

# Vensim

## Débit cardiaque

Page 1

Destinée à mettre en place la structure et le fonctionnement du modèle.

Qu'est-ce qu'un débit ?

Question difficile *ex abrupto* pour les élèves. A la question « Quel est le débit moyen de la Garonne à Toulouse ? », ils proposent des réponses du type « x m<sup>3</sup>/sec ». A partir de l'unité utilisée, on peut donner une définition du débit :


$$\text{Débit} = \text{Volume} / \text{Temps}$$

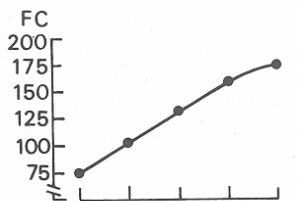
On peut transformer cette formule :

$$\text{Débit} = \text{Volume} \times \frac{1}{\text{Temps}} \quad \text{c'est-à-dire} \quad \text{Débit} = \text{Volume} \times \text{Fréquence}$$

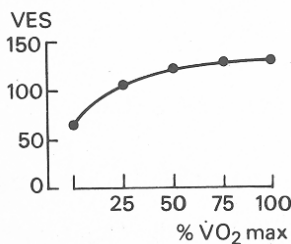
Pour le débit cardiaque :

- Volume = **Volume d'Ejection Systolique (VES)**, c'est-à-dire le volume de sang expulsé à chaque contraction (systole) d'un ventricule. On l'exprimera en l (litres)
- Fréquence = **Fréquence Cardiaque (FC)**. On l'exprimera en cpm (cycles par minute), c'est-à-dire 1/min ou min<sup>-1</sup>.
- Le **Débit cardiaque** est donc exprimé en l/min ou l.min<sup>-1</sup>.

**VES** et **FC** dépendent de l'**activité physique**. Les deux grandeurs sont entrées comme variables auxiliaires se référant à un tableau de données  (Auxiliary with Lookup).




% de la VO <sub>2</sub> max	VES (l)	FC (min <sup>-1</sup> )
0	66	75
25	105	110
50	120	145
75	125	180
100	125	200




Les données sont tirées de l'ouvrage :

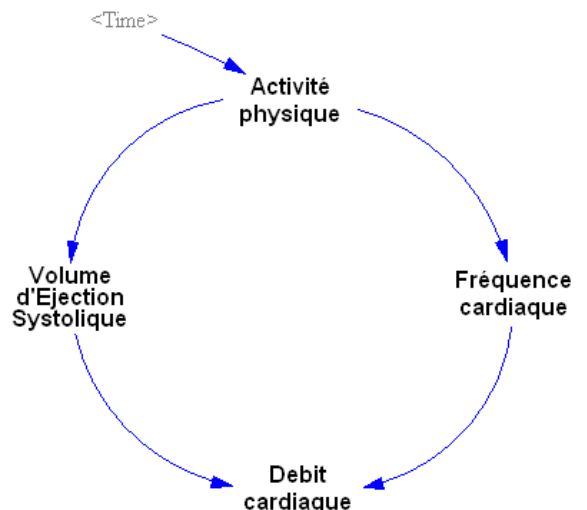
F. CARRE, La surveillance cardiologique du sportif, ed. Masson, 1988.


La fréquence cardiaque a été adaptée au cas d'un adolescent (FCmax = 200 cpm) :


Le **Débit cardiaque** est une variable auxiliaire normale (Auxiliary Normal). On la relie par des flèches (Arrow, ) à VES et FC. Sa valeur est égale à FC x VES.


L'**activité physique** sera une variable auxiliaire se référant à un tableau de données (Auxiliary with Lookup). Elle est fonction du temps (variable cachée Time, Shadow Variable ). On considère que l'intensité de l'effort est proportionnelle au pourcentage de la VO<sub>2</sub>max utilisée. Par défaut, le tableau des données contient des intensités d'effort nulles pour toute la durée (Repos).

Ce modèle peut maintenant « tourner ».

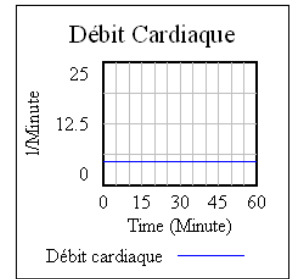
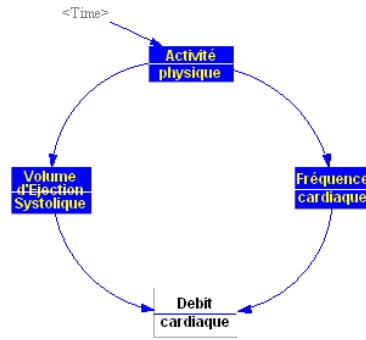


Si on lance une simulation , le graphe affiche la valeur du débit cardiaque pendant 60 minutes de repos. Il est constant.


La valeur du débit cardiaque peut être affichée en cliquant sur l'icône  : 4,95 l/min.

Arrêter la simulation .

Les grandeurs Activité physique, VES et FC apparaissent en jaune sur fond bleu : ce sont des grandeurs qui sont calculées à partir d'un tableau de données modifiable par l'utilisateur.




Quel serait le débit cardiaque au cours d'un footing léger ? Imaginons le scénario : 10 minutes d'échauffement progressif, 20 minutes de footing à 20% des possibilités maximales puis 10 minutes de récupération.

Relançons une simulation .

Un clic sur la grandeur Activité physique ouvre le tableau de données.

Saisissons les valeurs correspondant à notre scénario : le graphe s'actualise...



Saisissons « Footing » comme nom de scénario (à la place de « Repos »).

L'icône  apparue à gauche du nom de scénario permet de l'enregistrer.

Arrêter la simulation .

Input	Output
0	0
5	10
10	20
15	20
20	20
25	20
30	20
35	10
40	0
45	0
50	0

Les deux scénarios « Repos » et « Footing » sont mémorisés. On peut le vérifier :

- En ouvrant l'explorateur Windows sur le répertoire du modèle : deux fichiers Repos.vdf et Footing.vdf ont été enregistrés.
- En ouvrant le panneau de contrôle (onglet Dataset) : les données Repos et Footing sont présentes (elles sont actives dans la colonne de droite, inactives dans la colonne de gauche, on peut les activer ou les inactiver à volonté et même les supprimer -Delete- quand elles sont inactives).
- Après avoir sélectionné par un clic gauche la grandeur débit cardiaque, on peut afficher un graphe comparatif (icône ) ou les valeurs numériques (icône 

Time (Minute)	Débit cardiaque (Repos) (l/Minute)	Débit cardiaque (Footing) (l/Minute)
0	4.95	4.95
10	4.95	10.0116
20	4.95	10.0116
30	4.95	10.0116
40	4.95	4.95
50	4.95	4.95
60	4.95	4.95
70	4.95	4.95
80	4.95	4.95
90	4.95	4.95
100	4.95	4.95

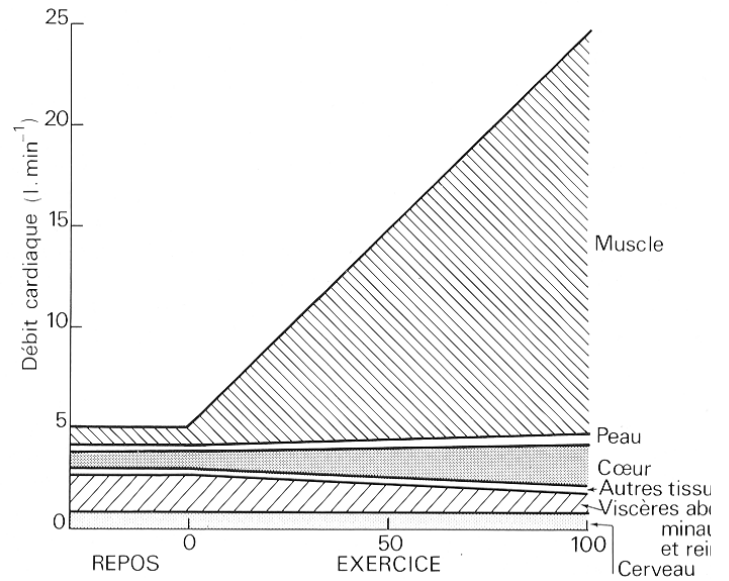
Time (Minute)	"Débit cardiaque"	Débit cardiaque
0	4.95	4.95
1	Runs: 4.95	5.37754
2	Repos 4.95	5.82254
3	Footing 4.95	6.28502
4	4.95	6.76498
5	4.95	7.2624
6	4.95	7.7773
7	4.95	8.30966
8	4.95	8.8595
9	4.95	9.42682
10	4.95	10.0116
11	4.95	10.0116
12	4.95	10.0116
13	4.95	10.0116
14	4.95	10.0116
15	4.95	10.0116
16	4.95	10.0116
17	4.95	10.0116



Il est possible de calculer l'augmentation du débit cardiaque liée à l'activité physique. On peut de la même façon effectuer d'autres simulations, par exemple pour estimer l'augmentation maximale du débit cardiaque.  
Exemple : 20 minutes d'échauffement jusqu'à 75%, 15 minutes de compétition à 85 % terminées par un sprint à 100% puis 15 minutes de récupération...

Sur cette page, on aborde la répartition du flux sanguin aortique entre les différents organes.

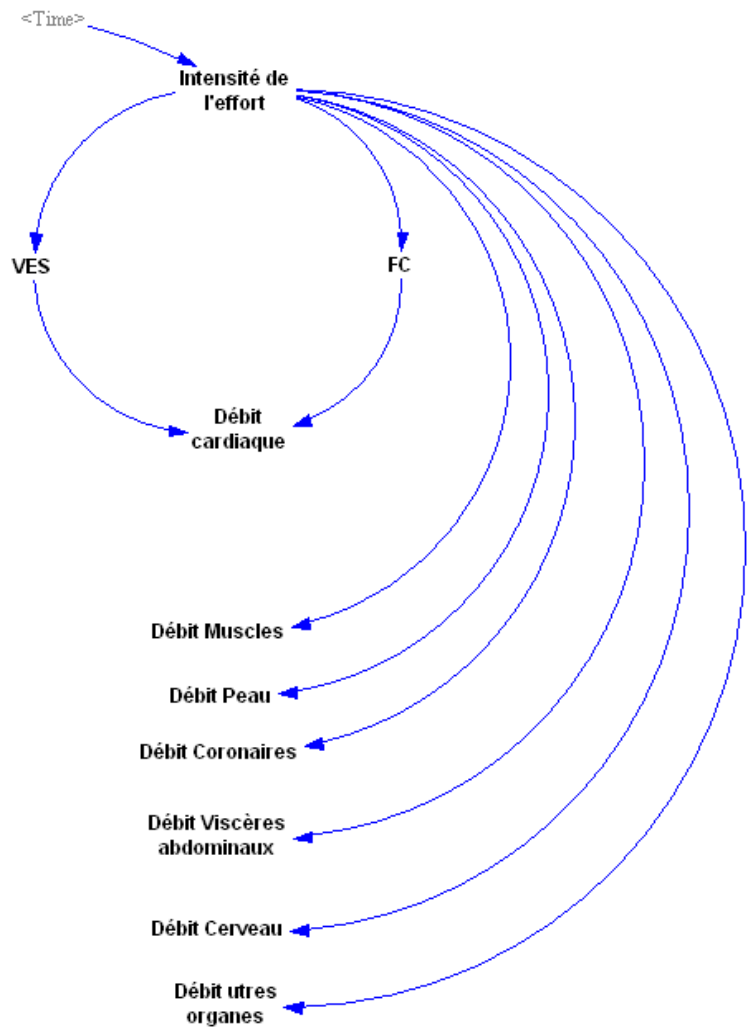
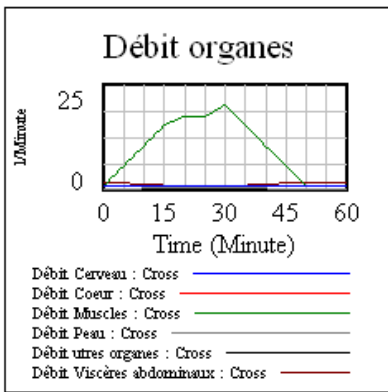
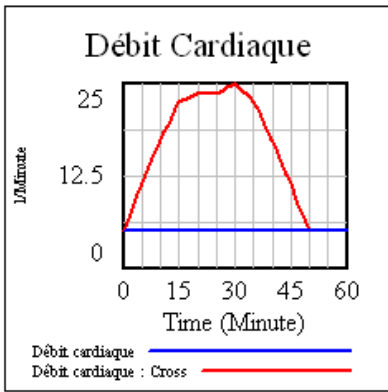
Les données sont tirées de l'ouvrage :  
 H. MONOD, R. FLANDROIS, Physiologie du sport, ed. Masson, 1990.  
 (ces valeurs ont été préférées à celle du MARIEB, Anatomie et physiologie humaine, DeBoeck Université, qui ne sont pas corrélées à un effort quantifié)

Débit par organe	Repos (l/min)	Effort maxi (l/min)
Muscles	0,93	20,15
Peau	0,25	0,56
Cœur (coronaires)	0,75	2,15
Viscères abdominaux	1,86	0,93
Cerveau	0,84	0,84
Autres tissus	0,37	0,37
Total	5,00	25,00



Les débits de chaque organe dépendent de l'intensité de l'effort (flèches, Arrow, ). Ce sont des variables auxiliaires  se référant à un tableau de données (Auxiliary with Lookup). Ce sont des fonctions linéaires de l'intensité de l'effort : deux points suffisent pour les définir dans le tableau de données.

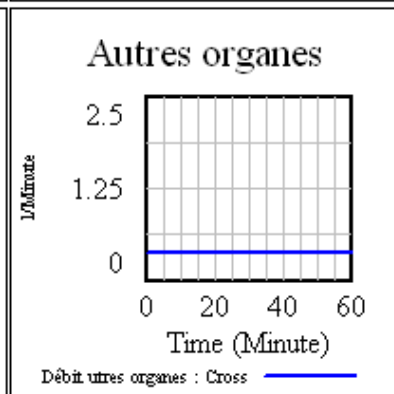
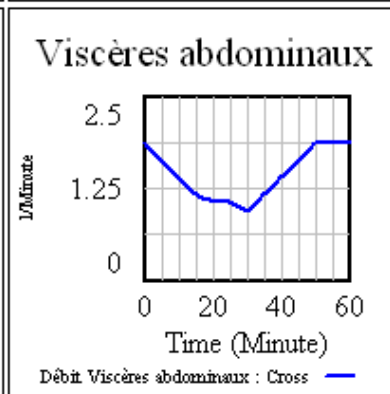
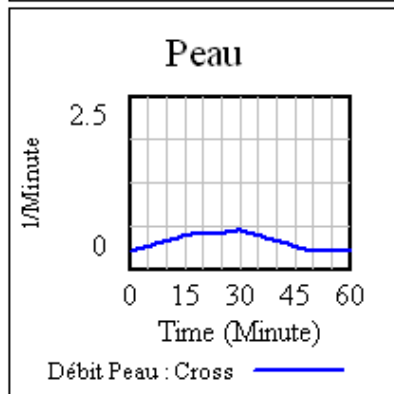
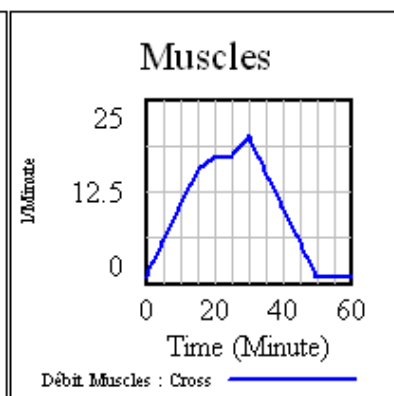
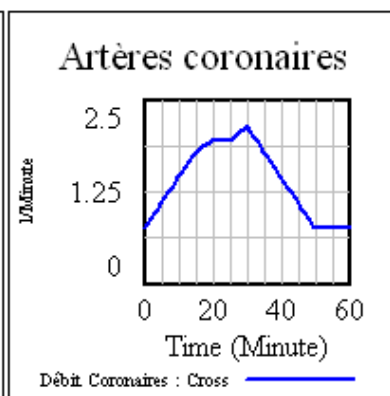
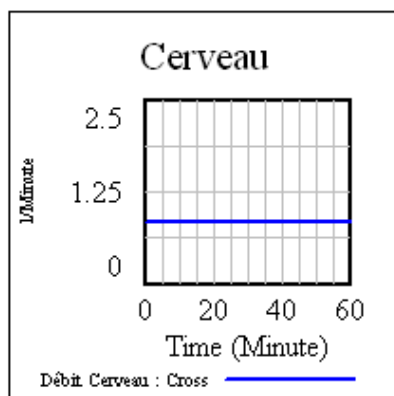
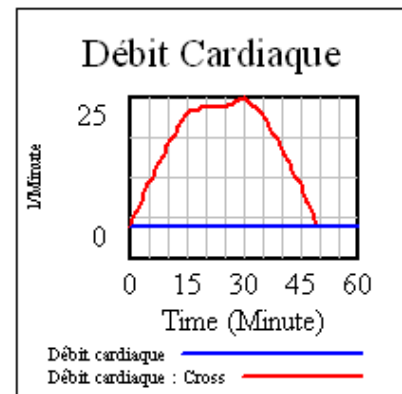
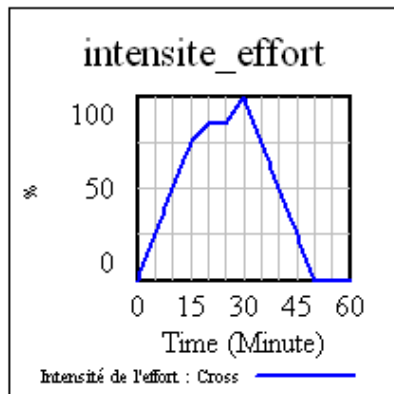
**Débit sanguin dans les organes de la circulation générale**



Pour le détail par organe, voir page 3.

Cette page détaille organe par organe l'évolution du débit à l'effort. Exemple :

**Débit sanguin dans les organes de la circulation générale**



Prolongements possibles :

- Rechercher des hypothèses explicatives de l'évolution par organe.
- Répondre à une question posée lors d'une séance précédente consacrée à l'étude du cœur à l'effort : Comment un triplement de la fréquence cardiaque à l'effort maxi (de 70 à 200 cpm) peut-il permettre une multiplication par 20 de la consommation d'O<sub>2</sub> par les muscles ?
- Analyser la structure du modèle. Trouver des faits qui ne sont pas pris en compte par le modèle (rapport modèle / réalité...)
- Qu'est-ce que la réalité ? (par exemple à partir d'un tableau de comparaison des débits de repos Masson et DeBoeck)
- Comparaison d'un schéma de la circulation sanguine et du schéma du modèle (par exemple retrouver la signification des flèches sur les deux schémas)
- ...