seule : 275 W)

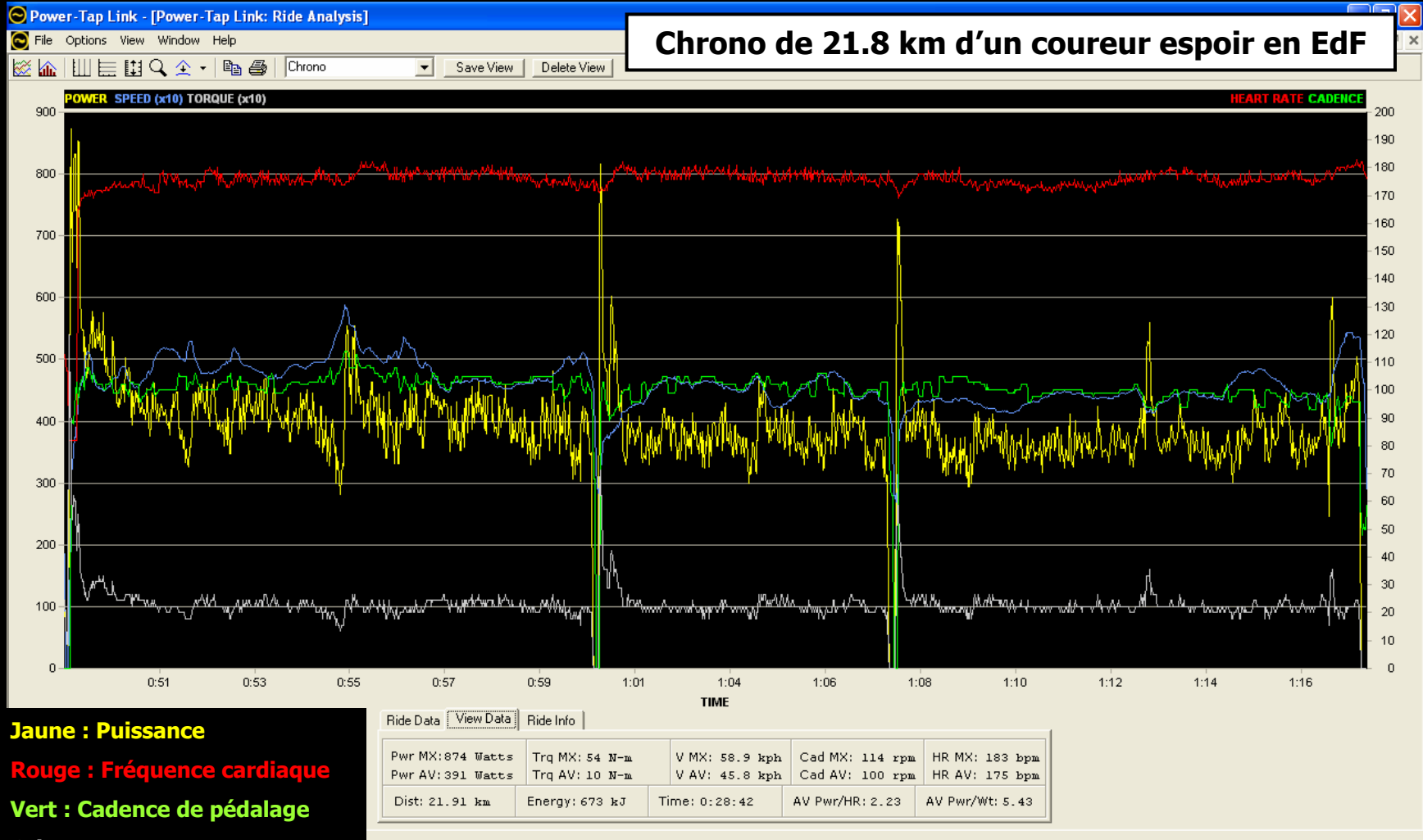
# Les apports d'un capteur de puissance

## Gérer ses efforts (pacing strategy)

- le coureur apprend à gérer en course et en chrono
- beaucoup de coureurs partent trop vite lors d'un CLM

# Les apports d'un capteur de puissance

## Gérer ses efforts (pacing strategy)



Jaune : Puissance

Rouge : Fréquence cardiaque

Vert : Cadence de pédalage

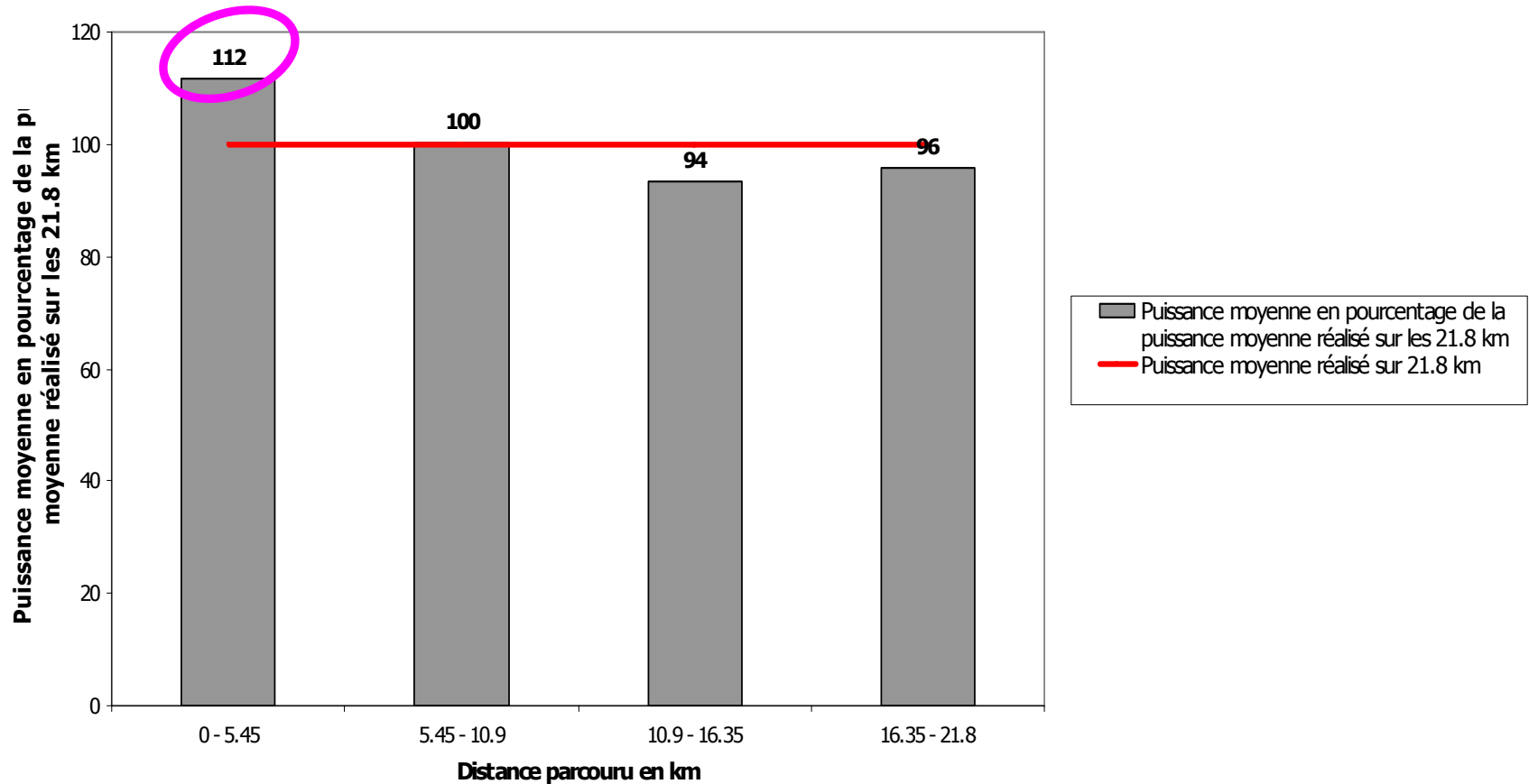
Gris : Force

Bleu : Vitesse

# Les apports d'un capteur de puissance

## Gérer ses efforts (pacing strategy)

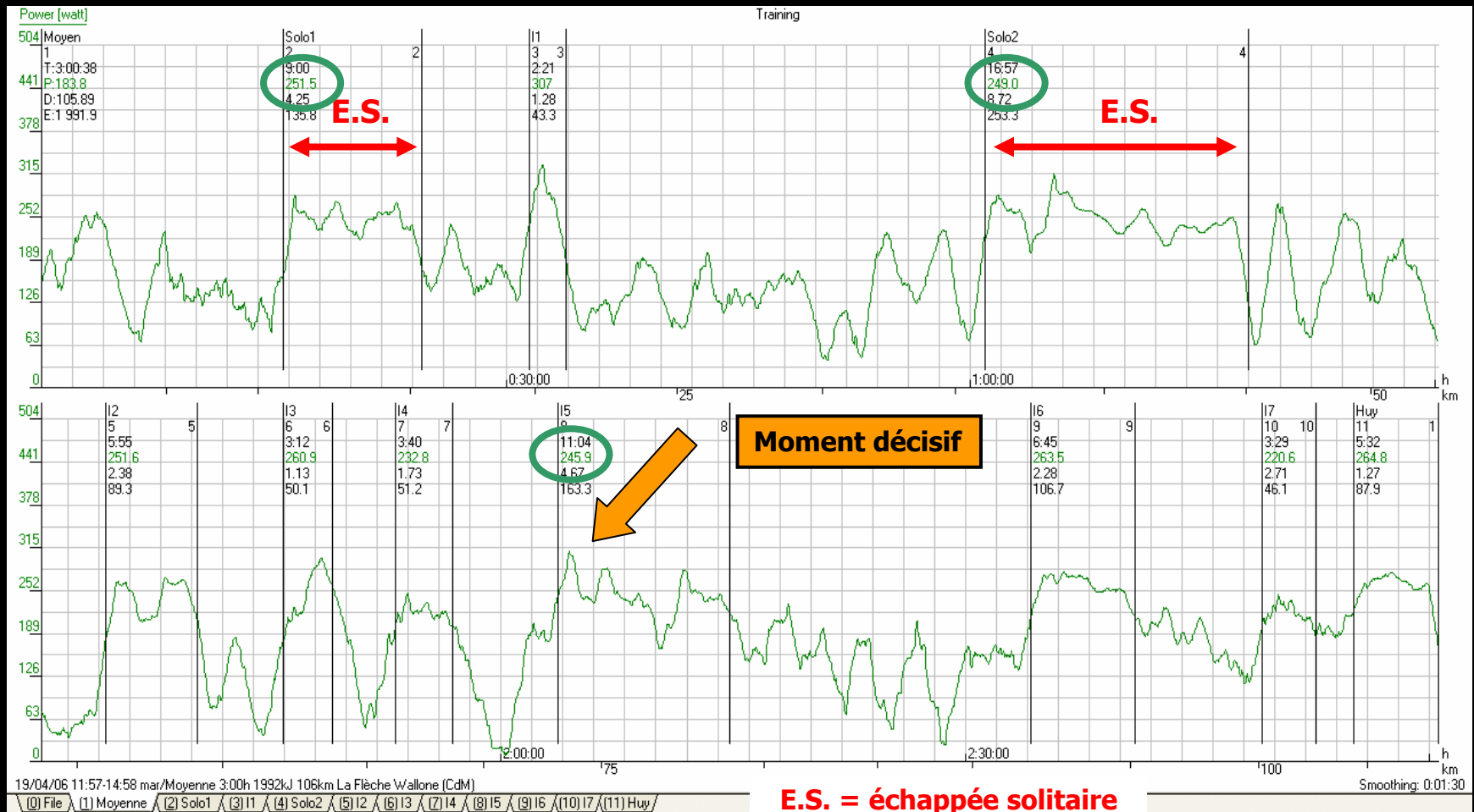
Gestion d'effort lors du contre-la-monte de 21.8 km (en pourcentage de la puissance moyenne réalisé sur les 21.8 km)



# Les apports d'un capteur de puissance

## Gérer ses efforts (pacing strategy)

### La Flèche Wallone (CdM féminine)



# Les apports d'un capteur de puissance

## Aérodynamisme

- la position influence la P pour une certaine vitesse en conditions stable (piste ou route plat sans vent)
- en course : mieux se positionner sur le vélo en plein effort

# Comment s'entraîner avec un capteur de puissance

- Déterminer les zones d'intensités en puissance (tests de performance « garage » ou sur le terrain)

- Avant chaque sortie :

**Calibration!!**

- Beaucoup de fluctuation -> s'entraîner dans des zones (~50 W) et non pas valeurs fixe

- les sensations restent primordial !



Comment sont les sensations par rapport aux P ?

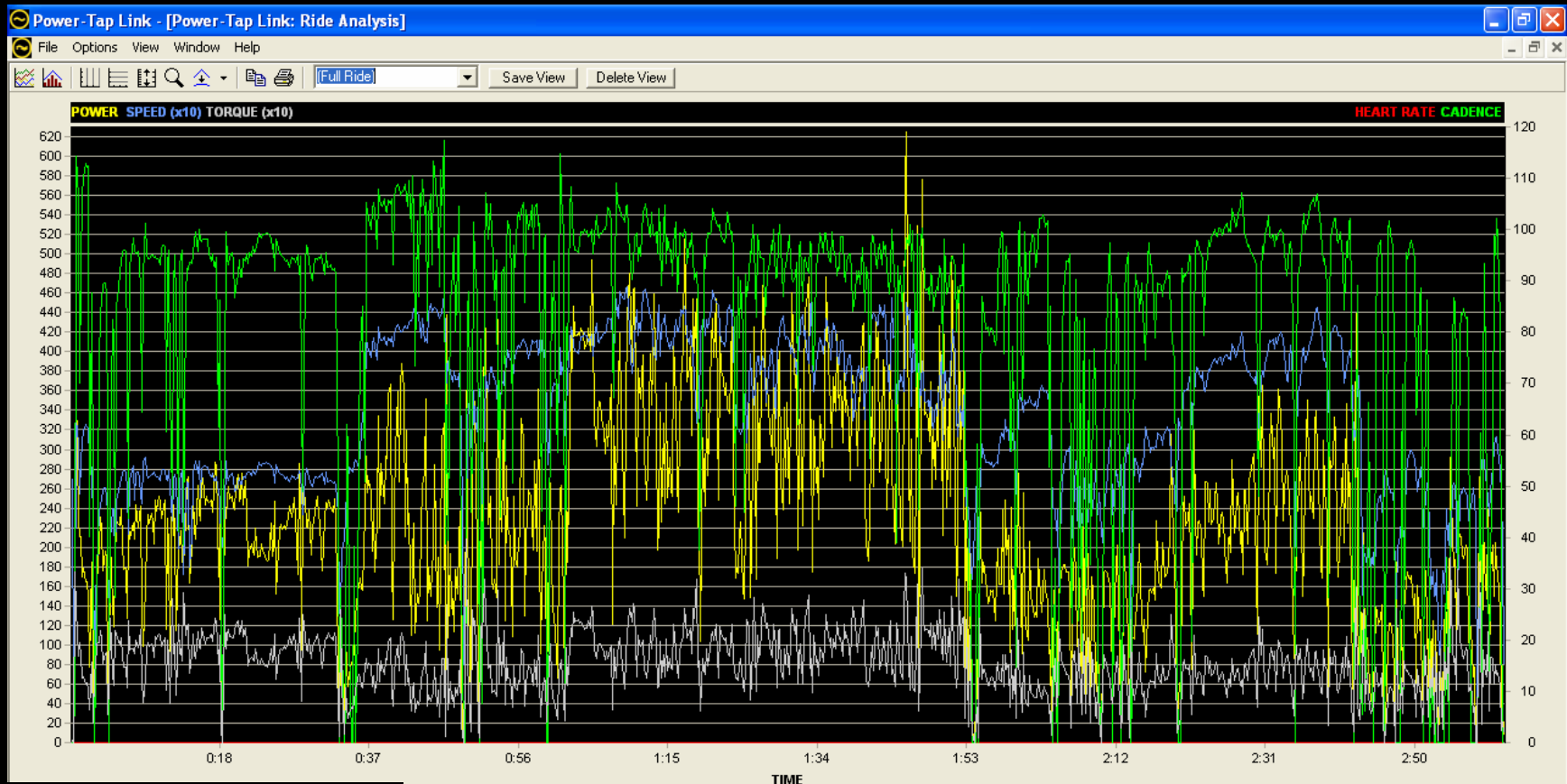
- en bosse :  $\uparrow$  P pour chaque zone d'intensité

# Comment analyser les fichiers de puissance

1) beaucoup de variation!  Éventuellement « lisser » les courbes

# Comment analyser les fichiers de puissance

Lissage des courbes de puissance (Exemple : pas lissé)



**Jaune : Puissance**

**Vert : Cadence de pédalage**

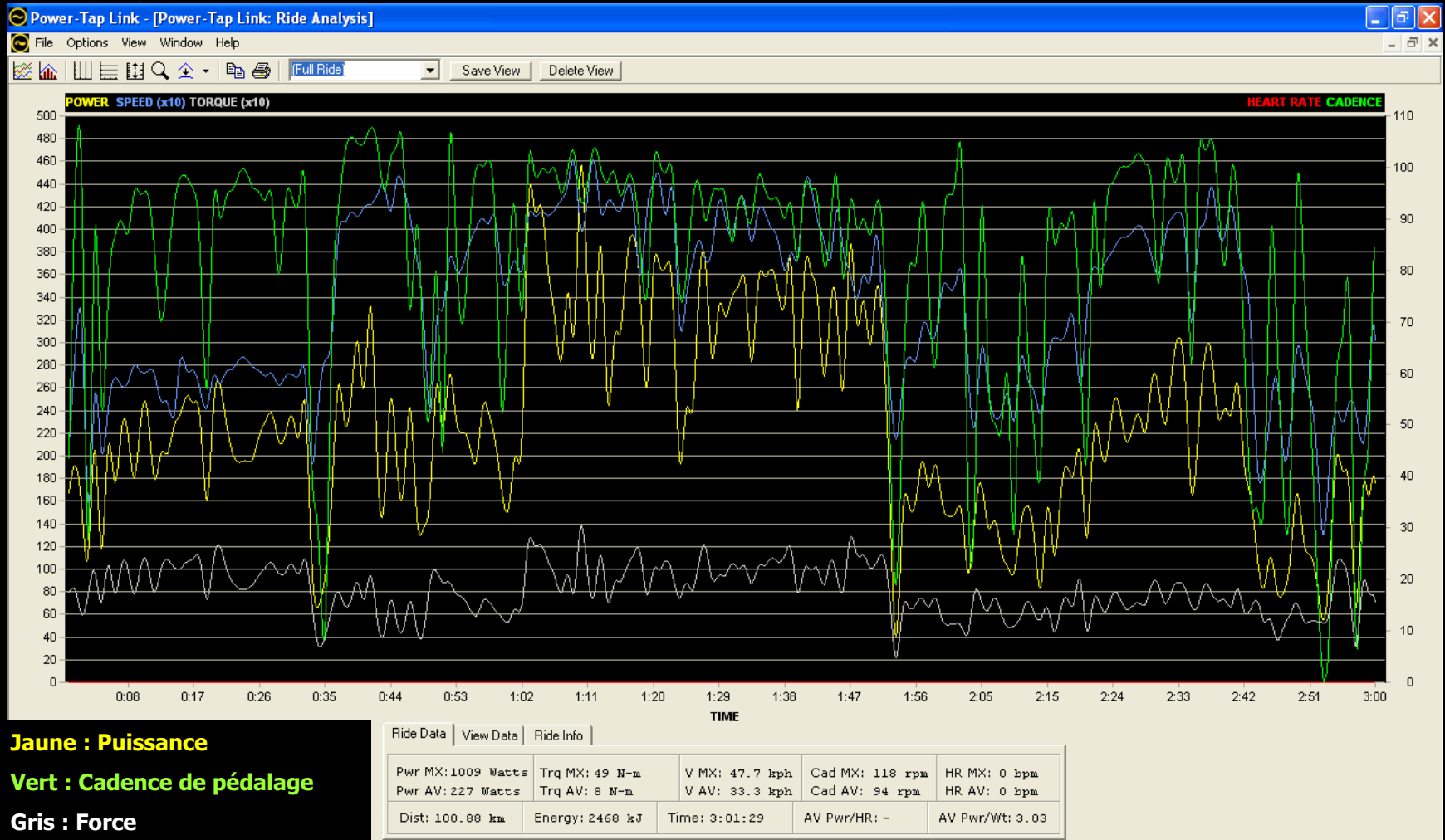
**Gris : Force**

**Bleu : Vitesse**

Ride Data	View Data	Ride Info		
Pwr MX: 1009 Watts	Trq MX: 49 N-m	V MX: 47.7 kph	Cad MX: 118 rpm	HR MX: 0 bpm
Pwr AV: 227 Watts	Trq AV: 8 N-m	V AV: 33.3 kph	Cad AV: 94 rpm	HR AV: 0 bpm
Dist: 100.88 km	Energy: 2468 kJ	Time: 3:01:29	AV Pwr/HR: -	AV Pwr/Wt: 3.03

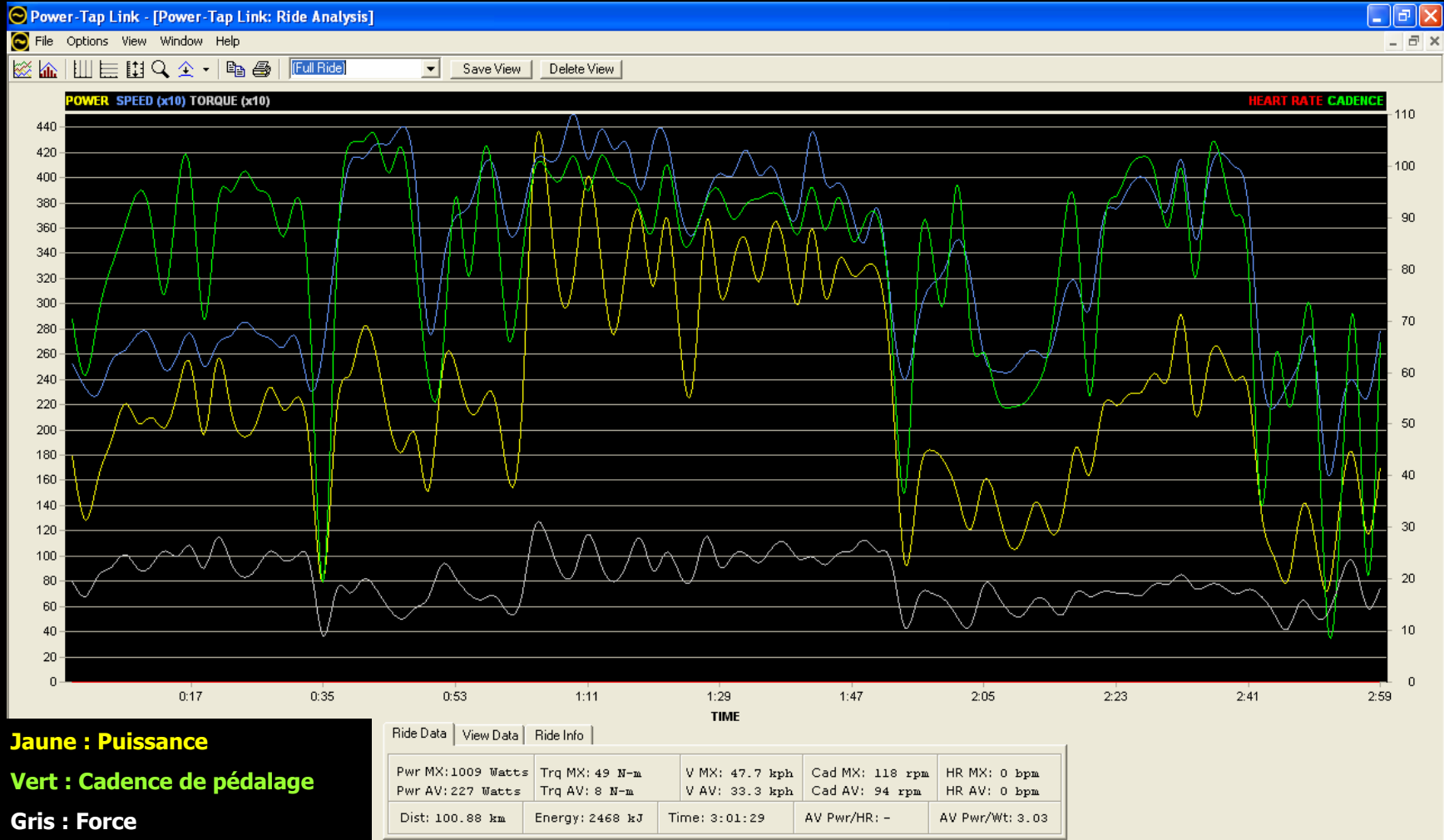
# Comment analyser les fichiers de puissance

Lissage des courbes de puissance (Exemple : lissage 5%)



# Comment analyser les fichiers de puissance

Lissage des courbes de puissance (Exemple : lissage 10%)



Jaune : Puissance

Vert : Cadence de pédalage

Gris : Force

Bleu : Vitesse

# Comment analyser les fichiers de puissance

Lissage des courbes de puissance (Exemple : lissage 15%)



Jaune : Puissance

Vert : Cadence de pédalage

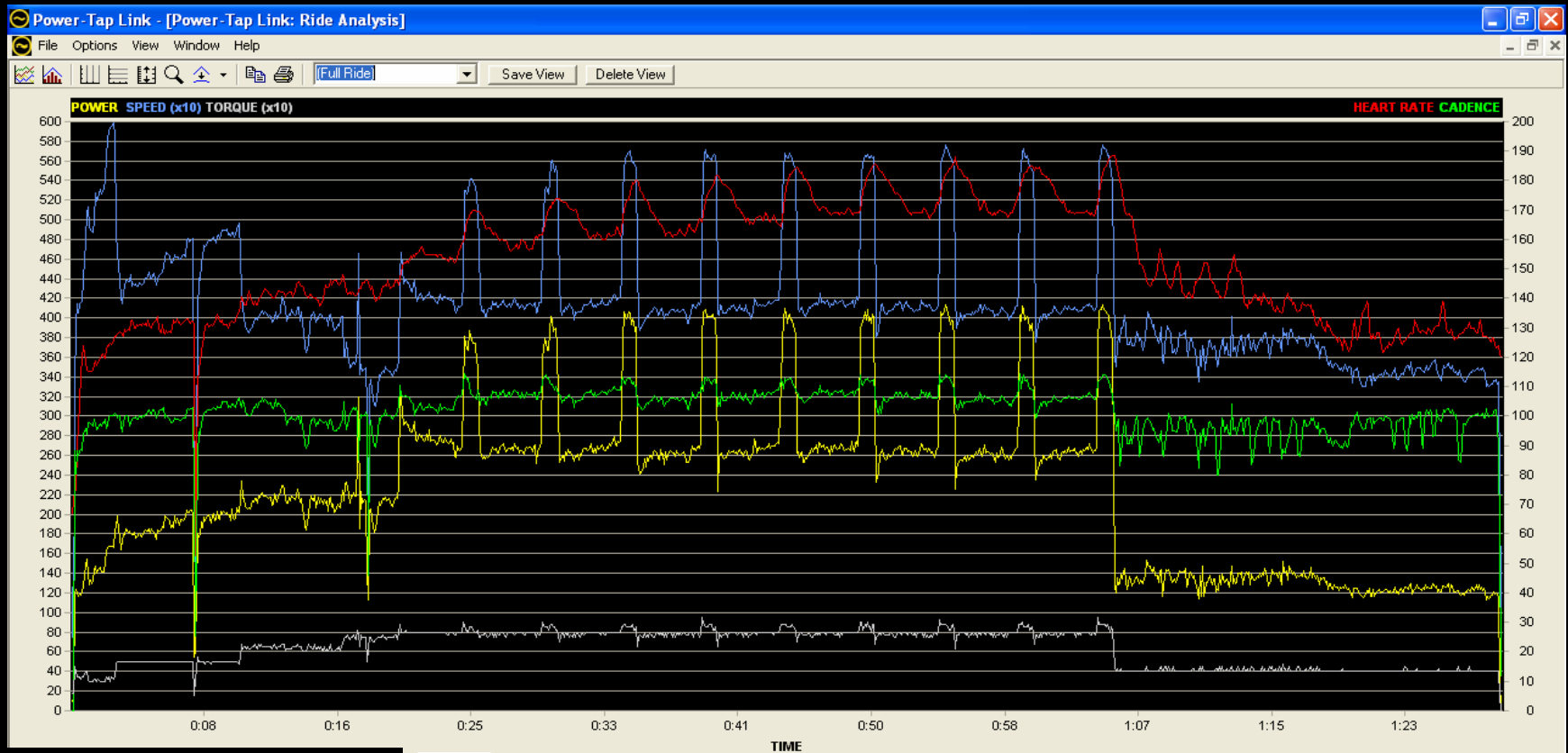
Gris : Force

Bleu : Vitesse

# Comment analyser les fichiers de puissance

## Lissage des courbes de puissance

Séance d'interval training sur home-trainer (Exemple : pas lissé)



**Jaune : Puissance**

**Rouge : Fréquence cardiaque**


**Vert : Cadence de pédalage**

**Gris : Force**

**Bleu : Vitesse**

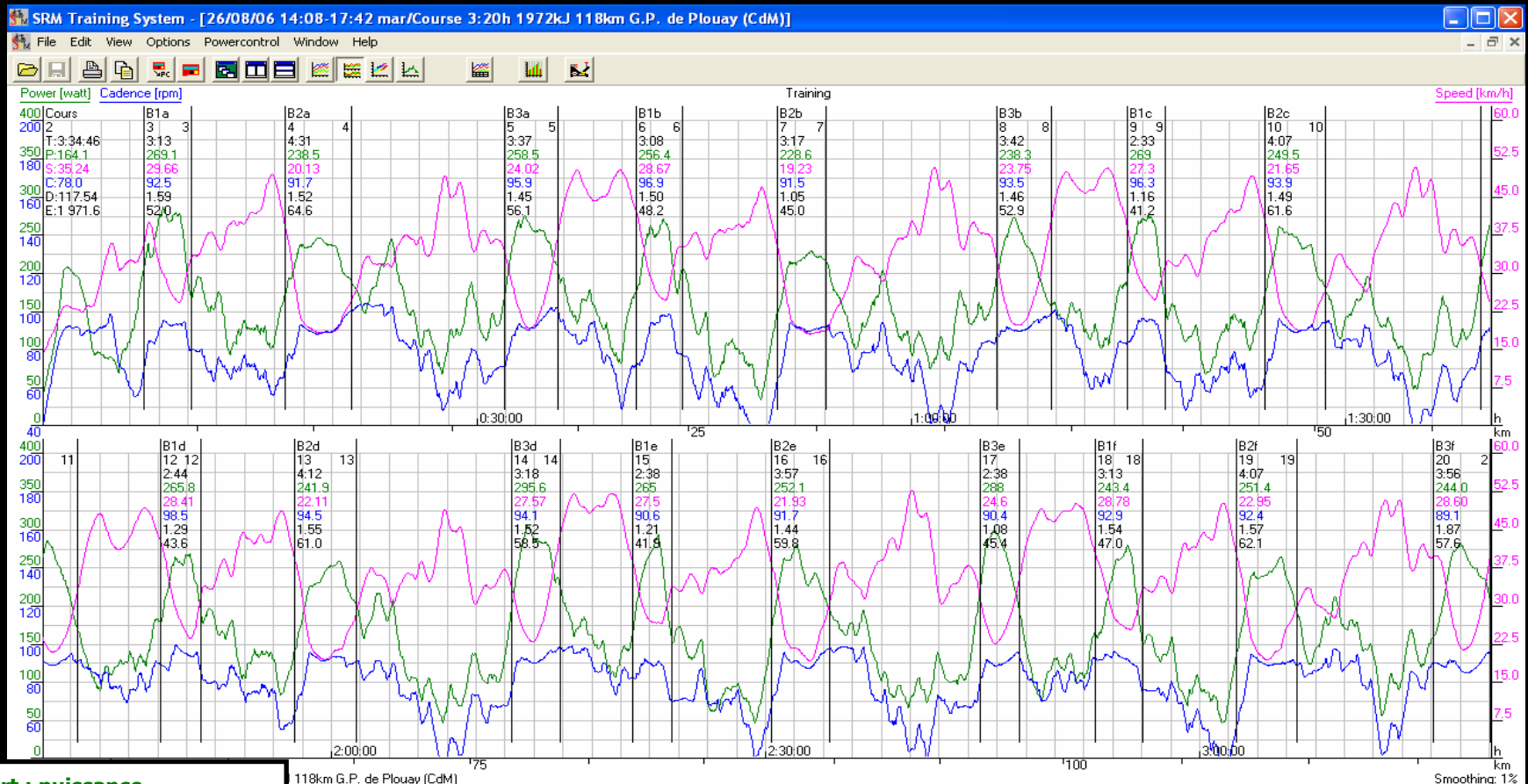
Ride Data		View Data		Ride Info	
Pwr MX: 434 Watts	Trq MX: 11 N·m	V MX: 60.6 kph	Cad MX: 120 rpm	HR MX: 189 bpm	
Pwr AV: 224 Watts	Trq AV: 6 N·m	V AV: 41.3 kph	Cad AV: 102 rpm	HR AV: 153 bpm	
Dist: 62.04 km	Energy: 1211 kJ	Time: 1:30:07	AV Pwr/HR: 1.46	AV Pwr/Wt: 3.56	

# Comment analyser les fichiers de puissance

- 1) beaucoup de variation!  Éventuellement « lisser » les courbes
- 2) retrouver les « moments clés » de la séance d'entraînement/course
- 3) moyenner les « moments clés »
- 4) analyser P, FC et CAD

# Comment analyser les fichiers de puissance

## Exemple : Coupe du monde féminine à Plouay




Vert : puissance

Bleu : cadence de pédalage

Rose : vitesse

# Comment analyser les fichiers de puissance

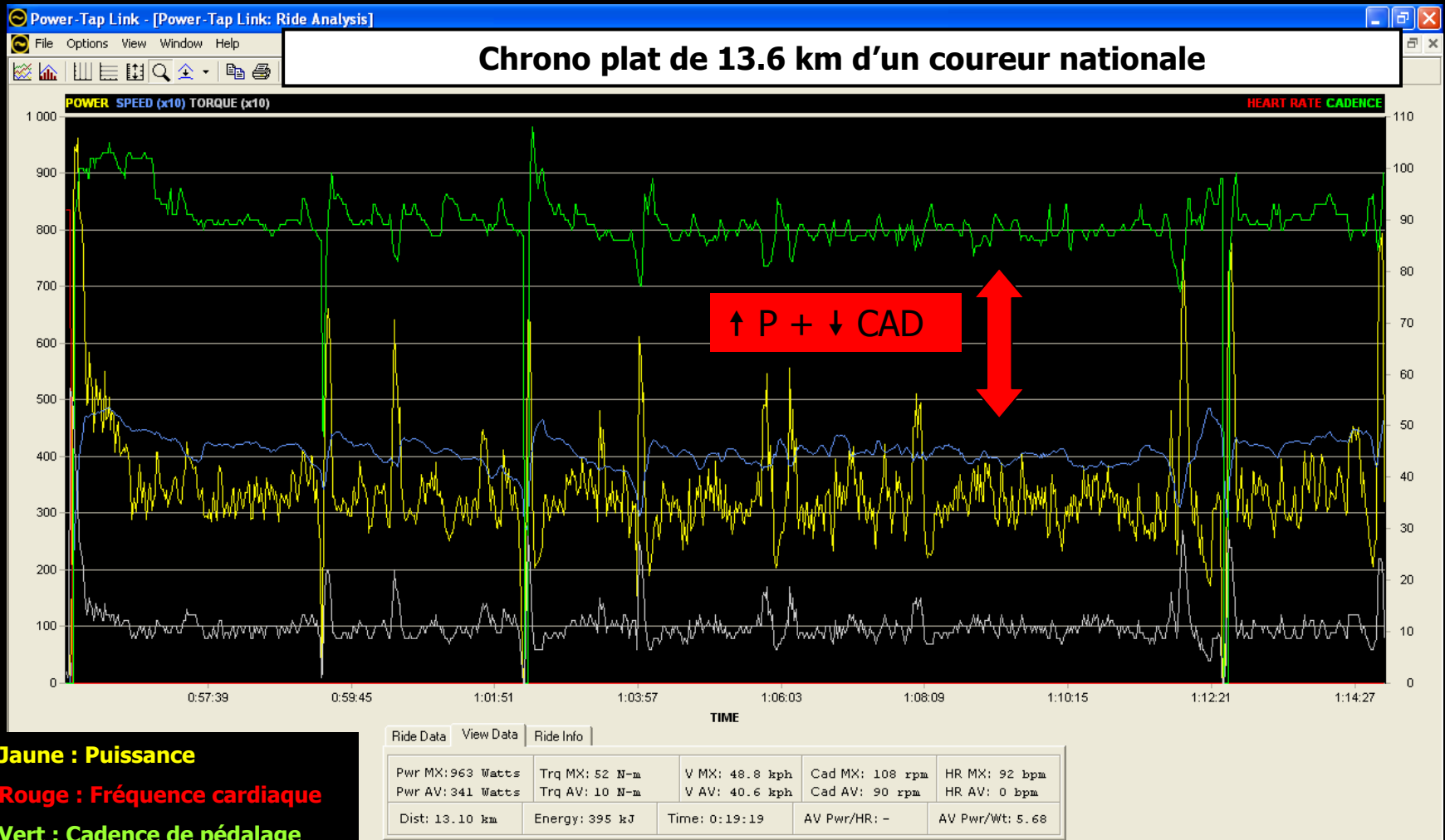
- 1) beaucoup de variation!  Éventuellement « lisser » les courbes
- 2) retrouver les « moments clés » de la séance d'entraînement/course
- 3) moyenner les « moments clés »
- 4) analyser P, FC et CAD
- 5) éventuellement comparer à des séances identiques

# Comment utiliser les données de puissance

- analyse de  $P_{\text{moy}}$  (brut et normalisé)
- analyse du profil de puissance
- analyse de la relation P-cadence de pédalage

# Comment utiliser les données de puissance

## Analyse de la relation P-cadence de pédalage



Jaune : Puissance

Rouge : Fréquence cardiaque

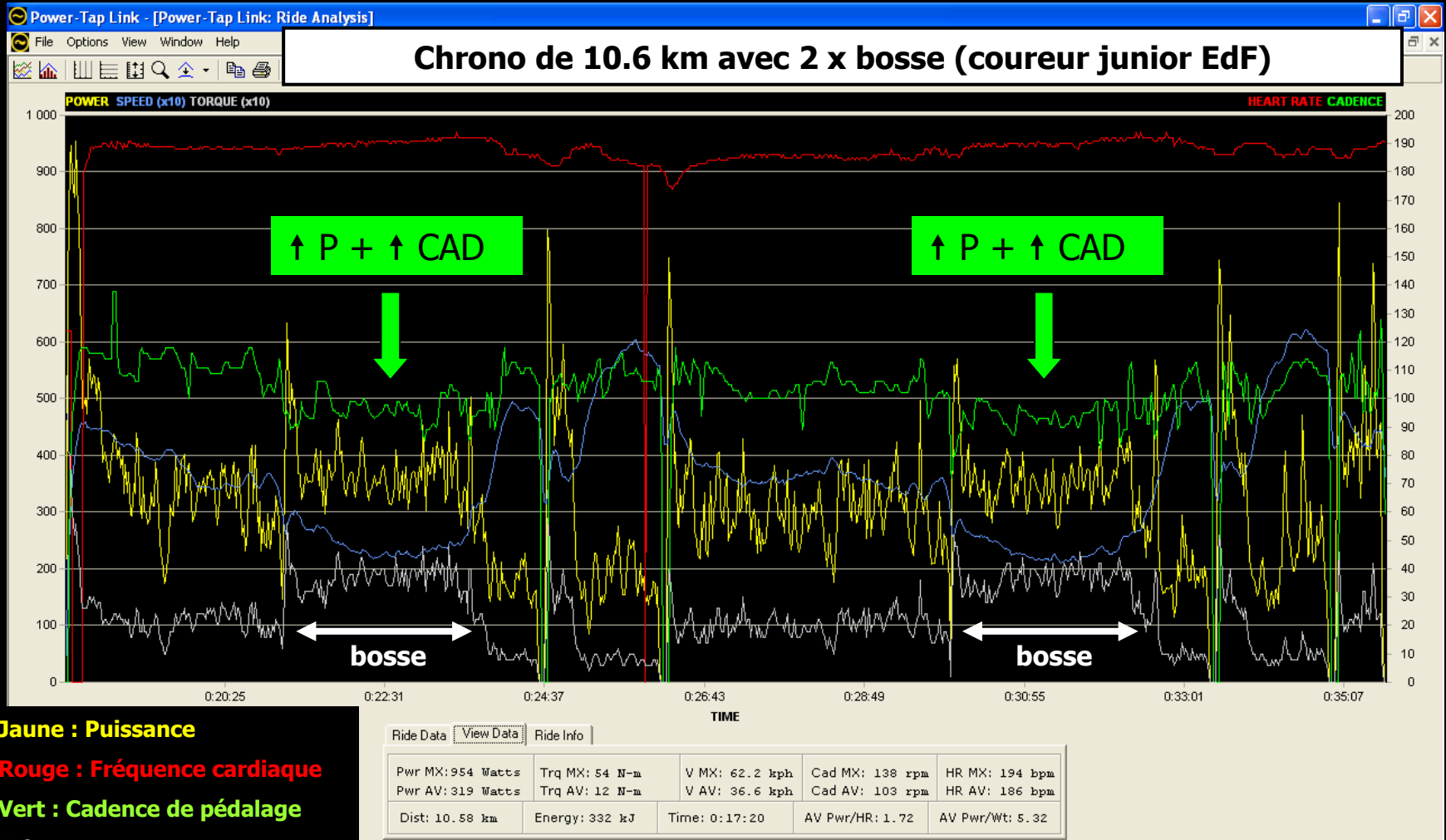
Vert : Cadence de pédalage

Gris : Force

Bleu : Vitesse

# Comment utiliser les données de puissance

Analyse de la relation P-cadence de pédalage



**Jaune : Puissance**

**Rouge : Fréquence cardiaque**

**Vert : Cadence de pédalage**

**Gris : Force**

**Bleu : Vitesse**

# Comment utiliser les données de puissance

- analyse de  $P_{\text{moy}}$  (brut et normalisé)
- analyse du profil de puissance
- analyse de la relation P-cadence de pédalage
- pour des comparaisons inter-individuelle : W/kg (absolu) ou %PMA (relatif)

# Conclusion

## L'utilisation d'un capteur de puissance à l'entraînement

