

Analyse des résultats de l'algorithme de
détection des fins d'onde T de Qinghua Zhang
sur la base de donnée QTDB.

24 novembre 2014

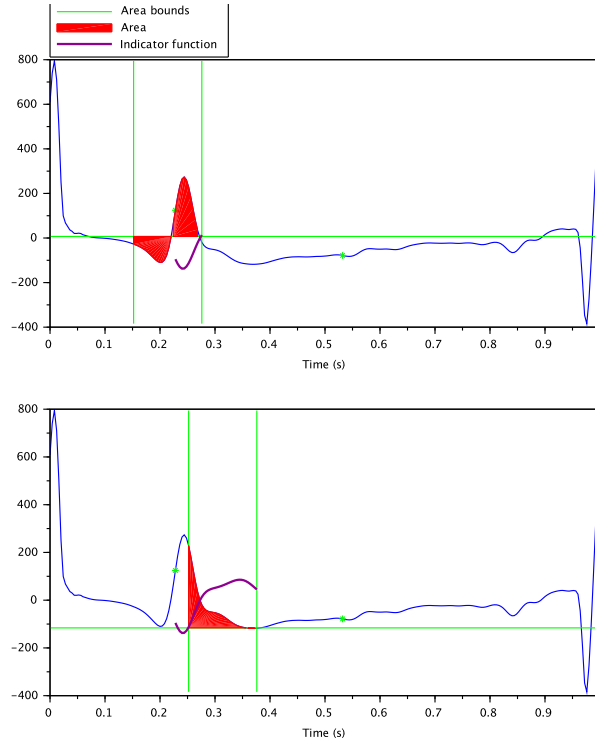
Table des matières

1	Introduction	2
1.1	Description de l'algorithme	2
1.2	Résultats globaux	3
2	Analyse détaillée des grands écarts	4
2.1	sel104	5
2.2	sel14172	6
2.3	sel223	9
2.4	sel31	10
2.5	sel36	11
2.6	sel38	13
2.7	sel39	14
2.8	sel41	16
2.9	sel48	17
2.10	sel50	18
2.11	sele0104	20
2.12	sele0203	21
2.13	sele0409	23

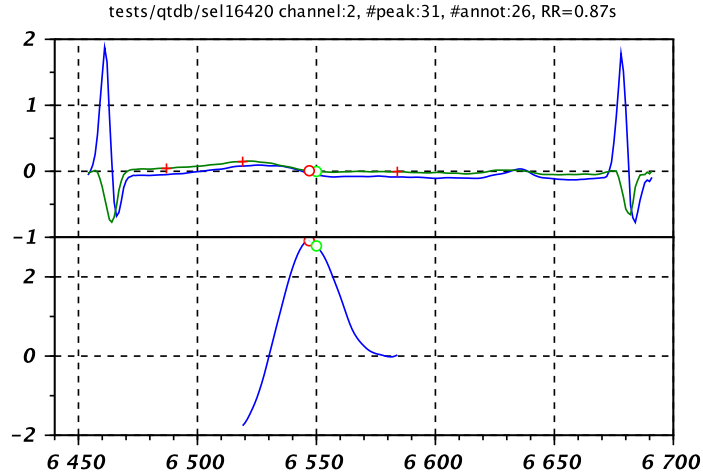
1 Introduction

1.1 Description de l'algorithme

La méthode de Qinghua Zhang pour localiser la fin des ondes T est basée, dans le cas d'une onde T simple et positive sur la recherche du maximum d'une courbe indicatrice représentant l'évolution de la surface de l'aire délimitée par la courbe de ECG sur un intervalle de temps glissant de longueur fixe et l'horizontale dont l'ordonnée est la valeur de l'ECG à la fin de l'intervalle de temps.



Dans le cas des ondes T simples et positives l'algorithme indique la détection de la fin de l'onde T au point réalisant le maximum de la courbe indicatrice.



Dans la pratique les formes d'ondes T peuvent être plus complexes : ondes inversées, biphasiques, ... générant des formes plus complexes de la courbe de l'indicatrice. Pour ces cas l'algorithme choisit un des extréma de la courbe indicatrice. Ce choix est basé sur une heuristique basée sur la comparaison du rapport du plus grand maximum par le petit minimum avec un seuil.

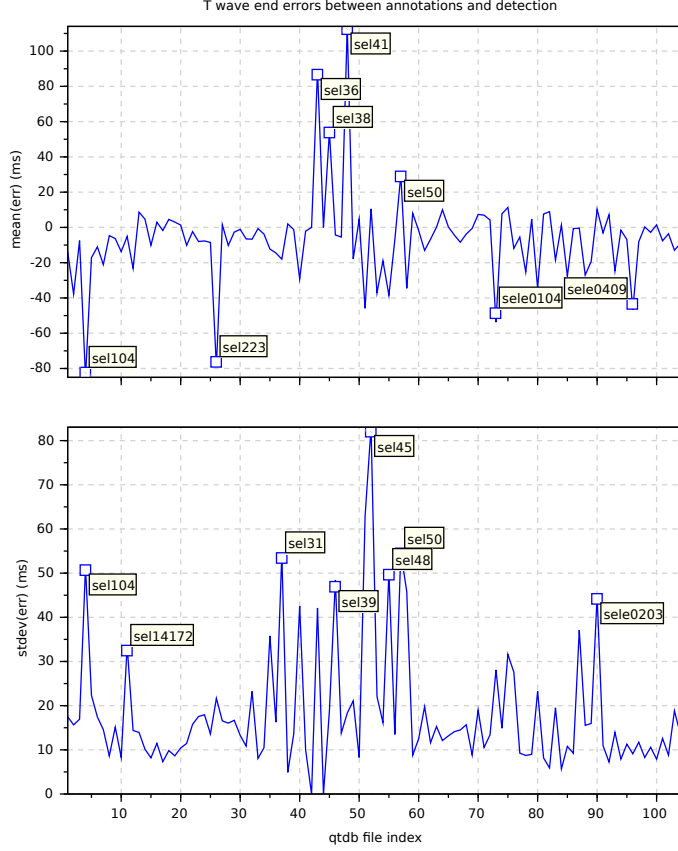
1.2 Résultats globaux

Cet algorithme appliqué aux ECG de la base de données QTDB donne globalement des résultats proches des annotations.

Pour certains fichiers cependant les positions de fin d'ondes T déterminées par l'algorithme sont éloignées des annotations. On remarque cependant que les annotations sont alors presque toujours proches d'un extremum de la courbe indicatrice. Ce qui laisse espérer une amélioration de l'heuristique de choix.

Le graphique ci-dessous donne l'erreur moyenne et la variance de l'écart, en nombre d'échantillon entre la localisation des fins d'ondes T fournies par l'annotateur 1 et celle déterminée par l'algorithme pour chaque fichier de la base de données QTDB.

Rappel : un échantillon correspond à 4ms.



Pour l'ensemble des fichiers il y a 3542 battements annotés, la moyenne des écarts sur chaque fichier vaut $-6.28\text{ms} \pm 18.09\text{ms}$ et la même moyenne pondérée par le nombre de battement annotés dans chaque fichier est de $-7.97\text{ms} \pm 18.72\text{ms}$. La moyenne globale des écarts sur l'ensemble des battements est de $-7.97\text{ms} \pm 33.48\text{ms}$

2 Analyse détaillée des grands écarts

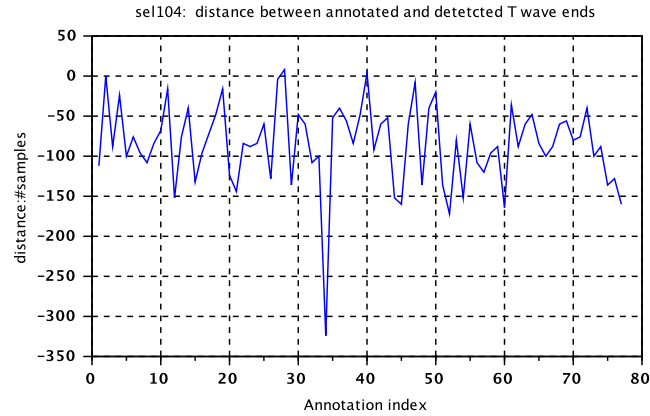
Dans cette partie nous allons examiner en détails les détections pour les fichiers étiquetés précédemment puisque présentant des écarts moyens ou des variances d'écart particulièrement important.

Pour chacun de ces cas un graphique donnant les écarts, en nombre d'échantillons, entre les annotations et les détections réalisées par l'algorithme en utilisant la voie n° 1 du fichier est fourni. Sur la base de ce graphique on étudie pour les grands écarts les formes d'ondes des battements correspondants ainsi que le graphe de la fonction indicatrice de l'algorithme.

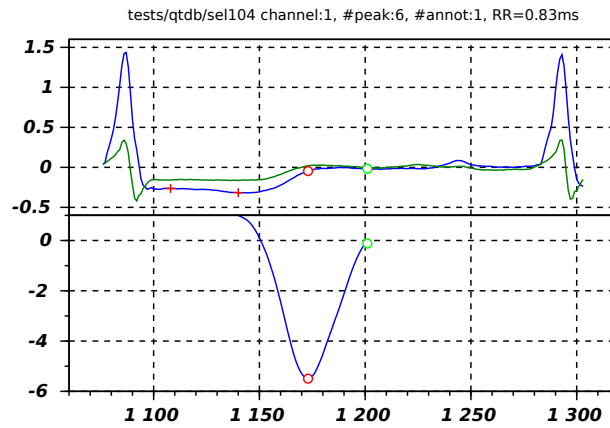
2.1 sel104

Il s'agit de l'intervalle 15mn ->30mn du fichier 104 de la base de donnée MIT-BIH Arrhythmia correspondant à un ensemble de battement normaux et stimulés.

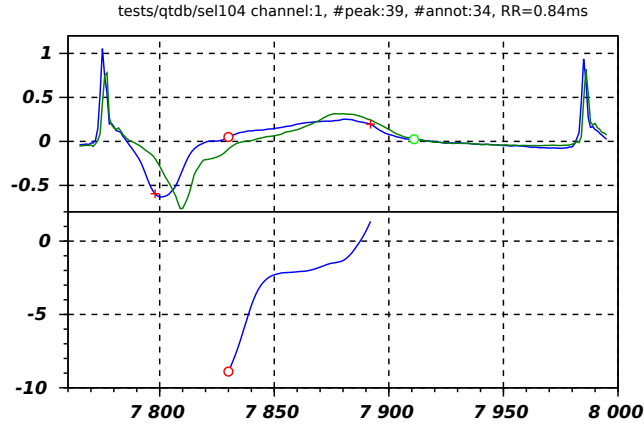
On observe sur la plupart des battements des erreurs toujours négatives (détections précoces par rapport aux annotations) et pouvant aller jusqu'à 100 échantillons.



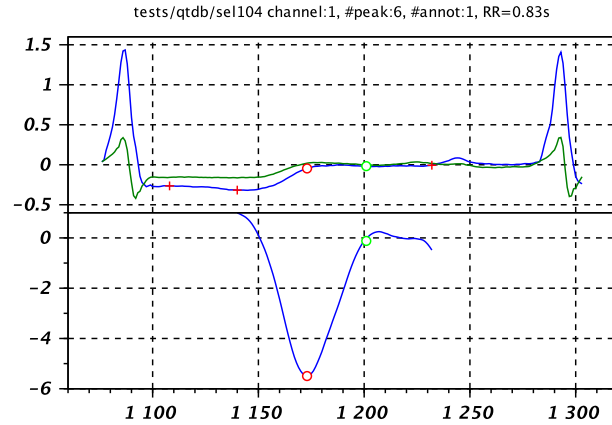
Le graphique ci-dessous correspond au premier battement annoté pour lequel l'erreur est d'environ 100 échantillons. Le rond rouge marque la position déterminée par l'algorithme et le rond vert la position de l'annotation. La position de l'annotation se trouve au delà de la borne supérieure de la zone d'évaluation de la fonction caractéristique.



Les autres grands écarts correspondent à des situations similaires y compris pour la 34 ième annotation.



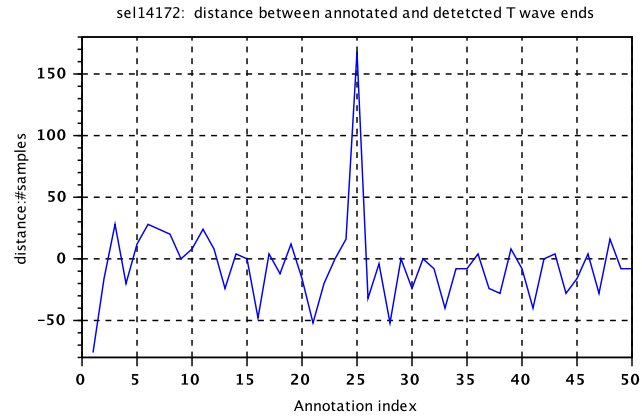
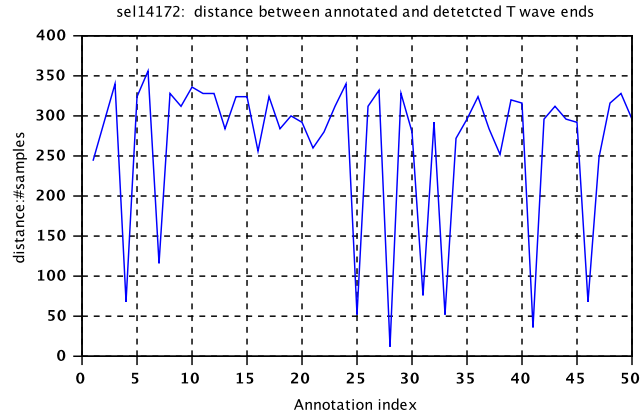
L'accroissement de la borne supérieure (rightbounds) de 30 échantillons permet d'obtenir pour la plupart des battements un max local au voisinage de l'annotation, mais ne change pas significativement la localisation de la détection :



Une combinaison de l'accroissement de rightbounds et d'autre règles de sélection de l'extremum local serait à étudier.

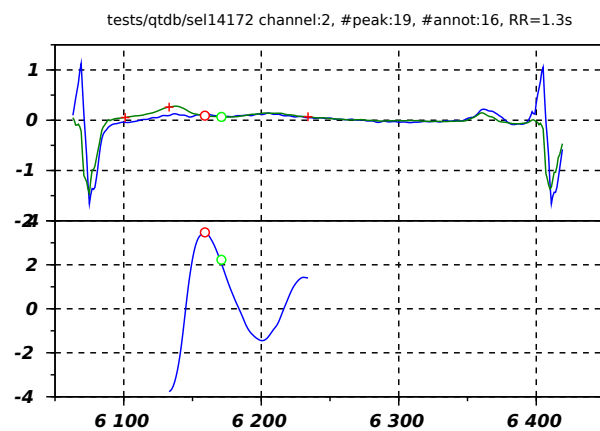
2.2 sel14172

Pour ce fichier la qualité des détections est très différente que l'on utilise la voie n°1 ou n°2.



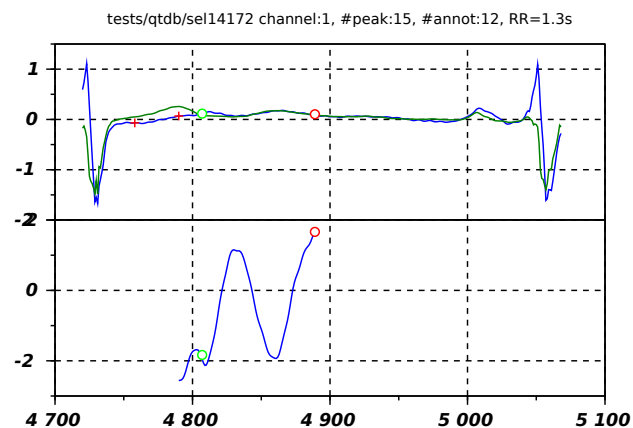
Pour la voie n°2, mis à part le cas de la 25 ième annotation on constate des écarts compris entre -30 et +30 échantillons. La figure ci-dessous illustre ce phénomène. Sur ce battement comme sur la plupart des autres produisant des écarts importants la fin de l'onde T est peu marquée. Bien q'un peu précoce, la détection réalisée par l'algorithme sur la seule voie 2 peut apparaître raisonnable.

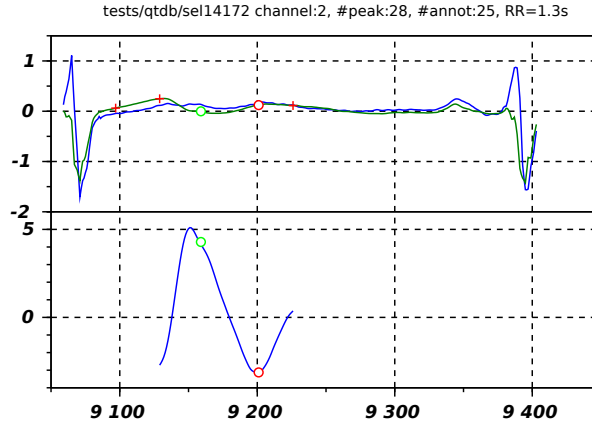
On note aussi l'existence d'une onde U.



Le cas de la 25ieme annotation est assez différent et représentatif des détections réalisées sur la voie n°1 avec une detection très tardive. Voir les 2 figures ci-dessous

Ces cas de détection tardives pourraient être corrigés par un autre choix de la valeur du paramètre `mthrld`, ou sur l'algorithme de choix de l'extremum de la courbe caractéristique.

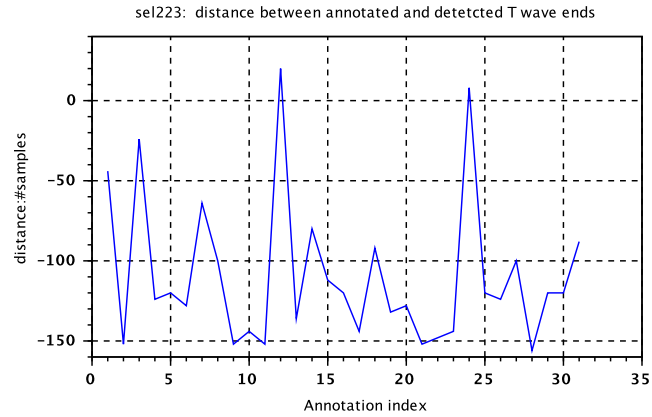


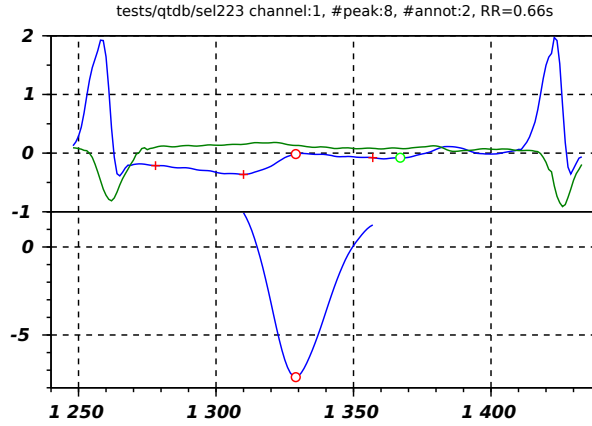


On peut noter que l'on a à faire dans ces cas à des durées RR longues, une diminution du paramètre Rightbounds pourrait aussi permettre de résoudre le problème.

2.3 sel223

Comme pour le fichier sel104, l'algorithme génère ici des détections très précoces par rapport aux annotations avec des écarts de l'ordre de 100 échantillons. La figure ci-dessous présente une situation classique pour ce fichier.



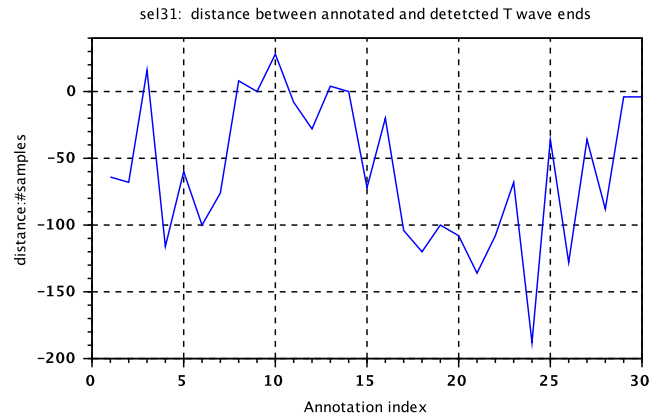


On notera que les fins d'ondes T sont très « plates ». Dans cet enregistrement, les battements sont rapides $RR < 0.7s$

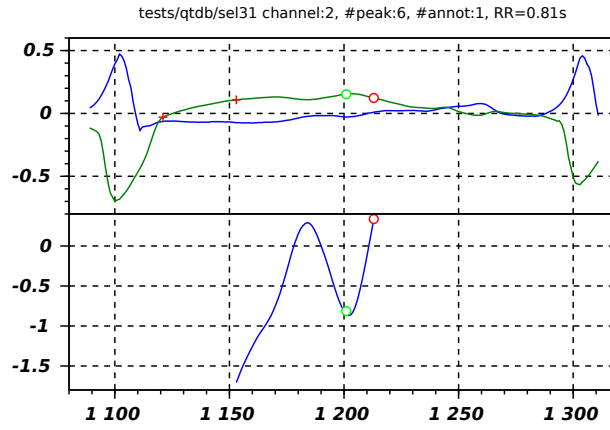
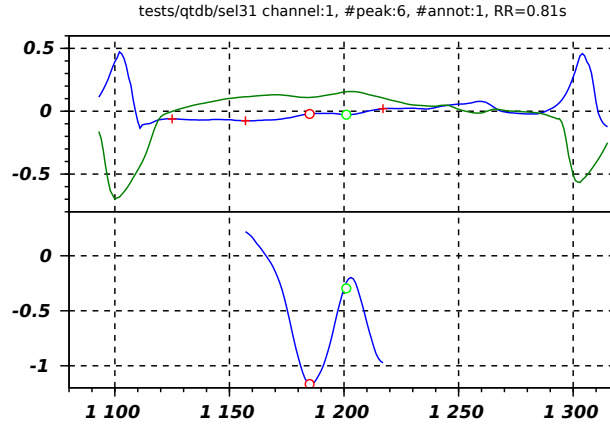
La valeur de Rightbounds est en général inférieure à la position de l'annotation. Comme pour sel104 une solution pourrait être d'augmenter la valeur du paramètre Rightbounds

2.4 sel31

Comme pour les fichiers sel104 et sel223, l'algorithme génère ici des détections très précocement par rapport aux annotations avec des écarts de l'ordre de 100 échantillons.



Le positionnement de la détection n'est pas limité par la valeur du paramètre Rightbounds ni sur la voie n°1 ni sur la voie n°2 :

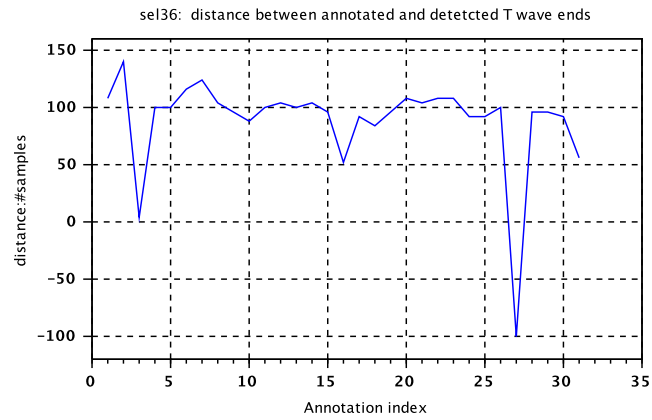


La position de la fin de l'onde T n'est pas évidente, mais on remarque qu'il y a le plus souvent un extremum local donnant une détection très proche de l'annotation.

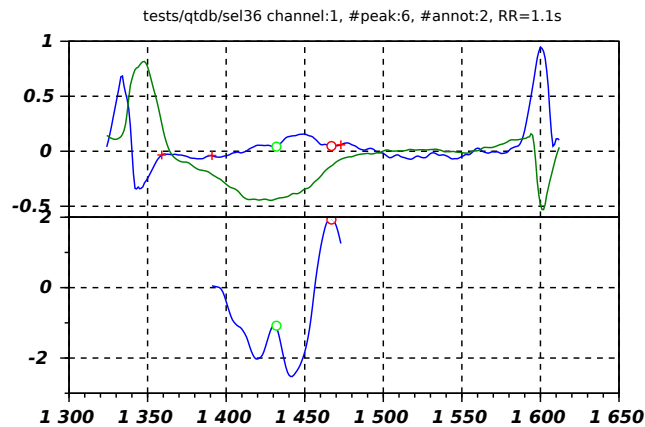
Ici comme pour certains battement de sel14172, il faudrait adapter le choix de l'extremum de la courbe caractéristique pour obtenir des détections proches des annotations.

2.5 sel36

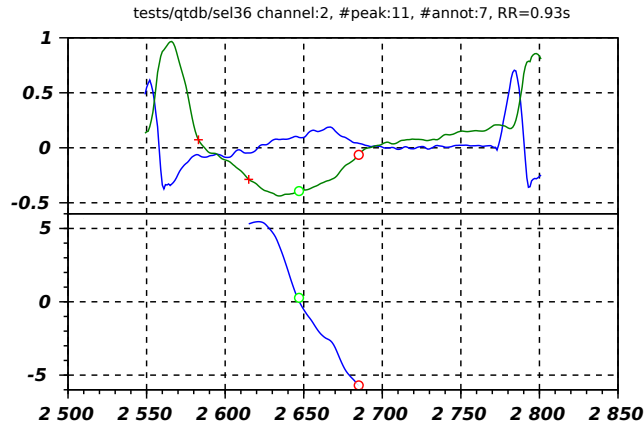
Pour ce fichier les détections sont très tardives sauf pour l'annotation n°27.



Comme pour le fichier précédent la position de la fin de l'onde T n'est pas évidente, la localisation produite par l'algorithme ne paraît pas complètement aberrante mais on remarque qu'il y a le plus souvent un extremum local de la courbe caractéristique donnant une détection très proche de l'annotation.

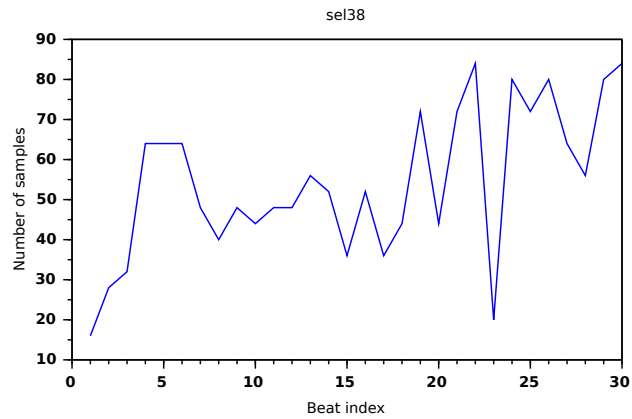


A noter toutefois que cela n'est pas le cas si la courbe caractéristique est calculée à partir de la voie n°2 :



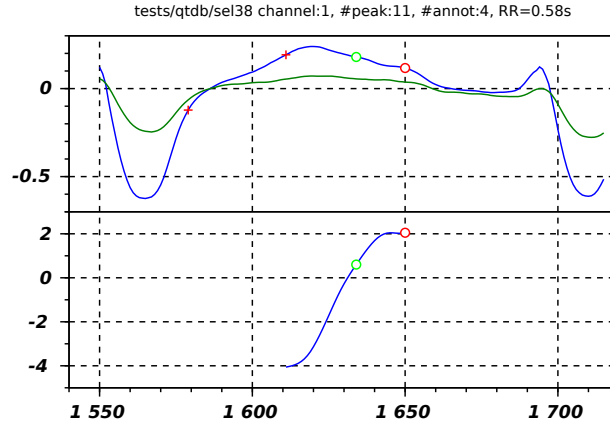
2.6 sel38

Ici encore les détections sont tardives

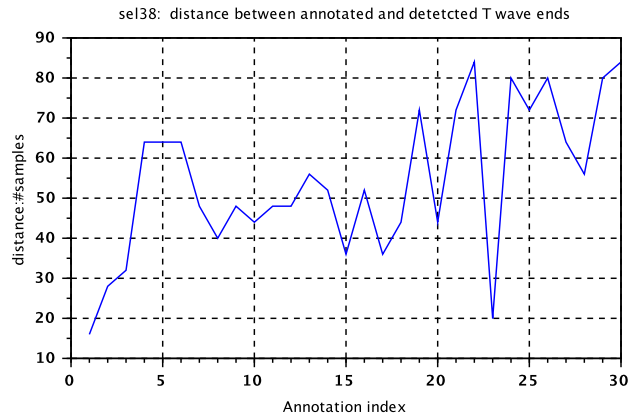


On trouve une situation similaire a celle du fichier précédent, avec des fins d'ondes T pas évidentes, dans ce fichier le rythme cardiaque est rapide $RR < 0.6s$.

La valeur du paramètre Rightbounds limite souvent le positionnement de la détection comme pour le battement ci-dessous.

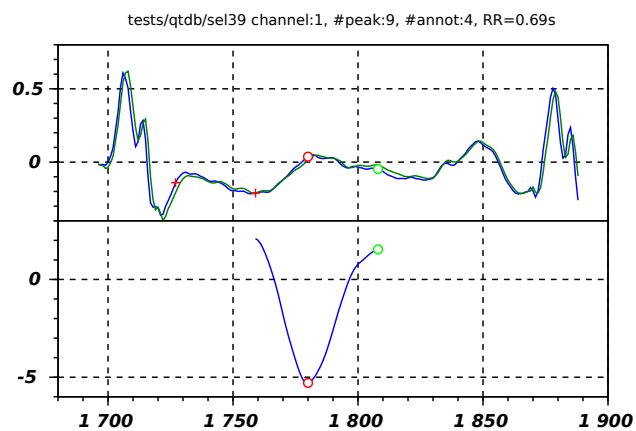


2.7 sel39

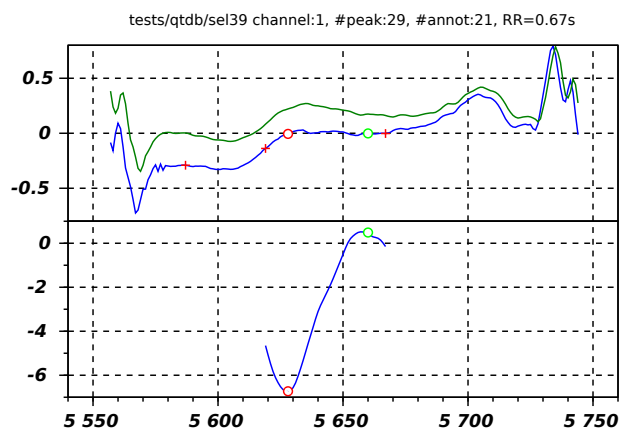


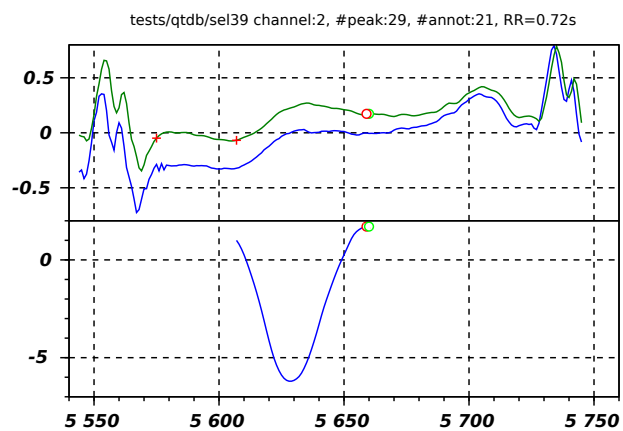
Comme pour les fichiers sel104, sel223 et sel31, l'algorithme génère ici des détections très précocement par rapport aux annotations (2, 4, 13 et 23)

Les détections correspondant aux annotations 2, 4, 13 semblent avoir été imposée par une valeur trop faible du paramètre Rightbounds et peut être si ce paramètre avait été plus grand par le choix de l'extremum.

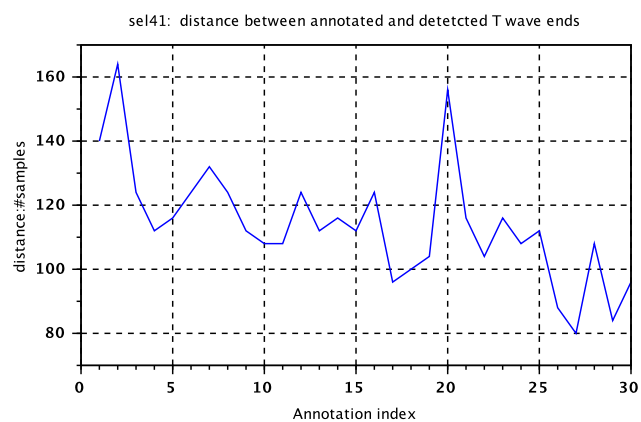


Pour la détection de l'annotation 21, un extremum existe proche de l'annotation mais il n'est pas retenu si l'algorithme est appliqué à la voie n°1, mais l'est par contre si l'algorithme est appliqué à la voie n°2 pour laquelle la fin d'onde T est plus explicite.

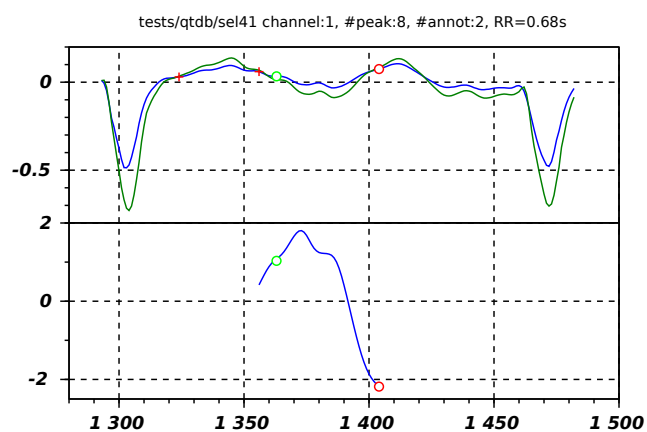
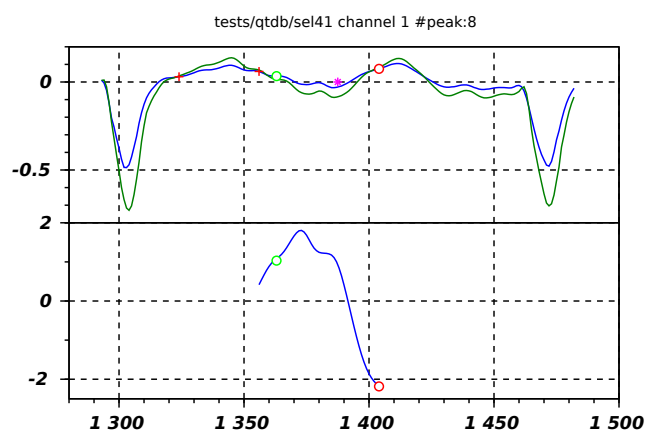




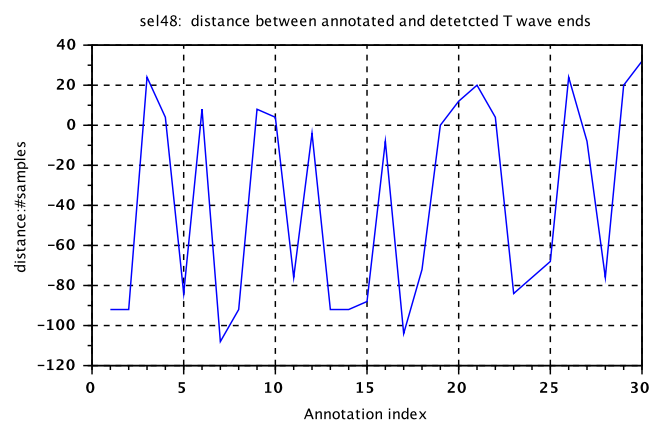
2.8 sel41



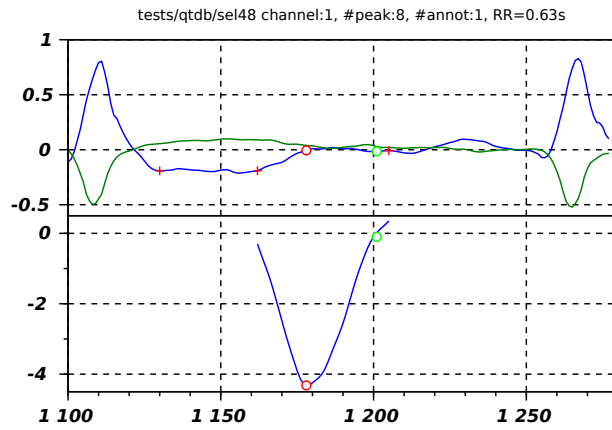
Pour ces battements correspondant à un rythme cardiaque rapide $RR < 0.7$ il y a un problème avec le choix de l'extremum. Le choix du max fournirait pour tous les battement une localisation très proche de l'annotation.



2.9 sel48

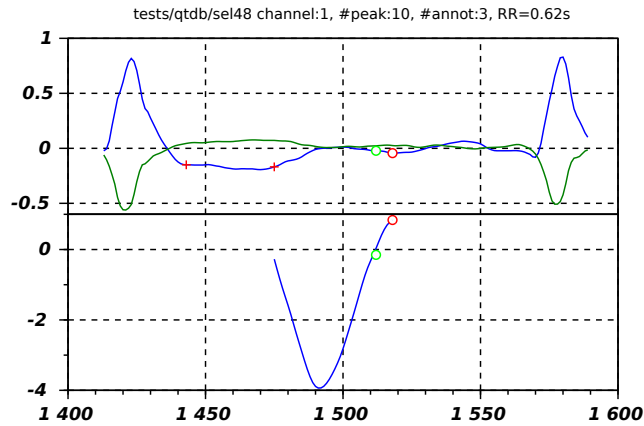


La plupart des détections sont précoces avec une situation similaire à sel104.



La 3ieme annotation est par contre un peu tardive bien que le profil du signal de la voie 1 soit très similaire à celui de la 1ere et 2 ème annotation.

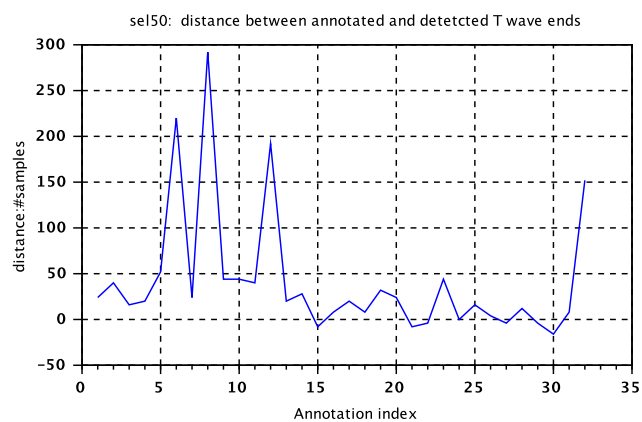
Il s'agit probablement ici d'un effet de seuil relatif au paramètre mrthld.



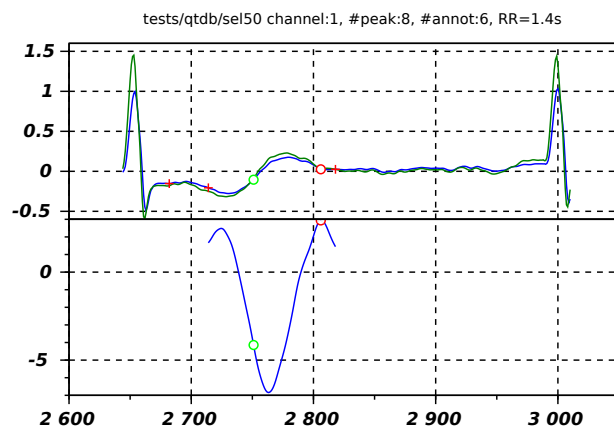
Ces deux figures sont caractéristiques de l'ensemble des détections pour ce fichier.

2.10 sel50

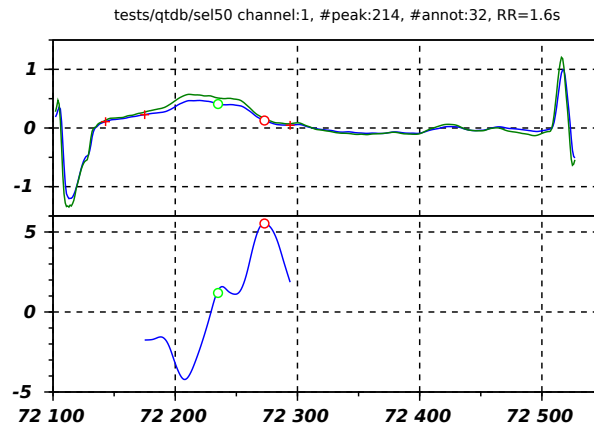
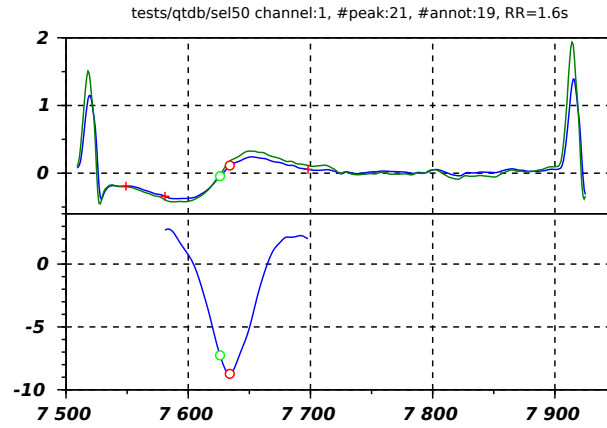
Les détections correspondant aux annotations 6, 8, 12 sont très tardives, les battements correspondants ont des profils similaires (voir la figure ci-dessous).



Ces profils ne sont pas significativement différents de ceux fournissant des détections raisonnables :



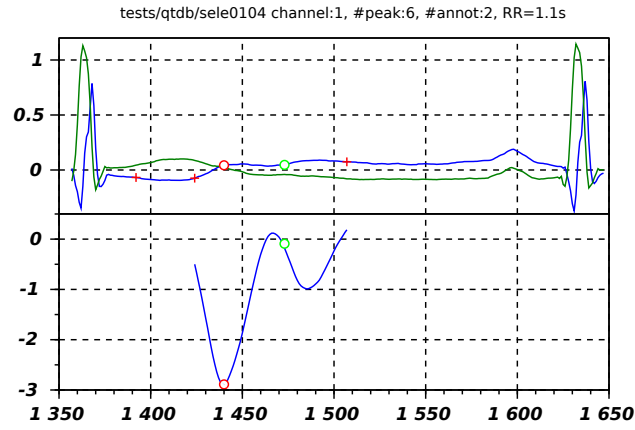
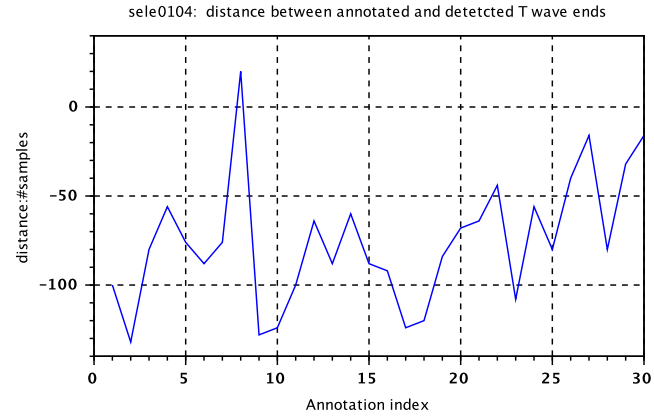
Le battement correspondant a la 32ième annotation a par contre un profil très différent :



Pour ce fichier un changement de l'algorithme de choix de l'extremum de la courbe indicatrice pourrait donner des détections proches des annotations.

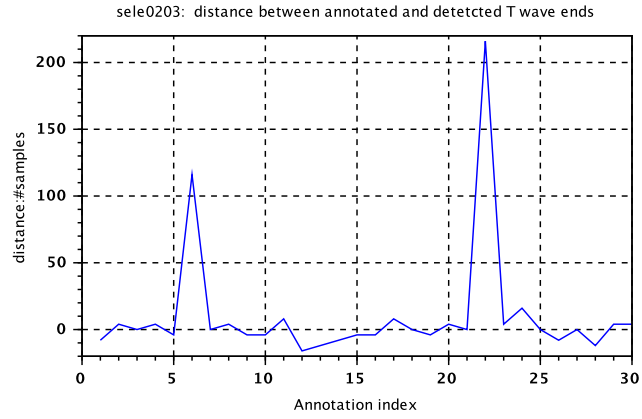
2.11 sele0104

Les profils des battement ainsi que des courbes indicatrices sont similaires pour les différents battements annotés.

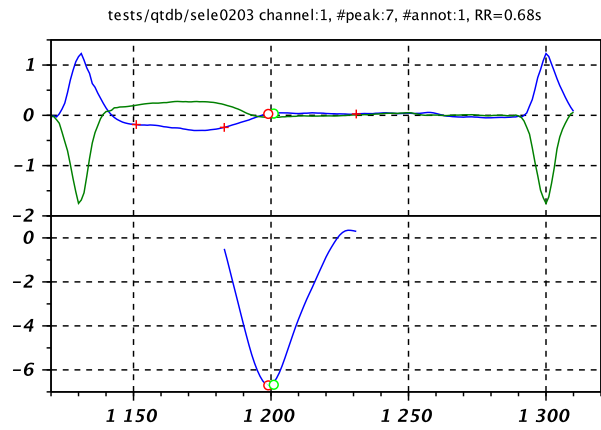
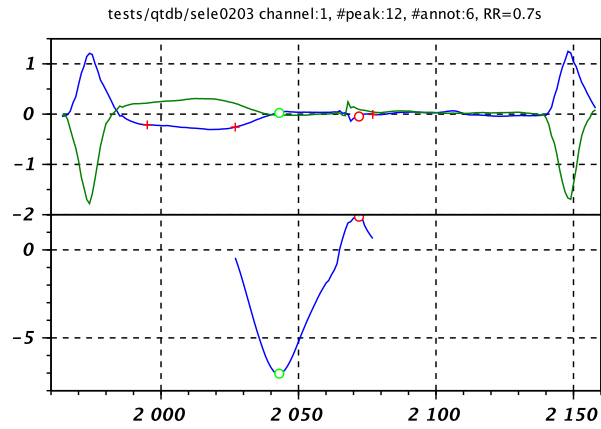


2.12 sele0203

Les detections sur ce fichiers sont de très bonne qualité à l'exception des battement correspondants aux annotations 6 et 22 :



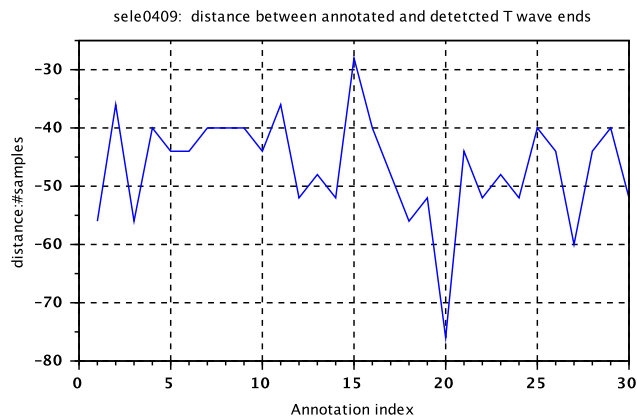
Les profils correspondant aux annotations 6 et 22 sont très similaires aux profils fournissant de bonnes détections



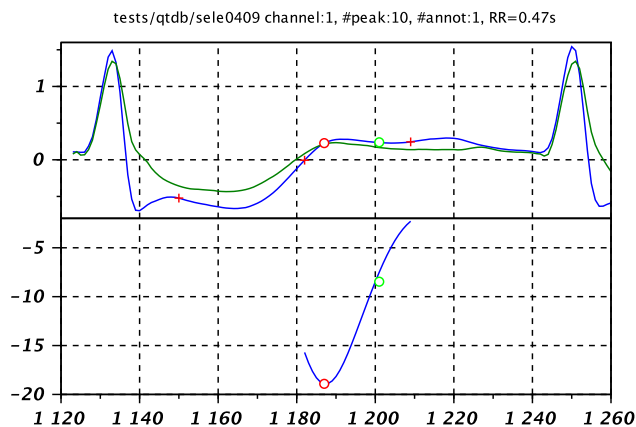
l'erreur de detection peut être due à un effet de seuil relatif à la variable mrthld.

2.13 sele0409

Pour ce fichier l'algorithme positionne les détections beaucoup plus tôt que l'annotateur.



Ici la position choisie par l'annotateur est relativement éloignée d'un extremum local de la courbe indicatrice



modifier les bornes righthound ou leftbound ou jouer sur le paramètre mrthld ne permet pas de résoudre le problème.

Notons toutefois que l'évolution du signal entre la detection réalisé par l'algorithme et l'annotation est faible.