



# FORUM EUROPÉEN, CŒUR, EXERCICE & PRÉVENTION



## EE +CPX les erreurs fréquentes dans l'interprétation

Docteur Jean Yves TABET  
Institut cœur effort santé  
Institut Jacques Cartier

[www.forumeuropeen.com](http://www.forumeuropeen.com)

---

Pas de conflit d'intérêt

---

Pièges de mesures

Pièges et limites dans l'interprétation

# Pièges de mesures

---

- Fuites au masques
- Atteinte permapur/pneumomatographe
- Pb de cellules O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>



## FORMULE DE HAWLEY

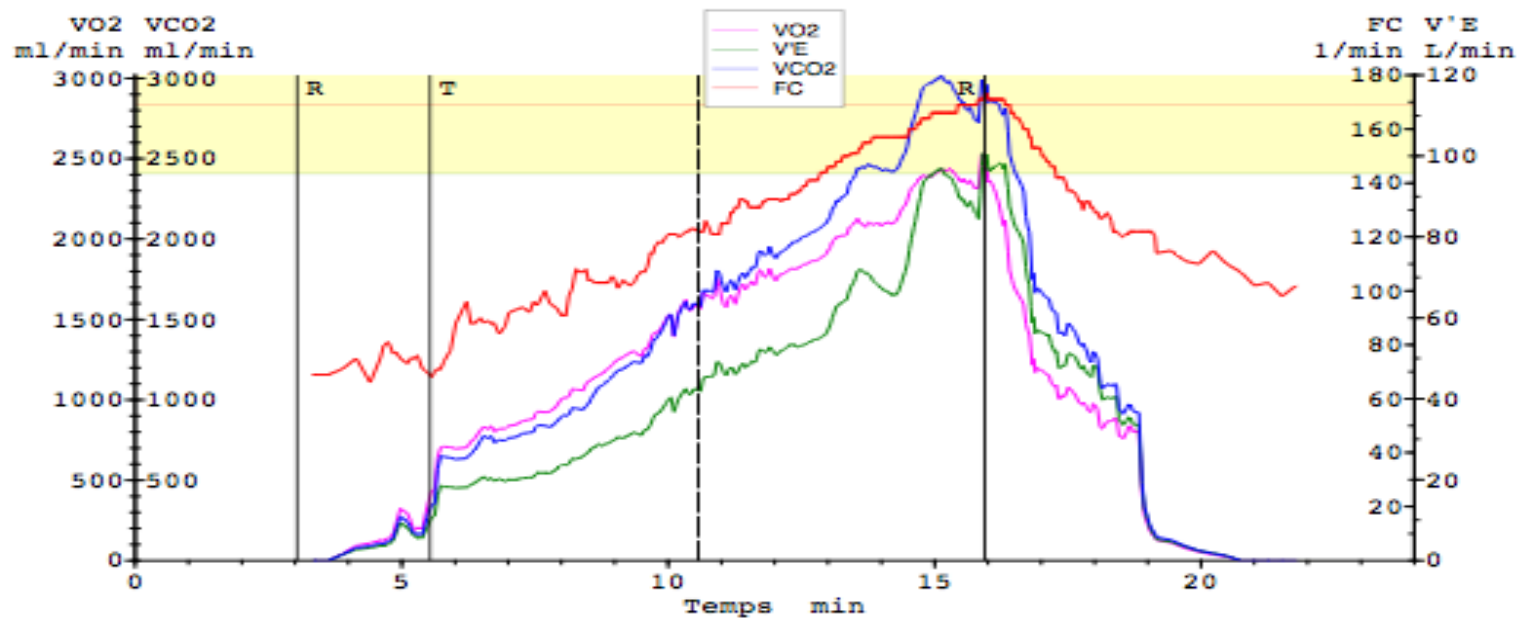
---

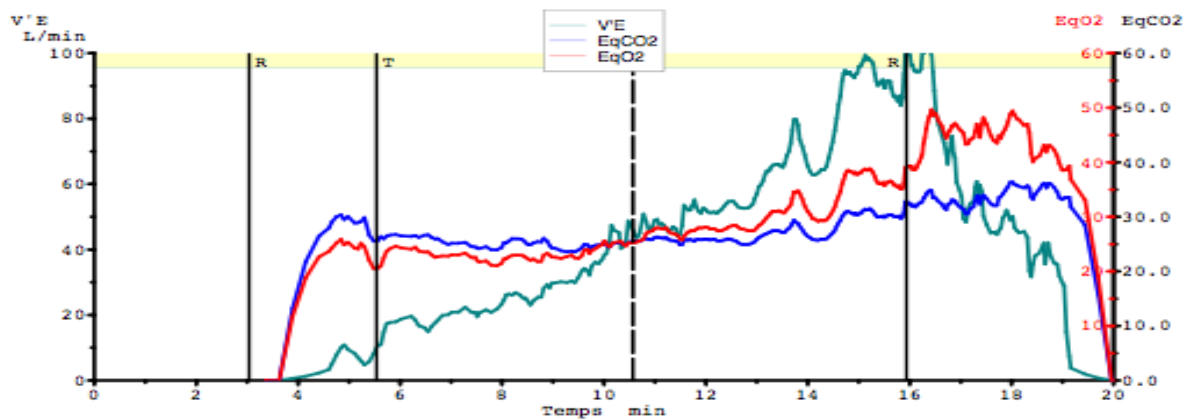
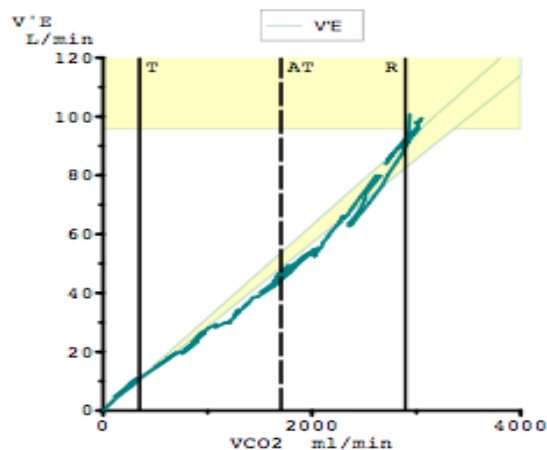
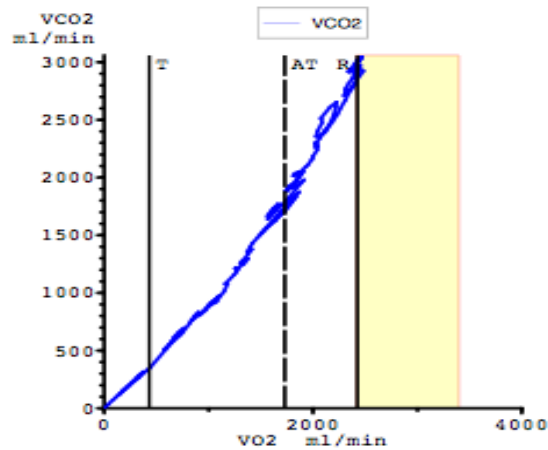
$$\text{VO}_2 \text{ max} = 0,01141 \times \text{PMA} + 0,435$$

Soit pour 120w  $\text{VO}_2 \text{ max} = 1,8\text{l d O}_2 \text{ min}$  soit  
22ml/kg/min

**Soit pour 270w  $\text{VO}_2 \text{ max} = 3,5\text{l/min}$  soit  
44ml/kg/min**

- 
- Homme de 41 ans
  - 183 cm 80kg
  - Pratique 5 a 7 heures de sports/ sem (endurance et mixte)





Temps min	Charge W	FC l/min	V'E L/min	VTex L	FR l/min	VO2 ml/min	VO2/kg ml/ min/kg	VCO2 ml/min	QR	EqCO2	EqO2
<b>Référence</b>											
03:40	20	69	0	0.000	4	0	0.0	0	0.00	0.0	0.0
04:00	20	71	0	0.000	4	0	0.0	0	0.00	0.0	0.0
04:20	20	75	0	0.000	4	0	0.0	0	0.00	0.0	0.0
04:40	20	80	4	0.822	5	122	1.5	109	0.89	34.5	30.6
05:00	20	75	11	0.898	13	407	5.1	335	0.82	29.6	24.4
05:20	20	76	6	0.426	15	154	1.9	143	0.93	33.2	30.8
05:28	20	70	6	0.522	11	206	2.6	170	0.83	26.6	22.0
<b>Mesure</b>											
05:40	30	70	10	0.728	14	417	5.2	335	0.80	26.2	21.0
06:00	30	78	18	1.121	16	745	9.3	612	0.82	26.2	21.5
06:20	30	88	17	1.789	10	648	8.1	638	0.98	25.6	25.1
06:40	30	89	17	1.194	14	632	7.9	558	0.88	27.0	23.8
07:00	60	87	15	1.279	12	607	7.6	530	0.87	25.8	22.5
07:20	60	94	25	3.266	8	1032	12.9	989	0.96	24.4	23.4
07:40	60	95	23	1.433	16	856	10.7	778	0.91	27.6	25.1
08:00	60	91	20	2.164	9	922	11.5	824	0.89	23.4	20.9
08:20	90	108	26	1.414	18	1035	12.9	894	0.86	26.5	22.9
08:40	90	103	25	1.415	17	1007	12.6	896	0.89	25.3	22.5
09:00	90	105	27	1.555	17	1126	14.1	957	0.85	25.8	21.9
09:20	90	102	30	2.988	10	1171	14.6	1197	1.02	24.2	24.7
09:40	120	109	32	2.051	15	1313	16.4	1236	0.94	24.3	22.9
10:00	120	120	32	1.868	17	1280	16.0	1247	0.97	23.8	23.2
10:20	120	121	46	2.181	21	1717	21.5	1751	1.02	24.9	25.4
10:40	120	122	48	2.220	22	1848	23.1	1834	0.99	25.0	24.8
11:00	150	125	47	2.116	22	1627	20.3	1707	1.05	26.0	27.3
11:20	150	131	48	2.124	23	1649	20.6	1758	1.07	26.0	27.8
11:40	150	131	44	1.943	23	1614	20.2	1688	1.05	24.9	26.0
12:00	150	134	53	2.225	24	1812	22.6	1944	1.07	25.9	27.7
12:20	150	136	52	2.243	23	1756	22.0	1890	1.08	25.9	27.9
12:40	180	141	55	2.597	21	1857	23.2	2016	1.09	26.0	28.2
13:00	180	144	52	2.896	18	1822	22.8	2017	1.11	24.6	27.3
13:20	180	150	62	2.457	25	2029	25.4	2221	1.09	26.8	29.3
13:40	210	155	66	2.570	26	2038	25.5	2314	1.14	27.3	31.0
14:00	210	157	78	3.124	25	2166	27.1	2613	1.21	28.8	34.8
14:20	210	157	63	3.411	18	2060	25.8	2353	1.14	25.8	29.5
14:40	240	160	73	2.932	25	2258	28.2	2595	1.15	27.0	31.0
15:00	240	166	94	2.888	33	2365	29.6	2935	1.24	30.8	38.2
15:20	240	166	98	3.032	32	2449	30.6	3027	1.24	31.2	38.6
15:40	265	169	90	2.691	33	2370	29.6	2851	1.20	30.1	36.2
15:54	270	171	86	2.615	33	2321	29.0	2744	1.18	30.1	35.6
<b>Récupération</b>											
16:00	270	173	100	2.359	42	2425	30.3	2894	1.19	32.8	39.2
16:20	30	169	97	2.514	39	2302	28.8	2852	1.24	32.5	40.2
16:40	30	162	95	3.036	31	1901	23.8	2731	1.44	33.7	48.4
17:00	30	153	68	2.229	31	1403	17.5	1982	1.41	32.7	46.2
17:20	30	142	52	2.173	24	1146	14.3	1621	1.41	30.7	43.5
17:40	30	136	56	2.552	22	1134	14.2	1609	1.42	33.5	47.6

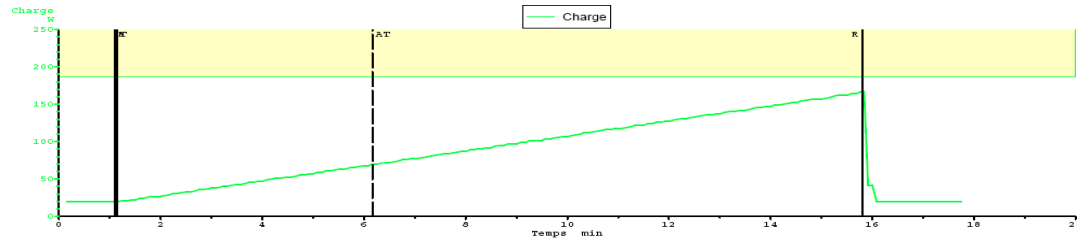
Temps min	Charge W	FC l/min	V'E L/min	Vt'x L	FR l/min	VO2 ml/min	VO2/kg ml/ min/kg	VCO2 ml/min	QR	EqCO2	EqO2
<b>Référence</b>											
03:40	20	69	0	0.000	4	0	0.0	0	0.00	0.0	0.0
04:00	20	71	0	0.000	4	0	0.0	0	0.00	0.0	0.0
04:20	20	75	0	0.000	4	0	0.0	0	0.00	0.0	0.0
04:40	20	80	4	0.822	5	122	1.5	109	0.89	34.5	30.6
05:00	20	75	11	0.898	13	407	5.1	335	0.82	29.6	24.4
05:20	20	76	6	0.426	15	154	1.9	143	0.93	33.2	30.8
05:28	20	70	6	0.522	11	206	2.6	170	0.83	26.6	22.0
<b>Mesure</b>											
05:40	30	70	10	0.728	14	417	5.2	335	0.80	26.2	21.0
06:00	30	78	18	1.121	16	745	9.3	612	0.82	26.2	21.5
06:20	30	88	17	1.789	10	648	8.1	638	0.98	25.6	25.1
06:40	30	89	17	1.194	14	632	7.9	558	0.88	27.0	23.8
07:00	60	87	15	1.279	12	607	7.6	530	0.87	25.8	22.5
07:20	60	94	25	3.266	8	1032	12.9	989	0.96	24.4	23.4
07:40	60	95	23	1.433	16	856	10.7	778	0.91	27.6	25.1
08:00	60	91	20	2.164	9	922	11.5	824	0.89	23.4	20.9
08:20	90	108	26	1.414	18	1035	12.9	894	0.86	26.5	22.9
08:40	90	103	25	1.415	17	1007	12.6	896	0.89	25.3	22.5
09:00	90	105	27	1.555	17	1126	14.1	957	0.85	25.8	21.9
09:20	90	102	30	2.988	10	1171	14.6	1197	1.02	24.2	24.7
09:40	120	109	32	2.051	15	1313	16.4	1236	0.94	24.3	22.9
10:00	120	120	32	1.868	17	1280	16.0	1247	0.97	23.8	23.2
10:20	120	121	46	2.181	21	1717	21.5	1751	1.02	24.9	25.4
10:40	120	122	48	2.220	22	1848	23.1	1834	0.99	25.0	24.8
11:00	150	125	47	2.116	22	1627	20.3	1707	1.05	26.0	27.3
11:20	150	131	48	2.124	23	1649	20.6	1758	1.07	26.0	27.8
11:40	150	131	44	1.943	23	1614	20.2	1688	1.05	24.9	26.0
12:00	150	134	53	2.225	24	1812	22.6	1944	1.07	25.9	27.7
12:20	150	136	52	2.243	23	1756	22.0	1890	1.08	25.9	27.9
12:40	180	141	55	2.597	21	1857	23.2	2016	1.09	26.0	28.2
13:00	180	144	52	2.896	18	1822	22.8	2017	1.11	24.6	27.3
13:20	180	150	62	2.457	25	2029	25.4	2221	1.09	26.8	29.3
13:40	210	155	66	2.570	26	2038	25.5	2314	1.14	27.3	31.0
14:00	210	157	78	3.124	25	2166	27.1	2613	1.21	28.8	34.8
14:20	210	157	63	3.411	18	2060	25.8	2353	1.14	25.8	29.5
14:40	240	160	73	2.932	25	2258	28.2	2595	1.15	27.0	31.0
15:00	240	166	94	2.888	33	2365	29.6	2935	1.24	30.8	38.2
15:20	240	166	98	3.032	32	2449	30.6	3027	1.24	31.2	38.6
15:40	265	169	90	2.691	33	2370	29.6	2851	1.20	30.1	36.2
15:54	270	171	86	2.615	33	2321	29.0	2744	1.18	30.1	35.6
<b>Récupération</b>											
16:00	270	173	100	2.359	42	2425	30.3	2894	1.19	32.8	39.2
16:20	30	169	97	2.514	39	2302	28.8	2852	1.24	32.5	40.2
16:40	30	162	95	3.036	31	1901	23.8	2731	1.44	33.7	48.4
17:00	30	153	68	2.229	31	1403	17.5	1982	1.41	32.7	46.2
17:20	30	142	52	2.173	24	1146	14.3	1621	1.41	30.7	43.5
17:40	30	136	56	2.552	22	1134	14.2	1609	1.42	33.5	47.6

Donc bonne corrélation à 120 w, puis faible élévation de la VE et de la VO2 : probable fuite du masque

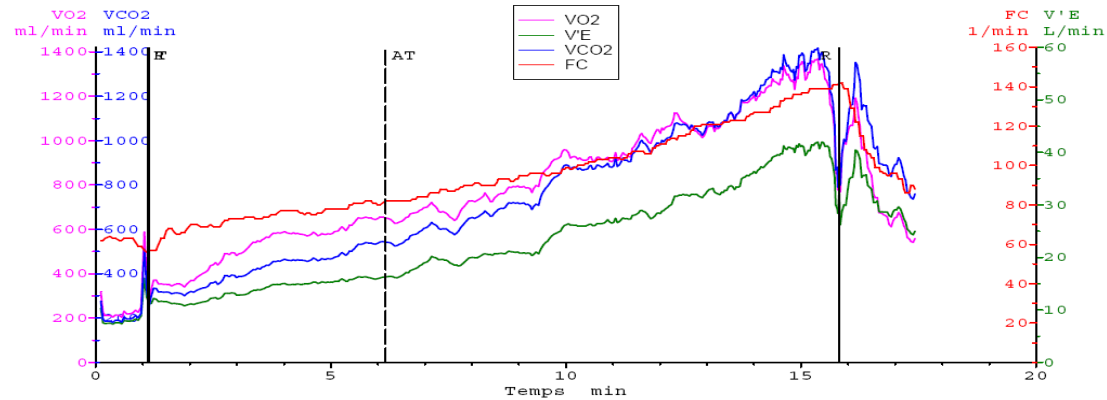
# Obstruction du perméapure

Absence d'élévation de la consommation d'O<sub>2</sub> au cours de l'effort

H 45 ans 187 cm 86 kg FEVG 35%



## EVALUATION CARDIO-RESPIRATOIRE A L'EFFORT



## REPONSE GLOBALE

Résumé		Repos	AT Manuel	MaxVO2	Max Watts	Théo	Max l %théo	Recup 60 sec
Moyennage temporel 15s	Secondes							
Temps	min	01:05	06:15	15:30	15:30			16:45
Charge	W	20	70	162	162	225	72	20

## ECHANGES GAZEUX

VO2	ml/min	394	600	1357	1357	2940	46	626
VO2/kg	ml/min/kg	4.6	7.0	15.8	15.8			7.3
VCO2	ml/min	345	500	1378	1378			813
QR		0.88	0.83	1.02	1.02			1.30
EqCO2		28.8	26.7	26.9	26.9			29.0
EqO2		25.3	22.2	27.3	27.3			37.6
VO2%h	%	13	20	46	46			21

Ergomètre:

Vélo

Protocole:

RAMPE 10W/MN

Date:

22/06/2012

Heure:

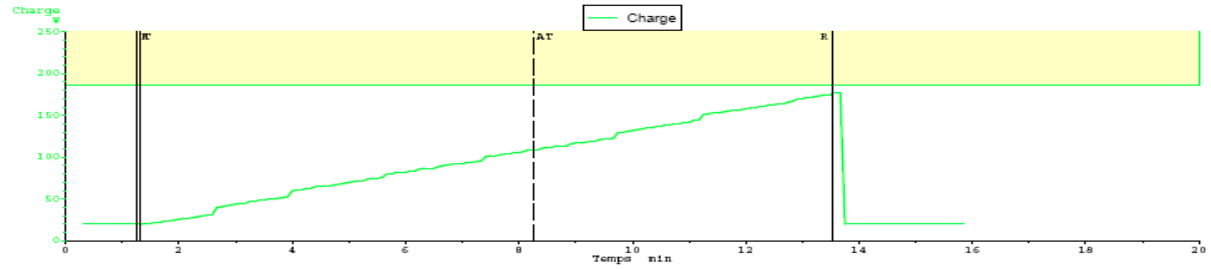
11:05:42

Temps min	Charge W	FC l/min	V'E L/min	VTex L	FR l/min	VO2 ml/min	VO2/kg ml/ min/kg	VCO2 ml/min	QR	EqCO2	EqO2
00:20	20	64	8	0.451	18	247	2.9	214	0.86	29.3	25.4
00:40	20	63	7	0.420	17	197	2.3	176	0.89	30.7	27.4
01:00	20	59	7	0.425	16	194	2.3	173	0.89	30.0	26.8
01:05	20	56	12	0.708	17	394	4.6	345	0.88	28.8	25.3
<b>Référence</b>											
<b>Mesure</b>											
01:08	20	57	12	0.603	21	376	4.4	330	0.88	30.8	27.0
01:20	21	57	11	0.553	20	330	3.8	299	0.91	30.1	27.3
01:40	24	68	11	0.635	18	348	4.1	312	0.90	30.1	27.0
02:00	27	68	11	0.625	18	350	4.1	314	0.90	29.9	26.9
02:20	31	69	11	0.735	15	365	4.2	314	0.86	29.1	25.1
02:40	34	69	12	0.608	20	431	5.0	341	0.79	28.5	22.6
03:00	38	73	13	0.630	20	461	5.4	371	0.81	28.6	23.1
03:20	41	74	14	0.650	21	526	6.1	414	0.79	27.5	21.7
03:40	44	74	13	0.630	21	541	6.3	410	0.76	26.5	20.1
04:00	47	77	15	0.741	20	578	6.7	455	0.79	28.3	22.3
04:20	51	77	15	0.640	23	568	6.6	444	0.78	27.3	21.3
04:40	54	75	15	0.730	21	593	6.9	472	0.80	27.3	21.7
05:00	57	78	15	0.676	23	569	6.6	460	0.81	27.9	22.5
05:20	61	78	15	0.681	22	575	6.7	466	0.81	27.4	22.2
05:40	64	81	16	0.742	22	627	7.3	509	0.81	27.3	22.2
06:00	68	80	17	0.852	20	703	8.2	578	0.82	25.5	21.0
06:20	71	82	15	0.810	19	607	7.1	508	0.84	25.9	21.6
06:40	74	82	17	0.794	22	652	7.6	547	0.84	27.0	22.6
07:00	77	84	18	0.827	21	675	7.9	576	0.85	26.6	22.7
07:20	81	86	21	0.909	23	746	8.7	653	0.88	28.2	24.7
07:40	84	87	18	0.773	24	619	7.2	561	0.91	28.1	25.4
08:00	87	90	19	0.803	24	675	7.8	605	0.90	27.4	24.5
08:20	91	90	21	0.946	22	790	9.2	703	0.89	26.5	23.6
08:40	95	93	20	0.821	25	719	8.4	656	0.91	26.7	24.3
09:00	97	93	21	0.923	23	791	9.2	720	0.91	26.0	23.6
09:20	101	96	21	0.871	24	803	9.3	720	0.90	25.6	23.0
09:40	104	95	20	0.849	24	768	8.9	685	0.89	25.9	23.1
10:00	107	98	25	1.111	23	957	11.1	877	0.92	26.1	23.9
10:20	112	100	26	1.058	25	914	10.6	863	0.94	27.2	25.6
10:40	115	103	25	1.049	24	896	10.4	857	0.96	26.5	25.4
11:00	117	104	27	1.051	26	912	10.6	885	0.97	27.4	26.6
11:20	122	106	26	1.029	26	886	10.3	862	0.97	27.2	26.4
11:40	124	107	28	1.117	25	957	11.1	934	0.98	27.2	26.5
12:00	127	110	29	1.178	25	1056	12.3	1020	0.97	25.9	25.0
12:20	131	114	28	1.047	26	999	11.6	931	0.93	26.5	24.7
12:40	135	118	33	1.224	27	1107	12.9	1095	0.99	27.0	26.7
13:00	137	121	32	1.227	26	1046	12.2	1059	1.01	27.5	27.8
13:20	141	121	33	1.252	26	1053	12.2	1073	1.02	27.9	28.4
13:40	145	123	31	1.201	26	1037	12.1	1033	1.00	27.1	27.0
14:00	147	126	36	1.344	26	1171	13.6	1188	1.01	27.5	27.9
14:20	151	127	36	1.287	28	1176	13.7	1195	1.02	27.9	28.3
14:40	155	134	40	1.351	30	1308	15.2	1361	1.04	27.0	28.1
15:00	157	136	40	1.165	35	1231	14.3	1268	1.03	28.7	29.5
15:20	162	139	40	1.344	30	1309	15.2	1350	1.03	27.5	28.4
15:40	164	139	40	1.180	34	1238	14.4	1291	1.04	28.4	29.7
15:47	166	141	35	0.952	37	1026	11.9	1059	1.03	29.2	30.1

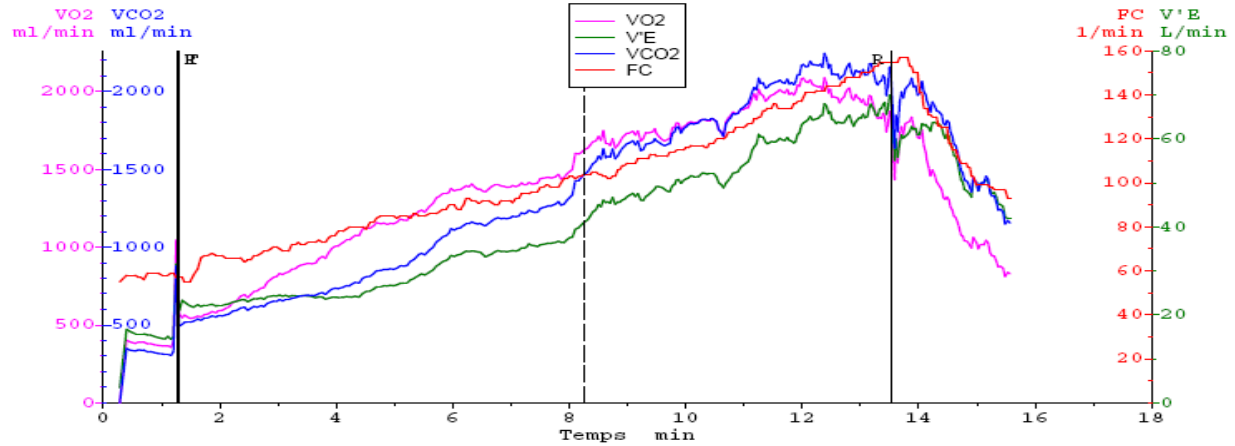
Récupération

# Après changement du permapur

Temps min	Charge W	FC 1/min	V'E L/min	VTex L	FR 1/min	VO2 ml/min	VO2/kg ml/ min/kg	VCO2 ml/min	QR	EqCO2	EqO2
00:20	20	55	3	0.146	24	-	-	-	0.00	0.0	0.0
00:40	20	57	17	0.849	20	408	4.7	354	0.87	41.2	35.8
01:00	20	59	15	0.884	17	368	4.3	320	0.87	40.2	35.0
01:15	20	57	15	0.760	20	372	4.3	316	0.85	40.7	34.6
<b>Référence</b>											
<b>Mesure</b>											
01:18	20	57	32	1.472	21	1045	12.2	879	0.84	33.2	27.9
01:20	20	57	21	1.179	18	568	6.6	495	0.87	38.6	33.6
01:40	22	61	23	1.209	19	552	6.4	524	0.95	40.4	38.4
02:00	26	67	21	1.277	16	519	6.0	512	0.99	37.2	36.7
02:20	29	66	22	1.434	16	627	7.3	574	0.91	36.1	33.0
02:40	40	67	22	1.300	17	635	7.4	563	0.89	35.9	31.8
03:00	44	71	25	1.342	18	808	9.4	663	0.82	34.3	28.1
03:20	47	72	25	1.306	19	833	9.7	661	0.79	34.0	27.0
03:40	50	73	24	1.391	17	883	10.3	683	0.77	32.7	25.3
04:00	60	76	25	1.376	18	934	10.9	716	0.77	31.8	24.4
04:20	63	80	22	1.242	17	974	11.3	673	0.69	29.2	20.2
04:40	66	82	25	1.598	16	1105	12.8	802	0.73	29.2	21.2
05:00	70	85	26	1.450	18	1142	13.3	833	0.73	28.8	21.0
05:20	74	86	28	1.606	18	1202	14.0	914	0.76	28.7	21.8
05:40	80	86	28	1.481	19	1184	13.8	894	0.75	28.7	21.7
06:00	82	90	32	1.717	19	1344	15.6	1061	0.79	28.4	22.5
06:20	87	92	35	1.791	20	1416	16.5	1169	0.83	28.3	23.3
06:40	90	91	34	1.644	20	1356	15.8	1136	0.84	27.5	23.1
07:00	92	92	32	1.655	19	1341	15.6	1126	0.84	26.3	22.0
07:20	96	95	36	1.643	22	1377	16.0	1195	0.87	27.9	24.2
07:40	103	99	36	1.715	21	1411	16.4	1235	0.88	27.1	23.7
08:00	106	102	38	1.706	22	1512	17.6	1317	0.87	26.8	23.3
08:20	109	104	37	1.853	20	1455	16.9	1301	0.89	26.4	23.6
08:40	114	102	46	1.942	23	1699	19.8	1578	0.93	27.3	25.3
09:00	117	109	47	1.976	24	1676	19.5	1615	0.96	27.4	26.4
09:20	119	111	46	2.078	22	1744	20.3	1665	0.95	26.0	24.8
09:40	123	112	48	1.855	26	1649	19.2	1603	0.97	28.2	27.4
10:00	132	115	49	2.006	25	1698	19.7	1683	0.99	27.8	27.5
10:20	135	117	52	2.179	24	1847	21.5	1835	0.99	26.8	26.6
10:40	139	120	52	2.054	25	1799	20.9	1808	1.01	27.2	27.4
11:00	142	125	47	1.930	24	1655	19.2	1644	0.99	26.9	26.7
11:20	152	133	59	2.217	27	1961	22.8	2023	1.03	27.9	28.8
11:40	155	134	60	2.185	27	1965	22.8	2046	1.04	27.8	29.0
12:00	158	137	60	2.155	28	2026	23.6	2076	1.02	27.5	28.1
12:20	161	142	65	2.342	28	2089	24.3	2197	1.05	28.0	29.5
12:40	164	144	68	2.008	34	2028	23.6	2200	1.08	29.2	31.7
13:00	170	148	61	2.096	29	1908	22.2	2043	1.07	28.3	30.3
13:20	174	155	66	2.060	32	1910	22.2	2117	1.11	29.5	32.8
13:31	177	155	68	1.941	35	1833	21.3	2079	1.13	30.9	35.1
<b>Récupération</b>											



## EVALUATION CARDIO-RESPIRATOIRE A L'EFFORT



Ergomètre:  
Date:

Vélo  
26/06/2012

Protocole:  
Heure:

RAMPE 10W/MN  
10:07:10

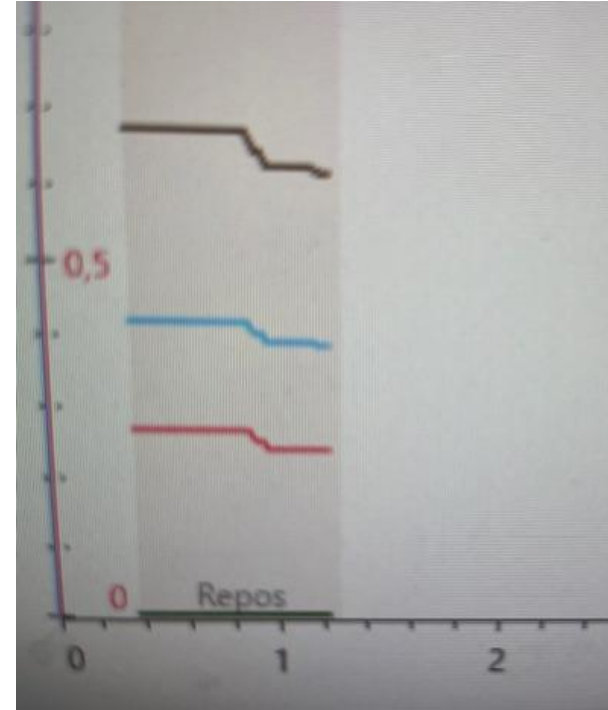
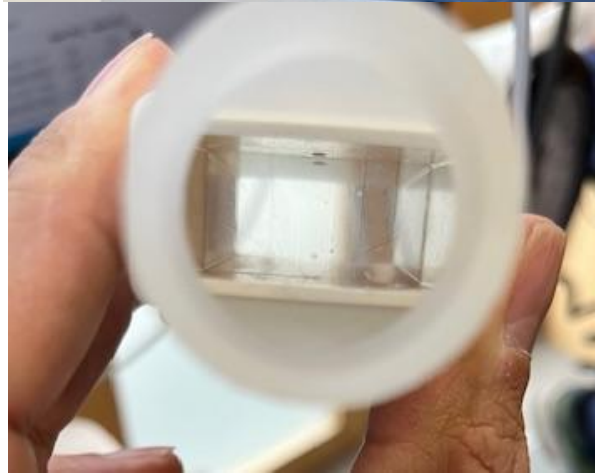
### REPONSE GLOBALE

Résumé	Repos	AT Manuel	MaxVO2	Max Watts	Théo	Max l %théo	Recup 60 sec
Moyennage temporel 15s	Secondes						
Temps	min	01:15	08:15	12:00	13:00		14:30
Charge	W	20	109	158	170	225	76 20

### ECHANGES GAZEUX

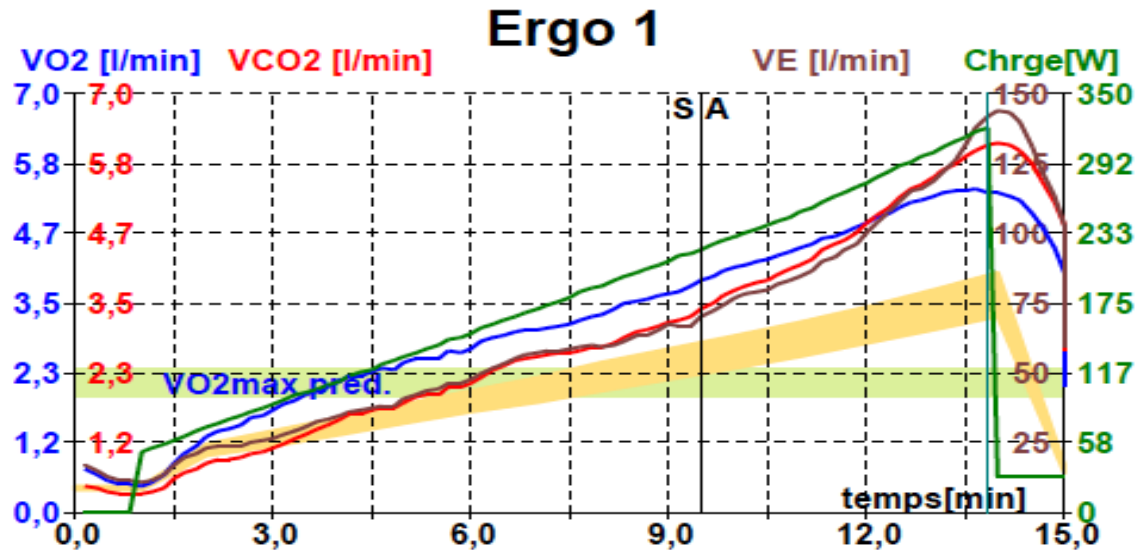
VO2	ml/min	387	1490	2020	2006	2940	68	1454
VO2/kg	ml/min/kg	4.5	17.3	23.5	23.3			16.9
VCO2	ml/min	327	1334	2077	2159			1942
QR		0.85	0.90	1.03	1.08			1.34
EqCO2		39.2	26.5	27.9	28.3			31.8
EqO2		33.2	23.7	28.7	30.4			42.5
VO2%h	%	13	51	69	68			49

# Atteinte pneumomatographe



# analyseurs

Homme 58 ans triathlon amateur T 174cm poids 72kg



	Préd.	Rep.	SA	Chrgé mx	max/préd.	SA/Préd	Récup.
temps ..... h:mm:ss	-	0:01:00	0:09:30	0:13:50	-	-	0:15:50
Pmes ..... W	158	51	220	322	204%	139%	30
<b>VO2</b> ..... l/min	<b>2,17</b>	<b>0,46</b>	<b>3,90</b>	<b>5,36</b>	<b>247%</b>	<b>180%</b>	<b>2,09</b>
VO2/kg ..... ml/kg/min	30,1	6,4	54,1	74,4	247%	180%	29,0
VCO2 ..... l/min	2,38	0,31	3,41	6,14	257%	143%	2,69
<b>RER</b> .....	-	<b>0,68</b>	<b>0,88</b>	<b>1,15</b>	-	-	<b>1,29</b>

Surestimation VO2/charge a tous les temps

# Pièges d'interprétation

---

- Pic de VO<sub>2</sub>
- Pente VE/VCO<sub>2</sub>
- Pouls d'O<sub>2</sub>
- RV

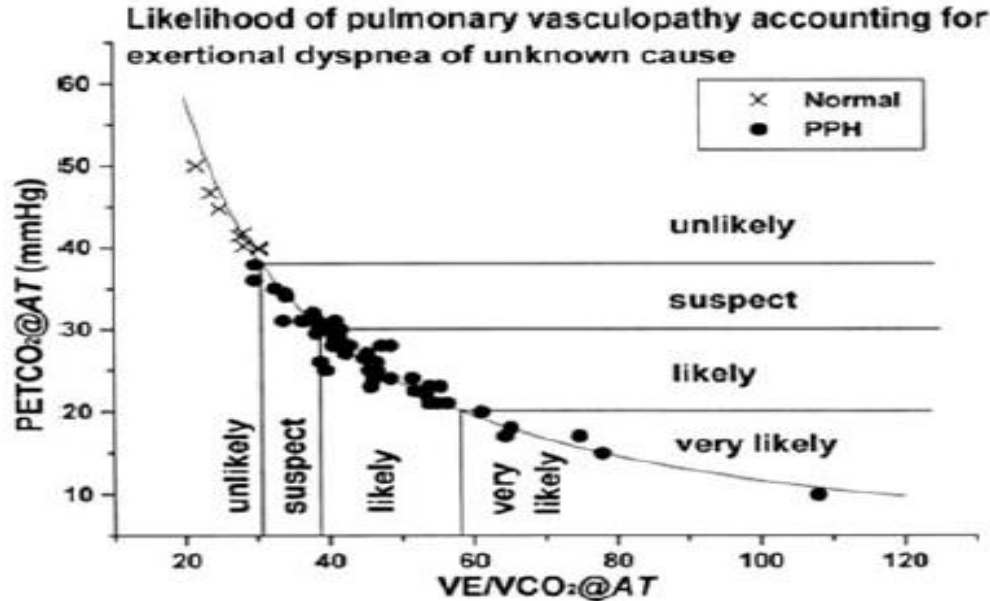
## Pic de $\dot{V}O_2$ et pente $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$

---

- Pic de  $\dot{V}O_2$  :  $NI > 80\%$  th.. Limites
  - Poids extrêmes, âge  $> 80$  ans
  - Athlètes « symptomatique »
- Pente  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ 
  - Efficience respiratoire
  - Pente  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2 > 40$  mauvais pronostique
  - Valeur  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$  au SV  $> 40$  en faveur d'une HTAP
  - Limite : hyperventilation++

- Pouls d'O2
  - Reflet du produit DAV x VES
  - Doit augmenter au cours du test
  - Limite : variation anormale de la Fc : PM, passage en FA pouls d'O2 élevé au repos
- RV nl > 20-25% en fin d'effort
  - max = 35x VEMS
  - BPCO et athlète plutôt 40x VEMS

# Valeur prédictive des paramètres respiratoires d'effort pour la prédiction d'une HTAP



**Autres paramètres:**

Vd/Vt

Pente  $VE/VCO_2$

Guidelines Eur Heart J 2016

**Unlikely**

$P_{ET}CO_2@VT > 37$  mmHg  
 $VE/VCO_2@VT < 30$

**Consider**

$P_{ET}CO_2@VT = 36-30$  mmHg  
 $VE/VCO_2@VT = 30-38$

**Likely**

$P_{ET}CO_2@VT = 29-20$  mmHg  
 $VE/VCO_2@VT = 39-56$

**Highly likely**

$P_{ET}CO_2@VT < 20$  mmHg  
 $VE/VCO_2@VT \geq 57$

## conclusion

---

L'EE +VO2 est très utile dans l'évaluation de nos patients et athlètes a visé diagnostique pronostique et thérapeutique.

L'interprétation doit être rigoureuse

Matériel fragile avec de nombreuses causes d'erreurs de mesure : toujours regarder la cohérence entre effort du sujet (watts, vit du tapis) et la VO2

Grande rigueur dans l'interprétation des données.