

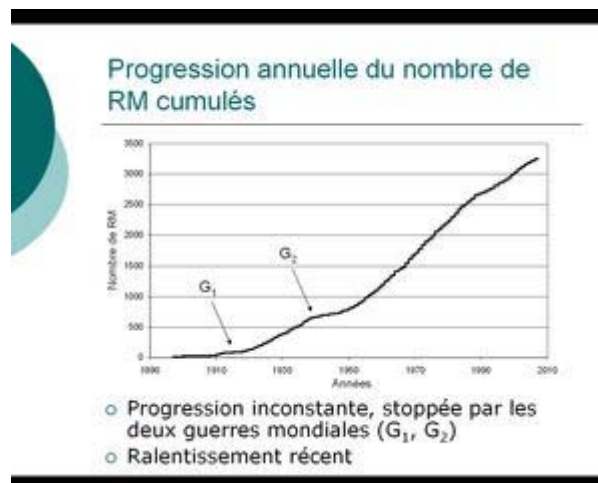
# Epidémiologie de la performance : 1896-2008, la fin du citius

Geoffroy BERTHELOT  
IRMES

Les records du monde sont l'expression de la physiologie de l'extrême et des limites de l'espèce humaine. L'étude qui a été menée sur cette question a porté sur 3 263 records du monde récoltés dans 147 épreuves quantifiables issues de cinq disciplines de force et de vitesse : l'haltérophilie, l'athlétisme (courses et lancers), la natation, le cyclisme et le patinage de vitesse. Toutes ces données ont été recueillies au cours de l'ère Olympique moderne, entre 1896 et 2007.

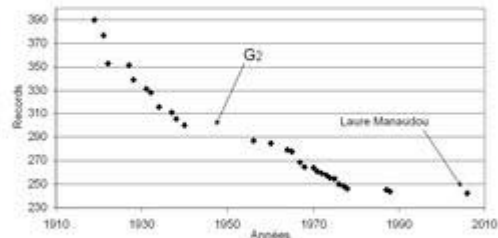
## I. Gain et fréquence des records du monde

La progression annuelle du nombre de records du monde cumulés met en évidence l'impact des deux guerres mondiales sur la courbe de croissance des records du monde. A partir de 1945 et au cours de la période post-guerre, on observe une progression linéaire du nombre de records du monde jusqu'en 1990. A partir de 1990, on note au contraire un ralentissement du nombre de records du monde qui ne s'explique par aucune guerre mondiale.



Je prendrai l'exemple du 400 mètres femmes en natation. On constate qu'il y a deux périodes d'évolution : avant 1965 et après 1965. La période post-1965 fait état de records du monde qui ont été obtenus sur une courte durée mais avec un gain de performance relativement faible. On observe ainsi depuis 1980 une raréfaction des records.

## Exemple du 400m F (Natation)



- Deux périodes d'évolutions
- Raréfaction des records sur les 29 dernières années

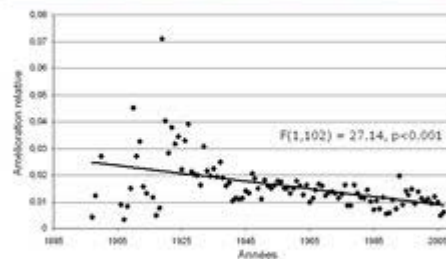
Au cours de notre étude, nous nous sommes donc penchés sur deux paramètres :

- le gain relatif entre les différents records du monde,
- la fréquence d'établissement des records du monde (est-ce que le nombre annuel de records établis est constant au cours du dernier siècle ?).

### A) Gain relatif

Nous avons tout d'abord étudié le facteur d'amélioration relative annuel d'un record du monde ( $\kappa$ ) au cours du XX<sup>ème</sup> siècle. Nous avons constaté que ce facteur était significativement décroissant ( $F(1,102)=27.14, P<0.001$ ).

## Évolution du facteur d'amélioration relative d'un RM (toutes disciplines)



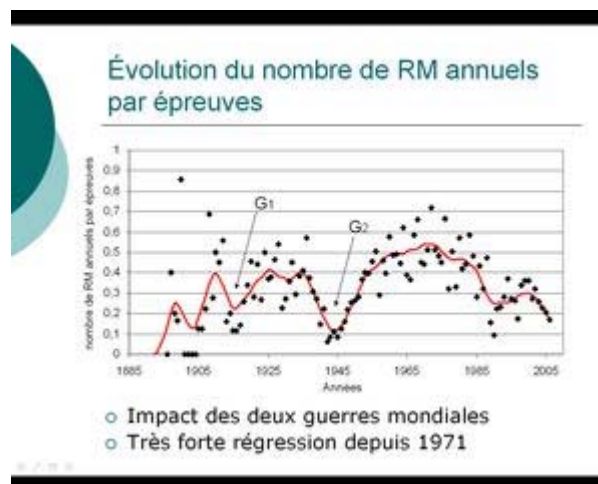
- Ecart de performance de plus en plus faible.

En effet, lorsqu'un sportif établit un record du monde aujourd'hui, le gain relatif de ce record correspond seulement à un tiers de la valeur initiale par rapport à ce qui était établi à l'origine des Jeux Olympiques modernes. L'écart de la performance est donc de plus en plus faible, malgré la progression annuelle du nombre d'épreuves olympiques.

On pourrait, en effet penser que, lorsqu'une nouvelle discipline apparaît, le nombre de records du monde sera plus fréquent pendant la phase d'apprentissage de la discipline, avec un gain de la performance très important. Or on constate que, malgré l'apparition de l'haltérophilie féminine en 1998, ce gain continue à décroître.

## B) Fréquence

Intéressons-nous maintenant à la fréquence annuelle des records du monde ( $\lambda$ ). Là encore, les deux guerres mondiales ont eu un impact sans précédent sur la fréquence annuelle des records du monde. Cependant, on constate une régression du nombre de records du monde en termes de gain et de fréquence à partir de 1971, période qui n'est pourtant liée à aucun événement mondial majeur.



## II. Elaboration d'un modèle de prédiction

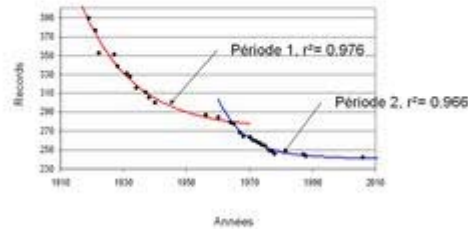
Nous avons établi un modèle afin de déterminer l'évolution des records du monde. Ce modèle repose sur une équation exponentielle à deux paramètres :

$$record_t = \Delta_{WR} \cdot \exp^{(-a.t)} + b$$

- d'une part, chaque période est modélisée par une équation exponentielle qui atteint une limite, matérialisée par l'asymptote;
- d'autre part, le coefficient de détermination  $r^2$  permet d'évaluer la qualité d'ajustement d'un modèle aux données. Plus le modèle est ajusté aux données, plus le coefficient de détermination  $r^2$  est proche de 1.

## Modèle

1



On constate que le modèle s'ajuste particulièrement bien aux données puisque les coefficients de détermination  $r^2$  obtenus sont proches de 1 ( $r^2_{C1} = 0.976$ , et  $r^2_{C2} = 0.966$ ).

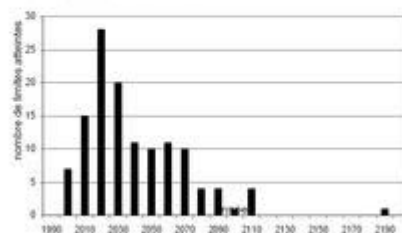
Ce modèle est utilisé dans un algorithme à trois étapes :

- Le modèle est utilisé entre le premier et le dernier record. Les variations du coefficient de détermination  $r^2$  automatisent le découpage en périodes, le but étant de distinguer les principales évolutions au cours d'une même époque.
- Le modèle est ajusté aux records du monde.
- La date  $t$  est estimée par l'équation inverse à  $1/2000^{\text{ème}}$  de l'asymptote. Cette date estimée donne la limite de l'espèce humaine dans cette épreuve.

Concernant la limite atteinte par épreuve, on s'aperçoit que 13 % des épreuves ont déjà atteint leurs limites. On estime par ailleurs que, dans vingt ans, 50 % des épreuves ne seront plus battables qu'à  $1/2000^{\text{ème}}$  de leur valeur maximale.

## Prédiction

- La prédiction est calculée à 99,95% de la valeur asymptotique estimée:



Si les conditions de compétition et de physiologie humaine demeurent, 50 % des épreuves ne seront plus perfectibles au-delà d'1/2000<sup>ème</sup> d'ici vingt ans. Nous allons donc assister à une raréfaction des records. A terme, la notion même de « course au record » du monde risque de se relativiser petit à petit.

### **III. Perspectives**

Ainsi, cela nous amène à nous demander si la devise olympique « *plus vite, plus fort, plus haut* » est toujours d'actualité. Par ailleurs, on peut se demander s'il ne serait pas judicieux de modifier les objectifs olympiques et de s'orienter vers une valorisation des luttes entre athlètes plus que vers des performances pures. Enfin, si cette course aux records est maintenue, allons-nous observer un désintérêt progressif des media pour ces disciplines, notamment celles touchées par le dopage ?

Nous menons à l'IRMES des études transverses sur les records du monde, notamment sur l'évolution différentielle des records du monde selon les catégories. Il s'agit de déterminer si l'évolution des records du monde diffère entre les sexes, entre des distances longues et courtes, ou entre les différentes disciplines. A l'heure actuelle, nous n'observons pas de différence majeure, sauf entre les sexes. Il semblerait que les femmes atteignent leurs limites plus vite que les hommes. D'autres études en cours s'intéressent à la détection des records atypiques, ainsi qu'à la géolocalisation temporelle des records du monde. Il s'agit d'examiner l'évolution des records du monde en fonction des pays. A la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, les principaux records du monde émanaient surtout du Royaume-Uni, puis, quelques années après, des Etats-Unis. Au fur et à mesure, avec l'apparition de l'Allemagne de l'Est, de la Russie, puis du continent asiatique dans les Jeux Olympiques, on observe que le barycentre des détenteurs des records du monde se déplace de plus en plus vers l'Orient, voire vers l'extrême Orient.

## **Questions-réponses avec l'amphithéâtre**

### **De la salle**

Avez-vous inclus dans l'étude les conditions techniques dans lesquelles ces records du monde ont eu lieu ? Les innovations que constituent par exemple les nouvelles surfaces de courses ont-elles été prises en compte ?

### **Monsieur Geoffroy BERTHELOT**

Les conditions techniques, nutritionnelles ou médicales, voire mêmes les techniques d'entraînement, renvoient à des évolutions locales. Elles n'ont pas un impact majeur sur les records du monde, à contrario des deux guerres mondiales. Même si la rapidité des courses d'athlétisme est améliorée, malgré tout, les limites seront atteintes très rapidement. Par exemple, les « body skin » qui ont été introduits en 1999 en natation n'ont pas eu un impact majeur sur les performances.

## **De la salle**

Au cours de votre présentation, vous avez évoqué deux modèles asymptotiques. Or on observe une rupture entre ces modèles. Comment expliquez-vous cette double asymptote ?

### **Monsieur Geoffroy BERTHELOT**

Cette double asymptote s'explique par ce que nous appelons la « rupture de pente », ayant pour origine la seconde guerre mondiale, qui a eu un impact conséquent sur l'évolution des records du monde. Par ailleurs, il existe de petites évolutions locales, dues notamment à des mutations technologiques. Néanmoins, la physiologie est toujours la même, matérialisée par une ligne exponentielle.

### **Professeur Jean-François TOUSSAINT**

Nous avons retrouvé un tracé mono-exponentiel quasiment sur toutes les disciplines, avec quelques variations significatives, en particulier pour le saut en hauteur, avec l'apparition de la technique du « *fosbury flop* ». Quelques modifications liées aux nouvelles pistes de course ont également été observées. Néanmoins, la courbe reste exponentielle.

Par ailleurs, si on calcule la valeur d'entrée, soit l'année 1896, par rapport à l'ensemble des valeurs asymptotiques, on en déduit que 75 % des capacités physiques étaient atteintes sur l'ensemble des disciplines en 1896, contre 99 % à l'heure actuelle.

## **De la salle**

Cette étude prend-elle en compte l'arrivée des anabolisants et du dopage sur le marché ? Comment expliquez-vous que certaines disciplines continuent à battre des records et d'autres non ?

### **Monsieur Geoffroy BERTHELOT**

Le modèle que nous avons élaboré prend en compte l'apparition du dopage et des anabolisants, certains records du monde ayant été établis grâce à ces substances illicites. Malgré tout, nous constatons une décroissance en termes de gain et de fréquence des records du monde. La limite semble donc inéluctable. Par ailleurs, certaines disciplines n'ont pas encore atteint leurs limites, mais ce n'est pas le cas de la majorité d'entre elles.

### **Professeur Jean-François TOUSSAINT**

On observe effectivement une nouvelle phase qui démarre avec les Jeux Olympiques de Mexico en 1968 à la suite desquels on voit apparaître un dopage majeur, notamment dans les pays de l'Est. Toutefois, depuis une trentaine d'années, il est indéniable que le nombre de records par discipline ne cesse de chuter. Par conséquent, non, nous n'avons pas réalisé d'analyse spécifique sur les conséquences liées à l'apparition du dopage sur les records du monde. Néanmoins, nous allons tenter de déterminer avec précision, parmi les 3 263 records du monde, ceux qui ont été établis grâce au dopage.

**Docteur Eric JOUSSELIN**

J'espère que nous assisterons un jour lors des Jeux Olympiques à des combats de sportif à sportif et non pas à des luttes incessantes contre des records. Il serait peut-être intéressant de réfléchir à l'intérêt des records du monde aujourd'hui et décider de ne plus en attribuer.

Par ailleurs, je souhaite rappeler qu'un article publié dans *Nature* il y a quelques années sur l'évolution des records du monde indiquait qu'en 2056 les femmes courraient plus vite que les hommes dans l'épreuve du marathon.

**Monsieur Geoffroy BERTHELOT**

Cet article reposait sur une modélisation employant une méthodologie non représentative de l'évolution physiologique (régression linéaire). Les auteurs de l'article sont en effet parvenus à la conclusion selon laquelle, d'ici cinquante ans, les femmes courront au moins aussi vite que les hommes et, d'ici quatre-vingts ans, elles parcourront l'épreuve du cent mètres en quatre secondes.

**Professeur Jean-François TOUSSAINT**

Cet article a toutefois fait l'objet de nombreuses critiques. On ne peut décentement pas courir dans des temps négatifs. De même, sur le plan physiologique, une sportive ne peut pas disputer l'épreuve du cent mètres en moins de cinq secondes car la mécanique osseuse ne permet pas de résister aux accélérations portées sur les articulations.

Par ailleurs, si l'on examine les courbes des hommes et des femmes, on obtient deux courbes exponentielles avec des coefficients différents qui aboutissent à un écart moyen d'au moins 10 % des performances entre les hommes et les femmes, que ce soit sur l'épreuve du cent mètres, ou dans le cas du marathon.