

Two ERP studies on Dutch temporal semantics

Giosuè Baggio

Abstract

Although meaning has been a constant interest in psycholinguistics, the concepts and methods of formal semantics have been rarely used to make sense of empirical data. In this thesis we try to fill this gap presenting the results of two ERP studies on Dutch temporal semantics. In the first, we investigate the effects elicited by tense violations in temporal adverb constructions. The observed P600/SPS is interpreted as an index of semantic rather than morphosyntactic processing. Reichenbach's distinction between event and reference time is used to account for the LAN elicited by sentences in which the main verb is placed before the adverbial modifier. In the second study, we propose a refinement of an earlier experiment on English temporal connectives. We investigate the effects of manipulating world knowledge and the order in which events are mentioned in discourse. Factorial analyses and direct comparisons between conditions indicate that sentences with different inferential properties, triggered by the selective activation of world knowledge from declarative memory, have different ERP correlates. In brief, our work suggests that the use of formal semantics within the ERP paradigm can reinforce the criticism of existing hypotheses and accelerate the process of generation and testing of new ones.

Contents

1	Introduction	3
2	A semantic approach to tense violations	5
2.1	Introduction	5
2.2	Semantics	8
2.3	Method	11
2.4	Results	13
2.5	Discussion	22
3	Aspects of processing temporal connectives	26
3.1	Introduction	26
3.2	Semantics	29
3.3	Method	35
3.4	Results	40
3.5	Discussion	51
4	Conclusion	54
A	Materials	55

Acknowledgements

This thesis is the result of an intense half-a-year of work spent as a trainee at the F.C. Donders Center for Cognitive Neuroimaging in Nijmegen. During that period, and in the preceding months at the Institute for Logic, Language and Computation in Amsterdam, I have benefited from the help of a number of people that ought to be mentioned here. I am sincerely grateful to my advisors Peter Hagoort and Michiel van Lambalgen for having made the stage possible and for having given a direction to the project. This thesis owes much to their ideas and work. I would like to thank all the researchers gravitating around the EEG labs at FCDC, in particular Tineke Snijders, Nienke Weder and Valesca Kooijman. Thanks also to the members of the defense committee Martin Stokhof and Robert van Rooij for their remarks and suggestions. I wrote the final version of this thesis at the peaceful and inspiring location of Marsaglia on the Italian Alps. I wish to thank Sofia for those two weeks and for all her friendship and care during the last months. This thesis is dedicated to my parents, Rinella and Roberto.

1 Introduction

Event-related brain potentials have been used in cognitive psychology since the 1960s and in psycholinguistics since the late 1970s. What makes them suitable for the study of cognition, in particular within the information processing paradigm, is their excellent temporal resolution: small voltage changes occurring within time intervals of a few tens of milliseconds can be measured at the scalp. This technique has proved useful to address a number of issues concerning the relative time course of cognitive processes, including those involved in language comprehension.

ERP data are relatively easy to obtain [11]. The electroencephalography (EEG) can be recorded from a number of electrodes placed at the scalp while the subject performs a cognitive task. The amplified EEG signal reflects not only the cognitive processes evoked by the stimuli, but also neuronal activity related to the execution of other, possibly non-cognitive, tasks. While the processes of interest are time-locked to the stimuli, the noise is assumed to be randomly distributed in terms of polarity, latency and amplitude in the EEG trace. As a consequence, averaging on individual trials will tend to reduce the noise and increase the signal, revealing ERP components. Waveforms obtained after averaging on trials belonging to different conditions can be overlaid and inspected for differential effects. On the assumption that conditions differ only with respect to the intended experimental manipulation, the differences between waveforms will be attributed to the cognitive processes of interest [16, 44].

The issue of the relative time course of syntactic and semantic binding operations has been extensively discussed in the light of ERP data [6]. Several studies investigated the ERP correlates of morphosyntactic violations, for instance in sentences like:

- (1) The child *is/are* throwing the toy on the ground.

Incorrect sentences elicited a positive deflection starting 500 ms after the onset of the verb *are*, peaking around 600 ms and continuing for 500 ms at least. Because of its polarity and latency, this syntax-related component has been called P600 or SPS (syntactic positive shift) [20]. A negative deflection starting 250 ms and peaking around 400 ms after the onset of the critical word has been observed to semantic anomalies, for instance:

- (2) He spread his warm bread with *butter/socks*.

As a consequence of its functional characteristics, this ERP component has been called N400. Given the different polarity and latency of the P600/SPS and N400, it has been suggested that lexical semantic and syntactic binding operations are subserved by functionally distinct neural circuits, activated at different stages of sentence processing. The functional interpretation of the P600/SPS and N400 is not yet agreed upon, although explicit computational models can offer new insights with this respect [18]. In addition, recent advances of functional imaging techniques and intracranial recordings provide further evidence concerning the neural generators of the P600/SPS and N400.

ERP research on language comprehension has produced a large amount of empirical evidence, supporting a number of hypotheses concerning sentence and discourse processing. However, much work has yet to be done on the modeling side. As it has been observed, “a cognitive neuroscience approach to language has not as yet merged with linguistic and psycholinguistic research programmes” [6]. One could mention formal semantics as an example of a linguistic research program that might indeed be relevant for a cognitive approach to language. On the one hand, experimental questions in psycholinguistics and cognitive neuroscience have been mostly drawn from a theoretical background in which syntax is dominant. Therefore, most ERP studies investigated linguistic phenomena that do not allow for a formal semantic treatment. On the other hand, formal semantics has been rarely used to make sense of ERP data, perhaps because it is seen as empirical only to the extent that it deals with an empirically given language. We suggest that a closer and more lively interaction between semantics and ERP research would be profitable for both parties.

Of course, such an integration can be realized at different levels of depth. A proper account of sentence and discourse processing would involve all the levels of analysis singled out by Marr & Poggio [35], although this is far beyond what we can offer in this thesis [62]. Rather, our purpose is to try to make sense of ERP data sketching some analyses at the first level of description, inspired by the concepts and methods of formal semantics. First-level analyses are supposed to uncover the nature and the goal of the computations involved in the cognitive processes of interest. In addition, they should provide a first explanation of the salient features of experimental data, in our case the topographical distribution, latency, polarity and amplitude of ERP components. ERP data do not allow for reliable inferences concerning the location of the neural generators of the observed effects [58]. While it is possible to calculate the distribution of electrical potentials on the scalp given the position and activation of dipole current sources (forward problem), the problem of estimating the location and distribution of current sources within the brain from the potentials recorded at the scalp does not necessarily have a unique solution (inverse problem). For that reason, we will not consider the topographical distribution of a given ERP component as an explanandum. With an eye to formal semantics, we will try to account for the relative time course of the observed effects as well as their polarity – a point that is sometimes neglected in ERP research.

In section 2, we will discuss a series of experiments on tense violations in English and French. We will propose a model of discourse processing focusing on the consequences of morphological anomalies on the semantic level. The predictions suggested by our model will be tested against ERP data from a group of Dutch speaking volunteers. We will then discuss our results in the light of specific hypotheses on language processing. In section 3, we will start with a review of an earlier ERP study on English temporal connectives. A model of discourse processing for narratives containing the temporal connectives *after* and *before* will be then presented. Behavioral and electrophysiological data on Dutch temporal connectives will be discussed against the predictions derived from our processing model. In the conclusion section, we will try to evaluate our work and we will indicate a few directions for further research.

2 A semantic approach to tense violations

2.1 Introduction

The study of brain responses to linguistic violations has proved a valuable basis for testing hypotheses and models of language comprehension. This approach has been used to investigate several linguistic phenomena [31]. A particularly interesting case is tense. As is known from linguistic research, establishing the temporal location of an event is a semantic phenomenon, common to natural language, that requires the contribution of language-specific inflectional and syntactic devices [8, 34]. In this perspective, the analysis of event-related potentials elicited by tense violations seems a promising approach to explore the interactions between morphology, syntax and semantics as involved in tense and temporal modification.

Verb morphology has been the object of several ERP studies. In some case important research questions have been raised [54, 59]. However, as to the specific ERP correlates of tense violations, no clear picture has emerged. One obvious reason is that different linguistic phenomena have been presented under the label of tense violations, resulting in a variety of effects that appear difficult to explain and compare across paradigms.

There seem to be two main problems with earlier research into tense violations. The first is that these studies tended to overlook the distinction between morphology and syntax, regarding as syntactic violations of tense what in fact were violations of some morphological category. Although morphology and syntax interact (tense and aspect are two examples), it is important emphasize the different roles that morphological and syntactical principles play in grammar: the former govern the internal structure of words, the latter the arrangement of words in a sentence. The second problem is that in these studies the consequences of inflectional anomalies on the semantic level have been largely ignored. Indeed, genuine morphological violations of tense can be realized only on the basis of a semantic criterion: a sentence is incorrect with respect to tense if the main clause locates an event outside the frame specified by either a temporal adverb or a temporal adjunct clause. As we shall see below, this idea can be reformulated in terms of the distinction between event time and reference time introduced by Reichenbach [50]. Our decision in favor of a semantic approach to tense violations will have consequences on the experimental design, that is on the choice of conditions and stimulus sentences, as well as on the model of discourse processing that will be adopted. A brief review of earlier research will provide the essential background and motivation for our study.

The first results on tense violations have been reported by Kutas & Hillyard [30]. In this experiment, a group of English-speaking volunteers was presented with sentences like the following:

- (1) Most of the earth's weather happens in the bottom layer of the atmosphere
called/calls the troposphere.
- (2) The eggs and meat of this turtle are *considered/consider* choice food by many
people.
- (3) This allows them to *stay/stayed* under water for a longer period.

Incorrect sentences elicited a positive peak 300 ms following the critical word (i.e. the verb) approaching significance at parietal sites and a negative wave in the 300-400 ms window, suggestive of an N400-like effect. It is not clear to which feature of the stimuli the observed ERP effects should be attributed. On the one hand, sentences (1)-(3) contain morphological and not syntactical anomalies as Kutas and Hillyard claim. More precisely, the morphological category violated is finiteness (finite/infinitive/participle) and not tense (past/present/future). On the other hand, morphological violations are realized in quite different ways: in (1) the present indicative *calls* replaces the past participle *called*; in (2) the infinitive *consider* replaces the past participle *considered*; in (3) the past participle *stayed* replaces the infinitive *stay*. Besides, stimulus sentences have different syntactic structures, as (1)-(3) indicate.

Osterhout & Nicol [47] investigated the effects of morphological violations in modal constructions, presenting to a group of English speakers sentences like:

- (4) The cats won't *eat/eating* the food that Mary leaves them.
- (5) The expensive ointment will *cure/curing* all known forms of skin disease.
- (6) The new fighter planes can *fly/flying* faster than anyone had expected.

In the 300-500 ms window, incorrect sentences were more positive at posterior sites of the midline. The LAN elicited by tense violations was not significantly different from the effect elicited by correct items. In the 500-800 ms window, incorrect sentences were more positive at midline and posterior sites, consistently with the distribution of the P600. ERPs elicited by sentence-final words in the violation condition were more negative-going than those observed in correct sentences, beginning 200 ms following the sentence-final word and continuing throughout the epoch. Also in this case one should notice that sentences (4)-(6) contain morphological and not syntactical anomalies and that the category concerned is again finiteness and not tense: the present participle replaces in all cases the infinitive form of the verb.

In the study conducted by Allen, Badecker & Osterhout [1], "syntactic (tense) violations" were investigated in sentences containing either high-frequency (HF) or low-frequency (LF) verbs:

- (7) The man will *work/worked* on the platform. (HF)
- (8) The man will *sway/swayed* on the platform. (LF)

Correct low-frequency sentences elicited a more negative N400, ungrammatical items a more positive P600 and low-frequency ungrammatical items a biphasic increase of N400 and P600. In the 500-900 ms window a significant main effect for grammaticality was found, maximal on posterior sites as is typical of the P600. Again, the morphological category violated in (7)-(8) is finiteness rather than tense, although the authors claim that "for example, the two ungrammatical sentences *He will walked* and *He will swayed* are equally and unconditionally ill-formed with respect to tense" [1].

In conclusion, the studies of Kutas & Hillyard [30], Osterhout & Nicol [47] and Allen et al. [1] did not bring into play genuine tense violations. In none of these

studies stimulus sentences were such that the anomalous verb located the event described by the main clause outside a frame specified by a temporal modifier. Violations of the category of finiteness, together with other morphological anomalies, will most likely contribute to our understanding of the inflectional/derivational system. Even so, tense violations promise something more, that is some insight into the involvement of the different components of the language system in establishing the temporal location of events at the discourse level.

Tense violations have been investigated in two other ERP studies. Fonteneau et al. [13] presented a group of French speakers with sentences like:

(9) Demain l'étudiant *lirait/lisait* le livre.

The adverbial modifier *demain* specifies a temporal frame for the occurrence of the event described by the main clause. Since the period denoted by *demain* is located after the utterance time, the tense of the verb should be future as in the correct version of (9). However, in the incorrect version the verb *lisait* locates the event in the past, thus outside the temporal frame specified by the adverb. Tense violations elicited a biphasic wave in the 450-550 ms time window to critical word, with a negative maximum at posterior sites and a positive anterior peak. Incidentally, we observe that given the particular semantics associated with the Imparfait and its computational consequences [62], the Passé Simple *lut* would have been a better candidate for realizing tense violations without aspectual confounds.

Steinhauer & Ullman [54] presented a group of English-speaking volunteers with sentences like the following:

(10) Yesterday, I *sailed/sail* Diane's boat to Boston.

In (10) the adverb *yesterday* specifies a temporal frame for the occurrence of the event of the speaker sailing Diane's boat to Boston. In the incorrect version the clause *I sail Diane's boat to Boston* locates the event at (or in an interval including) the moment of speech, thus outside the period denoted by *yesterday*. In the 400-900 ms time window to critical word, tense violations elicited a consecutive LAN (400-500 ms) and P600 (600-900 ms), interpreted by the authors as indexes of morphosyntactic processing.

In summary, only Steinhauer & Ullman [54] investigated the ERP effects of genuine tense violations without aspectual confounds. Accordingly, this study provides a sound basis for further research into the semantics of tense and temporal modification. Our purpose is to extend this paradigm to Dutch, with two main differences. The first concerns the experimental design. We will manipulate the relative position of the verb and the adverbial modifier presenting subjects with an equal number of sentences in which the adverb precedes the verb (henceforth: adverb/verb) and sentences in which the verb precedes the adverb (henceforth: verb/adverb). The second concerns the interpretation of the P600 proposed in [54]. Following the predictions of the model presented in the next section, we will argue that the positive shift should be seen as an ERP signature of semantic rather than morphosyntactic processing. We try to motivate these two points below.

2.2 Semantics

Above we observed that a sentence contains a tense violation if the event described by the main clause is located outside the frame specified by a temporal modifier. In this section we will reformulate this idea in terms of Reichenbach’s distinction between event time and reference time. We will first present a model of discourse processing for correct and incorrect adverb/verb and verb/adverb sentences. Next, we will try to derive from the model some predictions to test against ERP data.

Our model should fit in the following elements. Firstly, the distinction between speech time (the time at which the sentence is uttered), event time (the time at which the event is said to occur) and reference time (the time that determines the perspective from which the event is viewed) [50]. The reference time is more fundamental than the event time: it must be part of the common ground in order for participants to be able to make sense of temporal discourse [8, 62]. Secondly, although there exist alternative semantic accounts [7, 34], following Reichenbach [50] we assume that a temporal adverb introduces and modifies the reference time. In particular, an adverbial modifier locates the reference point relative to the moment of speech and specifies that event and reference time coincide. In example (10) above, the adverb introduces a reference point from which the event of the speaker sailing Diane’s boat to Boston is viewed. This point is located within the period denoted by *yesterday*, thus before the utterance time. Furthermore, the adverb indicates that the event described by the main clause occurs within that period. Thirdly, the English simple past, unlike the perfect, demands that the reference time is fixed at the discourse level, thus either by the preceding context or by a temporal modifier [53]. In general, a tensed verb requires that the reference point is located before (past tense), after (future tense) or in an interval including (present tense) the moment of speech and that event and reference time coincide. The semantic criterion stated above can thus be reformulated as follows: a sentence is incorrect with respect to tense if the reference point introduced by the temporal adverb does not coincide with the reference time required by the tense of the verb in the main clause. In example (10), *yesterday* introduces a reference point located before the utterance time. By contrast, the present-tensed verb *sail* requires that the reference time coincides with the moment of speech. In this sense, the incorrect version of (10) contains a tense violation.

In our model E , R and S denote the event time, the reference time and the moment of speech respectively. We write $P(E)$ meaning that the event P is true at the time E . The contributions of temporal adverbs and tensed verbs to the meaning of sentences like (10) will have to be treated differently, as follows. We assume that interpretation proceeds on the basis of information contained in working memory, which is updated as lexical items are processed. A past adverb [52] like *yesterday* introduces positive information in the workspace, that is a statement of the form:

$$(11) A(R) \wedge E = R$$

Following Kamp & Reyle [25], we write $A(t)$ for the period denoted by the adverb A (e.g. $Yesterday(t)$ is the period denoted by the adverb *yesterday*) and $A(R)$ to indicate that the reference time R is in $A(t)$. For any adverb A denoting a period

$A(t)$, the lexical entry of A contains a clause specifying the relation between t and S . If A is a past adverb, a clause of the following form is stored in declarative memory and activated during processing:

$$(12) A(R) \rightarrow R < S$$

While the processing of a temporal adverb results in a straightforward update of the workspace, the situation is slightly more involved when verbs are at issue. In that case, the processor requires that R has been established in order for the event P to be located at E . More precisely, when the tense of the verb is past, E and R must coincide and R must be located before S . Accordingly, a past-tensed verb does not introduce positive information in the workspace, but rather a constraint [62] of the following form:

$$(13) \text{if } P(E) \text{ then } R < S \wedge P(R)$$

This statement should be understood as follows. In order for P (the event described by the clause in which the verb occurs) to be located at E , a reference point R has to be introduced such that R precedes the moment of speech S and P occurs at R or, equivalently, E and R coincide.

Our model of discourse processing is thus based on the following assumptions. First, when a past temporal adverb is processed, the workspace is updated with positive information in the form of (11). Second, lexical information is retrieved from declarative memory and used in the interpretation process. Third, when a past-tensed (or a present-tensed) verb is encountered, the processor assumes $P(E)$ and tests whether $R < S$ (or $R = S$) and $P(R)$ hold. Testing the constraint is essentially a reasoning process: if $R < S$ and $P(R)$ can be derived from the available information, the workspace is updated with $P(E)$; otherwise, no update of the workspace is performed. To see that these two cases correspond to the outcomes of processing correct and incorrect sentences respectively, we give the relevant derivations below:

(i) Adverb/verb correct:

Past adverb:	$A(R) \wedge E = R$
Lexicon:	$A(R) \rightarrow R < S$
Past-tensed verb:	$\text{if } P(E) \text{ then } R < S \wedge P(R)$
Assumption:	$P(E)$
Test:	? $R < S : A(R), A(R) \rightarrow R < S \therefore R < S$
	? $P(R) : P(E), E = R \therefore P(R)$
Update:	$P(E)$

(ii) Adverb/verb incorrect:

Past adverb:	$A(R) \wedge E = R$
Lexicon:	$A(R) \rightarrow R < S$
Present-tensed verb:	$\text{if } P(E) \text{ then } R = S \wedge P(R)$
Assumption:	$P(E)$
Test:	? $R = S : A(R), A(R) \rightarrow R < S \therefore R \neq S$
Update:	\emptyset

(iii) Verb/adverb correct:	
Past-tensed verb:	<i>if</i> $P(E)$ <i>then</i> $R < S \wedge P(R)$
Past adverb:	$A(R) \wedge E = R$
Lexicon:	$A(R) \rightarrow R < S$
Assumption:	$P(E)$
Test:	? $R < S : A(R), A(R) \rightarrow R < S . : R < S$? $P(R) : P(E), E = R . : P(R)$
Update:	$P(E)$
(iv) Verb/adverb incorrect:	
Present-tensed verb:	<i>if</i> $P(E)$ <i>then</i> $R = S \wedge P(R)$
Past adverb:	$A(R) \wedge E = R$
Lexicon:	$A(R) \rightarrow R < S$
Assumption:	$P(E)$
Test:	? $R = S : A(R), A(R) \rightarrow R < S . : R \neq S$
Update:	\emptyset

Two remarks to clarify the processing schemes above and introduce some predictions for our ERP study. First, the processes terminating with an update of the workspace with $P(E)$ and those terminating with no update are likely to elicit different ERP effects, for the following reason. Let us suppose that the update of the workspace with $P(E)$ is subserved by a functionally specialized network of neuronal units. On the assumption that the physiological correlate of this process is excitatory neuronal activity, an update failure would result in inhibitory neuronal activity. More precisely, we suggest that tense violations induce the inhibition of the neuronal units that compute an update of the workspace with $P(E)$ when a correct sentence is processed. It is known that inhibitory processes in functionally specialized areas of the human cortex generate positive ERPs [2]. Accordingly, we predict that the inhibition of the units specialized for computing an update of the workspace with $P(E)$ would result in a late positive shift such as the P600 reported by Steinhauer & Ullman [54]. Given the strict similarity between the processes described in (ii) and (iv), we do not expect a different time course for the positive shifts elicited by incorrect adverb/verb and verb/adverb sentences.

Our second observation is the following. In verb/adverb sentences a constraint is introduced when a tensed verb is processed. However, as is shown in (iii) and (iv), the test begins only when a reference point has been introduced. This suggests that the constraint might have to be stored in memory and reactivated when the adverb is processed. This process of temporary storage and reactivation does not seem to be involved in the interpretation of adverb/verb sentences, as (i) and (ii) indicate. As a consequence, we expect a difference between the ERPs elicited by adverb/verb and verb/adverb sentences. In particular, if left anterior negativities are indexes of memory processes, verb/adverb constructions might elicit a larger LAN compared with adverb/verb sentences. Since this process of temporary storage and reactivation is likely to occur for verb/adverb sentences irrespective of the tense of the verb, we do not expect a difference between the LANs elicited by correct and incorrect items.

2.3 Method

Subjects We recruited 24 Dutch native speakers (14 female, mean age 24.6, age range 20-49) from our local subject database. None had neurological or psychiatric disorders, had experienced neurological traumas or reported the usage of prescription medications, alcohol or other recreational drugs within the preceding 24 hours. All subjects had normal or corrected-to-normal vision. Informed consent was obtained before the beginning of each session. Subjects received € 6 for taking part in the study.

Materials An initial set of 960 sentences was constructed including 80 correct adverb/verb items (A1), 80 incorrect adverb/verb items (A2), 80 correct verb/adverb items (B1), 80 incorrect verb/adverb items (B2) and 640 fillers (see section 3.3). The following are examples of the sentences used (see appendix A for the complete set):

- (14) Afgelopen lente *won* Julian een literatuur prijs in Frankrijk. (A1)
- (15) Afgelopen lente *wint* Julian een literatuur prijs in Frankrijk. (A2)
- (16) Pierre *beëindigde* afgelopen zomer de vertaling van Max Havelaar. (B1)
- (17) Pierre *beëindigt* afgelopen zomer de vertaling van Max Havelaar. (B2)

The only difference between sentence types (A) and (B) is the relative position of the verb and the adverbial modifier. Incorrect sentences were constructed by replacing the correct past-tensed form of the verb with its present-tensed form.

In order to prevent referential and semantical ambiguities, unanchored temporal adverbs [52], anaphoric pronouns, quantifying expressions and modal verbs were carefully avoided. To reduce ocular artifacts, we made sure that each sentence consisted of at most 11 words and each word had at most 13 letters. Dutch spelling conventions were checked in an up-to-date, on-line version of the van Dale dictionary.

From the initial set of 320 critical sentences, 2 test versions were constructed. Each version contained 40 correct adverb/verb (A1), 40 incorrect adverb/verb (A2), 40 correct verb/adverb (B1) and 40 incorrect verb/adverb (B2) items. Each subject read 160 critical sentences and 160 fillers presented in pseudo-random fashion. To avoid repetition effects, only sequences of at most 3 items of the same condition were allowed. Test versions were finally inspected to rule out sequences of sentences suggesting any form of thematic continuity.

Procedure After electrode application, participants were asked to sit in a dimly lit, sound-attenuating room in front of a video monitor. Subjects were instructed not to blink or move while sentences were presented on the screen. Their only task was to read each sentence carefully. Sentences were presented word by word (duration 300 ms, stimulus onset asynchrony 600 ms) in white in the middle of the screen. After 1000 ms of blank screen following the offset of the last word of each sentence, an asterisk mark appeared for 1500 ms, during which subjects were allowed to blink and move.

Each session lasted for about 2 hours, including subject preparation. The experiment took approximately 50 minutes to be completed and was divided into four blocks of 80 trials each. Between the blocks there were 3 short breaks to allow subjects to recuperate from the blinking regime. Participants' behavior was monitored with the aid of a video camera and a microphone placed inside the experimental room. Immediately after the last block, an informal debriefing interview was held. Participants were asked whether they found something anomalous with the sentences they read. Subjects' reports were used as additional elements in a preliminary interpretation of ERP data [49].

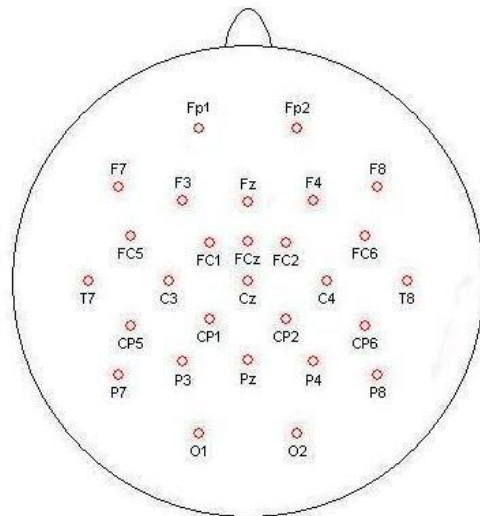


Figure 2.1 – Overview of the 28 electrode montage used.

Recording Biosignals were recorded simultaneously from 32 electrode sites. Horizontal and vertical eye movements were monitored by two electrodes placed at the left- and right-eye outer canthi and one below the left eye. The EEG was recorded from 28 scalp locations: Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FCz, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, CP5, CP1, CP2, CP6, P7, P3, Pz, P4, P8, O1, O2 (figure 2.1). Sintered Ag/AgCl electrodes fixed in an elastic cap were used. EOG electrodes were applied with two-sided adhesive decals. Before electrode application, subjects' skin was cleaned with ethyl alcohol and abrasive gel to reduce the impedance at the scalp-electrode junction. Electrode impedance was kept below 5 k Ω and was checked before the beginning of each block and at the end of the session. The left mastoid electrode TP9 was used as reference. Subsequently, a linked mastoid reference was computed off-line by re-referencing all EEG channels also to the right mastoid electrode TP10, which was excluded from further analyses.

EEG and EOG were amplified by means of a multichannel BrainAmp™ DC system. Amplifier settings were: sampling rate 500 Hz, sampling interval 2000 μ s, time constant 10 s, high cutoff 70 Hz. Several markers were sent out on-line to the EEG recorder: for all conditions, a sentence-initial and a sentence-final markers, corresponding to the onset of the first and last word of each sentence respectively; for conditions (A1)-(A2), a critical word marker, corresponding to the onset of the verb; for conditions (B1)-(B2), a critical word marker, corresponding to the onset of the first word of the adverb (*afgelopen*, etc.).

Data analysis The following transforms were applied to the raw EEG signal. The sampling rate was changed to 200 Hz (interval 5000 μ s) and the high cutoff filter was set to 30 Hz. The signal was then segmented as follows: 40 segments per condition, starting with the onset of the critical word and ending 1000 ms later; 40 segments per condition, starting with the onset of the sentence-final word and ending 800 ms later. Baseline correction was computed over the 150 ms preceding the onset of the critical or sentence-final word.

Epochs contaminated by artifacts (eye blinks, horizontal and vertical eye movements, muscle activity, high-amplitude alpha and electrode drifts) were excluded from further analysis. In order to guarantee an acceptable signal-to-noise ratio, subjects had to have at least 30 (on 40) good trials to be kept in the final analysis. For critical word segments, the average number of rejected trials was: condition (A1) 1.96, (A2) 1.42, (B1) 1.29, (B2) 1.46. For sentence-final segments, the averages were: condition (A1) 1.46, (A2) 2.25, (B1) 1.79, (B2) 2.37. Average waveforms were computed for each participant in each condition.

Overlay functions of grand average ERPs were calculated for condition pairs (A1)-(A2) and (B1)-(B2), both to critical and sentence-final words. Waveforms were inspected for differential effects at specific latencies. Several time windows were selected. For conditions (A1)-(A2): 500-600 ms and 750-850 ms to critical word; 250-350 ms to sentence-final word. For conditions (B1)-(B2): 300-500 ms, 550-900 ms, 550-650 ms, 750-850 ms, 800-1000 ms to critical word; 500-700 ms to sentence-final word.

Subsequent repeated measures analyses of variance (ANOVA) used mean amplitude values computed for each participant in each time window. Univariate F tests were adjusted by means of the Huynh-Feldt correction. Statistical analyses conducted for each sentence type in each time window separately included the factors condition (2 levels: correct and incorrect), quadrant (4 levels: left anterior, right anterior, right posterior and left posterior) and site (28 levels). An additional ANOVA conducted in the 750-850 ms time window to critical words included the factors sentence type (2 levels: adverb/verb and verb/adverb), condition (2 levels: correct and incorrect) and site (28 levels).

2.4 Results

A first inspection of adverb/verb epochs reveals a positive shift elicited by incorrect sentences in the 500-600 ms time window to critical word. The effect has relative maxima at right fronto-central (Fp2, Fz, F4, FCz, FC2) and temporal (T8) sites

(figure 2.2), but it fails to reach significance on an analysis including all 28 electrodes (table 2.1). A direct inspection of overlay plots in the 750-850 ms interval reveals a P600 onset at 500 ms, peaking around 800 ms and continuing throughout the epoch. The effect has relative maxima at left centro-parietal (CP1) and parietal (P3, Pz) sites (figures 2.3-2.4). An ANOVA over all 28 sites shows that the main effect of condition and interaction effects fail to reach an acceptable significance level (table 2.1). In the 250-350 ms time window to sentence-final word incorrect adverb/verb sentences elicit a negative wave with relative maxima over bilateral parietal and occipital (P7, P4, Pz, O1, O2) sites (figure 2.5). The main effect of condition is not significant on an ANOVA including all 28 electrodes, nor are the interactions between the factors condition, quadrant and site (table 2.1).

Table 2.1

Time window	Condition $F(1, 23)$	Condition \times Quadrant $F(3, 69)$	Condition \times Site $F(27, 621)$	
Adverb/verb				
Sentence-internal:				
500-600 ms	1.497 ^e	0.848 ^e	1.107 ^e	
750-850 ms	1.749 ^d	0.559	0.966 ^e	
Sentence-final:				
250-350 ms	1.426 ^e	2.206 ^d	1.456 ^e	
Verb/adverb				
Sentence-internal:				
300-500 ms	1.202 ^e	2.774 ^a	2.774 ^b	
550-900 ms	0.667 ^e	5.008 ^a	2.216 ^b	
550-650 ms	0.233	4.606 ^b	1.843 ^c	
750-850 ms	1.542 ^e	1.323 ^e	2.006 ^b	
800-1000 ms	1.163 ^e	6.995 ^a	3.063 ^a	
Sentence-final:				
500-700 ms	6.592 ^b	1.410 ^e	1.527 ^d	
^a $p < 0.01$	^b $p < 0.05$	^c $p < 0.1$	^d $p < 0.2$	^e $p < 0.5$

We now turn to verb/adverb sentences. In the 300-500 ms time window to critical word, tense violations elicit a negative wave larger over left frontal (F7) and fronto-central (FC5) sites (figure 2.6). The LAN elicited by incorrect sentences is larger compared with the effect elicited by correct items (figure 2.7). Although the main effect of condition is clearly not significant, the interactions with the factors quadrant and site are reliable (table 2.1).

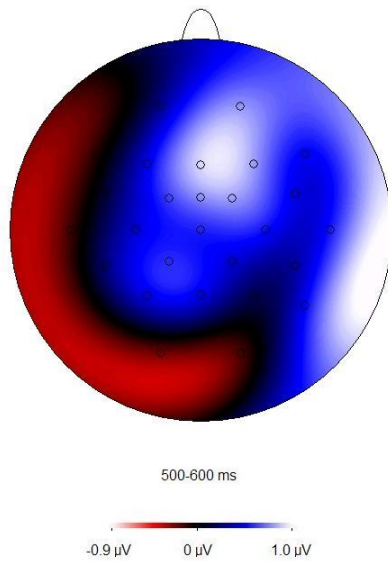


Figure 2.2 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between incorrect and correct adverb/verb sentences in the 500-600 ms time window to critical word. Tense violations elicit a positive shift at right fronto-central and temporal sites.

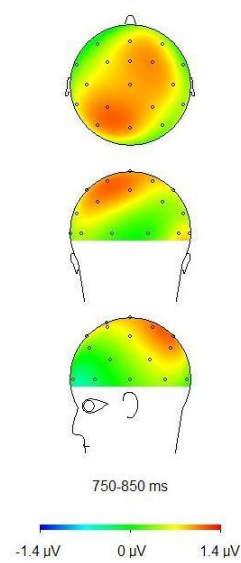


Figure 2.3 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between incorrect and correct adverb/verb sentences in the 750-850 ms time window to critical word. Tense violations elicit a positive shift at right fronto-central and temporal sites and a P600 at left centro-parietal and parietal sites.

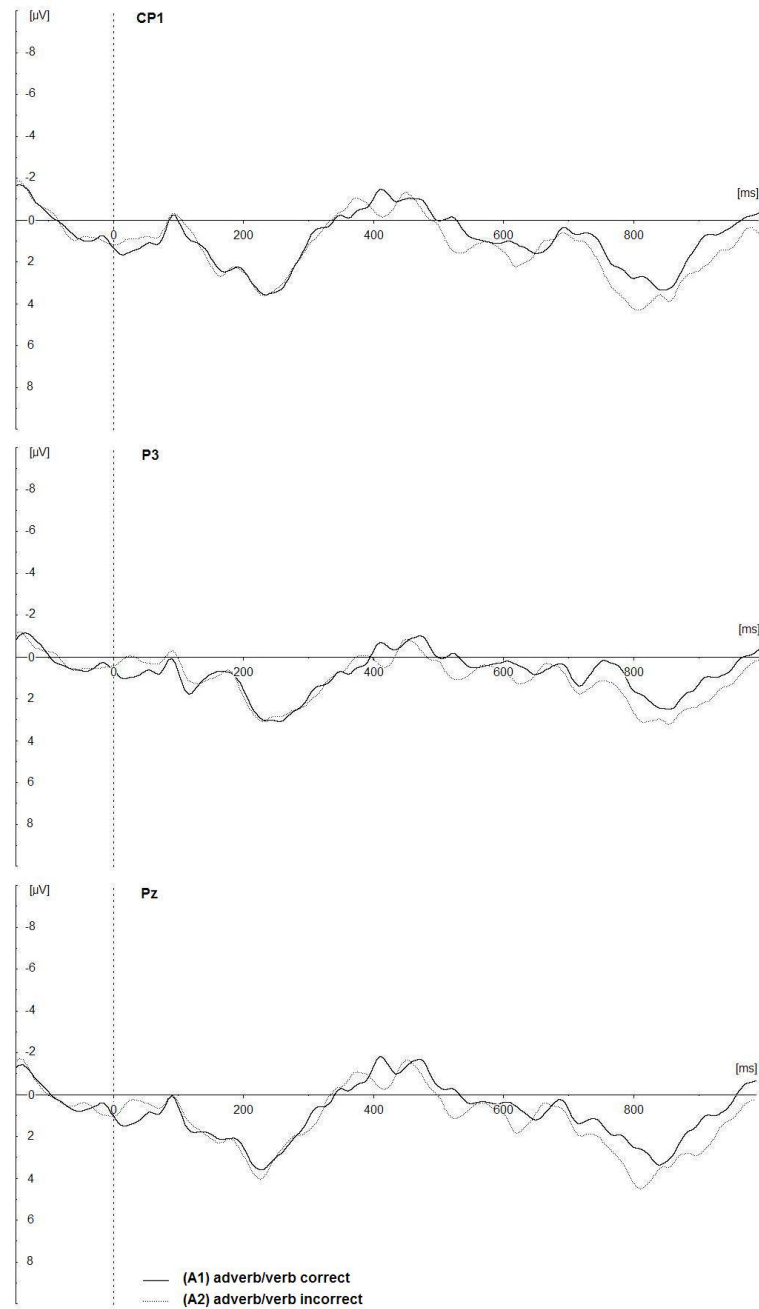


Figure 2.4 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by adverb/verb sentences at left centro-parietal and parietal sites. Tense violations elicit a P600 peaking around 800 ms to critical word. The onset of critical word is at 0 ms.

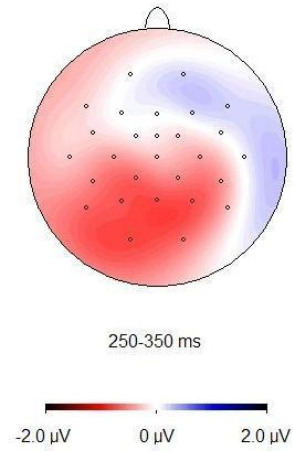


Figure 2.5 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between incorrect and correct adverb/verb sentences in the 250-350 ms time window to sentence-final word. Tense violations elicit a negative deflection at posterior sites bilaterally.

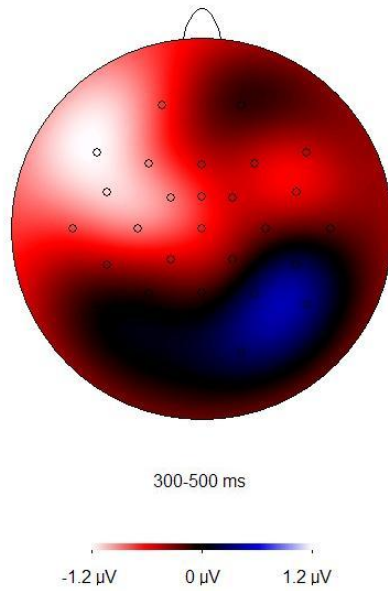


Figure 2.6 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between incorrect and correct verb/adverb sentences in the 300-500 ms time window to critical word. Tense violations elicit a larger LAN compared with correct items.

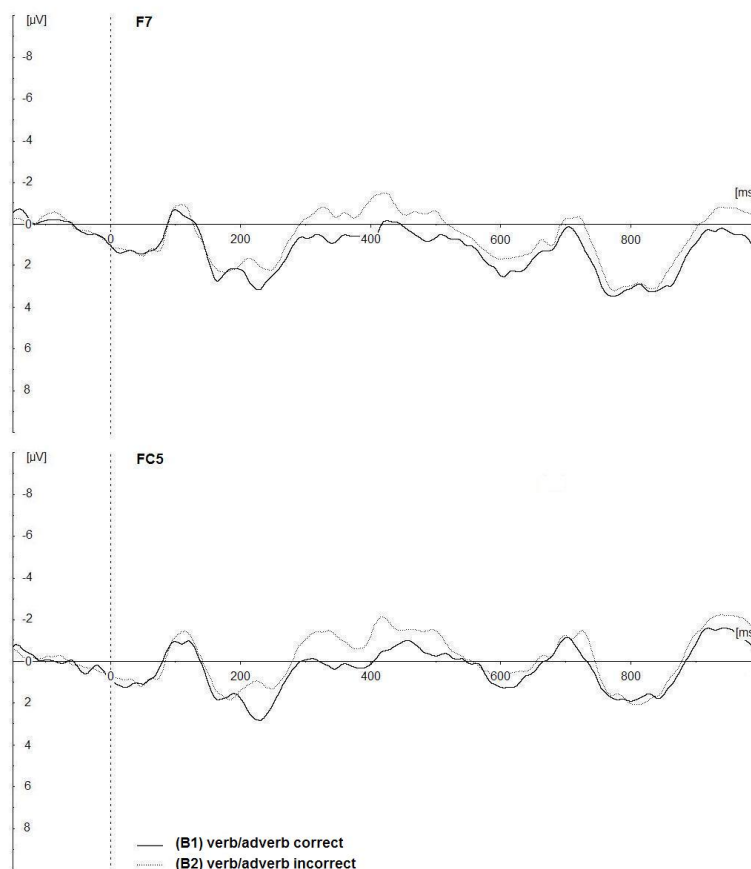


Figure 2.7 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by verb/adverb sentences at left frontal and fronto-central sites. Tense violations elicit a larger LAN in the 300-500 ms time window to critical word compared with correct items. The onset of critical word is at 0 ms.

In order to look at later processing effects, we first selected a large time interval (550-900 ms), further on segmented into three smaller windows (550-650 ms, 750-850 ms and 800-1000 ms). Incorrect sentences elicited a P600 with a right temporoparietal (CP2, CP6, P4) focus (figures 2.8-2.9). The effect is very similar to the P600 elicited by tense violations in adverb/verb constructions: it onsets at 500 ms, it peaks around 800 ms and continues throughout the epoch (figure 2.8). The main effect of condition fails to reach an acceptable significance level in any of the time windows considered (table 2.1). However, we found reliable interactions in particular in the 550-900 ms and 800-1000 ms intervals (table 2.1).

In the 500-700 ms time window to sentence-final word, incorrect sentences elicit a negative deflection distributed along the midline (figures 2.10-2.11). Although there were no interactions with the factors quadrant and site, the main effect of condition is significant over all 28 sites (table 2.1).

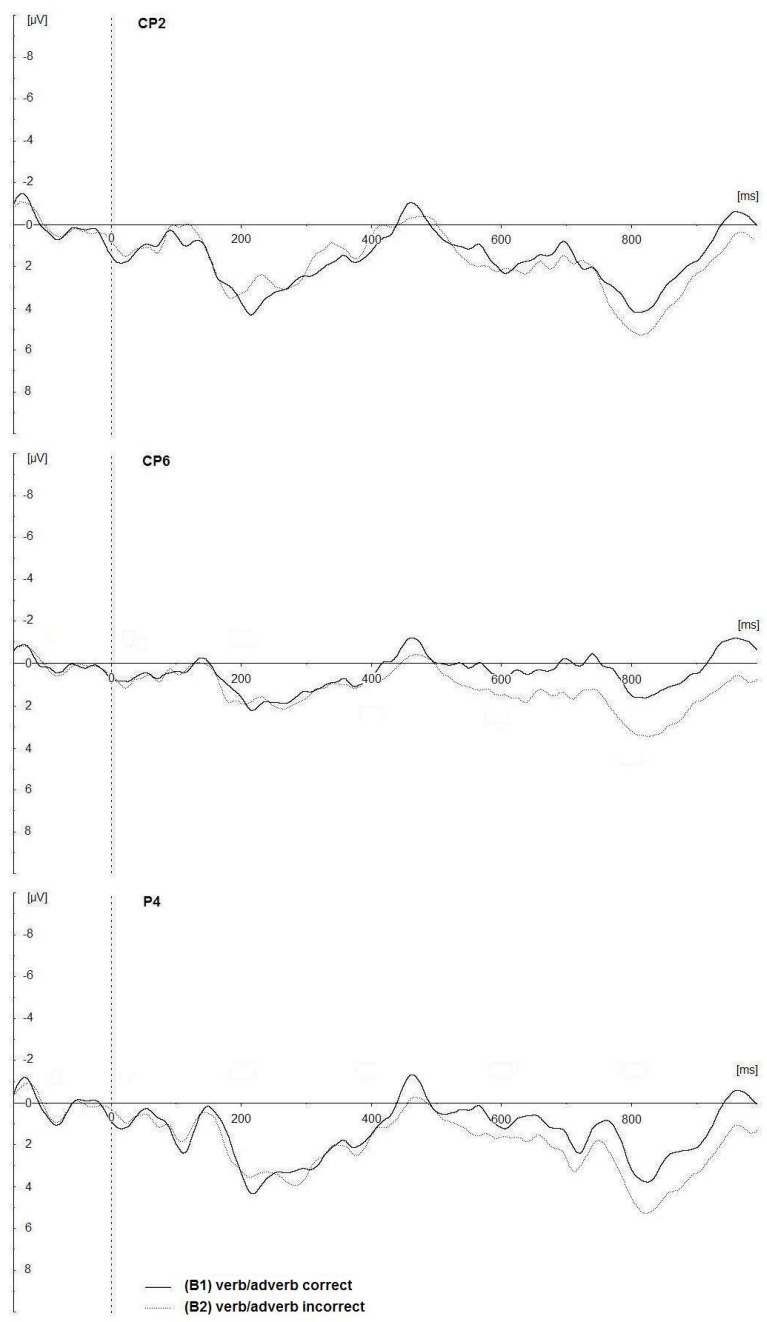


Figure 2.8 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by verb/adverb sentences at right temporo-parietal sites. Tense violations elicit a P600 peaking around 800 ms to critical word. The onset of critical word is at 0 ms.

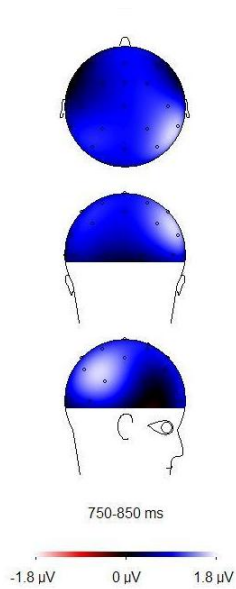


Figure 2.9 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between incorrect and correct verb/adverb sentences in the 750-850 ms time window to critical word. Tense violations elicit a P600 at right temporo-parietal sites.

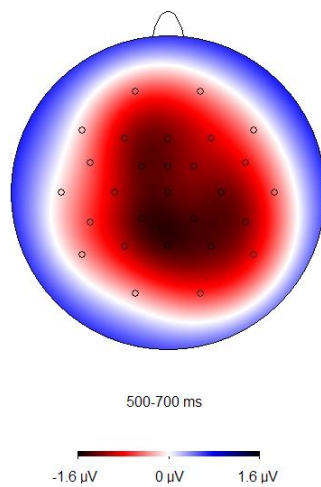


Figure 2.10 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between incorrect and correct verb/adverb sentences in the 500-700 ms time window to sentence-final word. Tense violations elicit a negative deflection distributed along the midline.

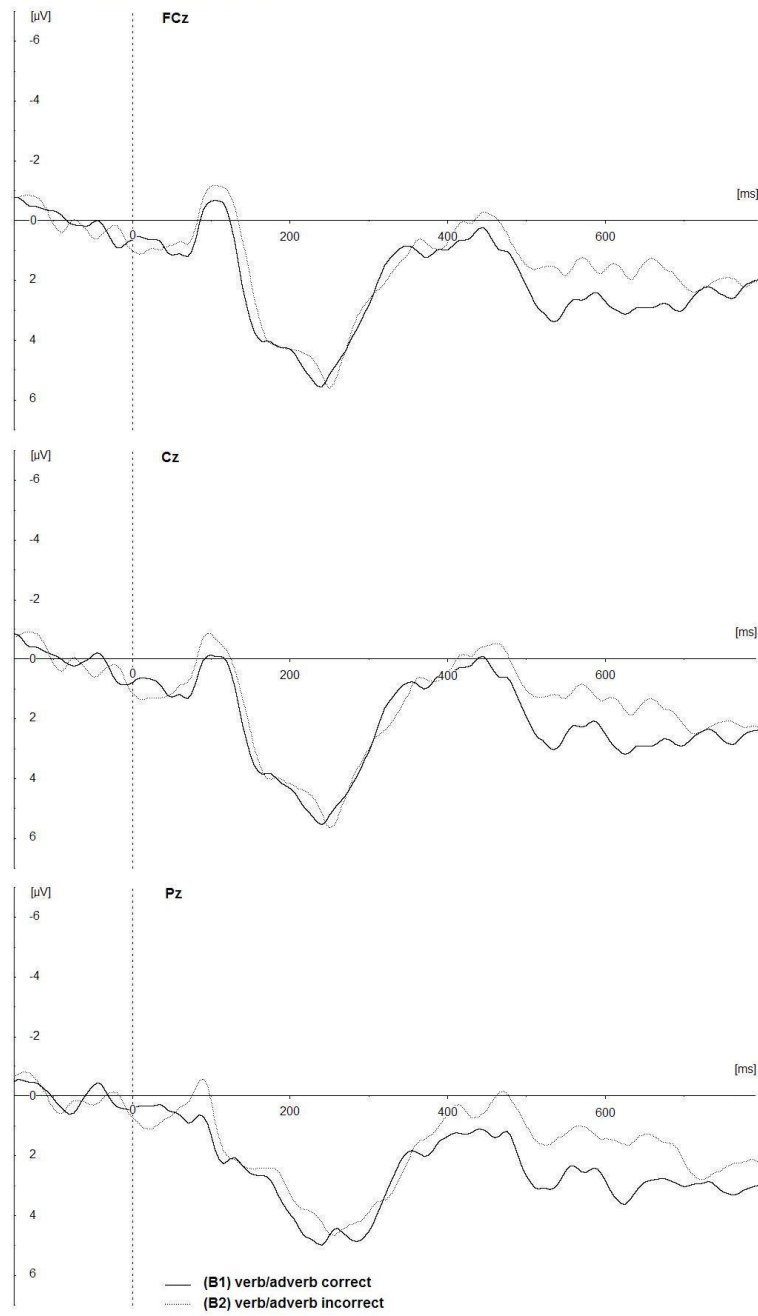


Figure 2.11 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by verb/adverb sentences at midline sites. Tense violations elicit a larger negativity in the 500-700 ms time window to sentence-final word. The onset of sentence-final word is at 0 ms.

The results of a separate ANOVA including the factor sentence type in the 750-850 ms time window are reported in table 2.2. The main effect of condition indicates that tense violations elicit a significant P600 in both sentence types. The reliable interaction between the factors type and site is consistent with the different topographical distributions observed.

Table 2.2

Time window	Type $F(1, 23)$	Condition $F(1, 23)$	Type \times Site $F(27, 621)$	Condition \times Site $F(27, 621)$
750-850 ms	0.549 ^e	3.293 ^c	8.342 ^a	1.792 ^d
	^a $p < 0.01$	^b $p < 0.05$	^c $p < 0.1$	^d $p < 0.2$

2.5 Discussion

In our debriefing interviews we asked subjects whether they found anomalous with the sentences they read. All of them, without exception, remarked that in some case the tense of the verb did not match with the temporal adverb used. It is perhaps interesting to notice that subjects apparently shared the intuition that verb tense had to match with the adverb rather than the inverse. This supports our initial choice of considering reference time as more fundamental than event time. None of the subjects noticed any difference between sentence types. In particular, none of them reported that verb/adverb sentences were in any sense more difficult to understand. Nonetheless, we are inclined to see the LAN elicited by verb/adverb constructions as a consequence of sentence structure, that is of the relative position of the verb and the temporal adverb.

P600 Several accounts of verb morphology have been proposed in the psycholinguistic literature. These can be roughly classified into three families. First, generative accounts that regard lexical storage as maximally economical and inflected verb forms (regular and irregular) as the result of computations on verb stems and suffixes. Second, models that view inflected verb forms (regular and irregular) as items stored in declarative memory, modeled by a connectionist network. Third, dual-route approaches in which regularly-inflected verb forms are obtained by combining verb stems and suffixes while irregularly-inflected verb forms are retrieved from declarative memory. In a recent version of the latter [59], procedural memory (left frontal cortex and basal ganglia) subserves regular verb inflection and declarative memory (left temporal lobe) stores affixes and irregular verb forms, which are retrieved during processing. The declarative/procedural model predicts LANs for regular and N400s for irregular verb tense violations [59]. In this perspective, generative accounts would predict LANs for both regular and irregular verb tense violations and connectionist models N400s in both cases.

The results of the ERP studies on tense violations reviewed in section 2.1 are partially consistent with the predictions than can be derived from these models: the

LAN observed by Steinhauer & Ullman [54] to regular and irregular verb tense violations offers more support to a generative account than to the declarative/procedural model; the N400-like negativity observed by Kutas & Hillyard [30] to finiteness violations is consistent with connectionist accounts of verb morphology; the N400 reported by Steinhauer & Ullman [54] to irregular verb tense violations supports the declarative/procedural model as well as connectionist approaches. Still, the effect that has been found more often to violations of verb inflection (finiteness and tense), that is the P600 reported by Osterhout & Nicol [47], Allen et al. [1] and Steinhauer & Ullman [54], cannot be explained within any of these frameworks.

There exist several functional accounts of the P600 [24]. Coulson et al. [9] observed that the amplitude of the positive shift varies with the frequency of ungrammatical items in an experimental block and concluded that the P600 is a domain-general component related to the detection of an unexpected event. By contrast, Friederici [14], Münte et al. [41, 42] and Osterhout et al. [46] argued that the P600 is specific to language and reflects reanalysis and repair processes. Several studies reported consecutive LAN/P600 effects to morphosyntactic violations [9, 15, 40, 54]. A version of the latter account relates the LAN to the detection of a violation and the P600 to reprocessing costs [24]. On the basis of our results (a LAN only to verb/adverb sentences), we are forced to reject the hypothesis that the detection and reprocessing of a tense violation elicit consecutive and distinct ERP effects, that is a LAN followed by a P600. Since it seems unreasonable to maintain that tense violations were detected in verb/adverb constructions, but that reanalysis took place for both sentence types, the question is now whether the P600 we observed reflects only the detection or the detection and reprocessing of a tense violation.

Following the picture proposed by Ullman [59], we assume that morphological processing is subserved either by left frontal (rule-based accounts) or by left temporal (connectionist models) brain areas or both (dual-route approaches). Accordingly, we assume that the reprocessing of morphological tense violations would activate either left frontal or left temporal brain areas, presumably resulting in LANs or N400s. Since we did not report LAN- nor N400-like negativities to tense violations in both sentence types, we are inclined to exclude that the P600 we observed is related to morphosyntactic reanalysis or repair processes. Rather, we believe that the P600 should be attributed to the detection of a tense violation, in the specific sense of the model presented in section 2.1. The observed P600 can be regarded as an index of semantic rather than morphosyntactic processing: the positive shift reflects the inhibition of the neuronal units that compute an update of the workspace when the requirements set by the tensed verb are satisfied. It remains an open question whether the right lateralized positive shift observed in the 500-600 ms interval to adverb/verb violations allows for a functional explanation within our account of the P600. In sum, the observed positive shift in the 750-850 ms to critical word in both sentence types confirms our predictions and replicates the findings of Steinhauer & Ullman [54].

An important observation is that our account does not imply that all the occurrences of the P600 can be interpreted as indexes of semantic processing. The parsing model presented by Vosse & Kempen [63] and discussed in the light of ERP

findings by Hagoort [18] neatly accounts for the cases in which the positive shift results from a failure or a delay in the process of unification of syntactic nodes, for instance when there is competition between alternative syntactic analyses (e.g. in garden-path sentences). On the one hand, our critical sentences were not syntactically ambiguous. Thus, the P600 we observed cannot be related to competition in the rather strict sense of the Unification model [63]. On the other hand, the Unification model either sees as a “structural precondition” [63] or explicitly includes [18] a procedure in which the grammatical features of syntactic nodes such as case, gender, number and tense are explicitly checked. Accordingly, also in the absence of alternative syntactic analyses, a morphological violation or in general a mismatch in feature specification could result in weaker binding, which is seen as one of the basis of the P600 in [18]. Our account integrates this aspect of the Unification model, suggesting that agreement check can be driven by reasoning processes like those described in (i)-(ii).

LAN Left anterior negativities have been reported to word-category violations [40], morphosyntactic anomalies [9, 15, 40] including tense mismatches [54], relative clause movement phenomena [39, 37, 26] and filler-gap dependencies [12, 26, 27]. The functional interpretation of the LAN is not yet agreed upon [20], although working memory accounts seem promising, for two reasons. Firstly, the connection between working memory and left anterior brain areas is supported by functional neuroimaging studies [48]. Secondly, several linguistic phenomena can be analyzed in terms of memory maintenance, although some of the observed LANs remain difficult to explain within a working memory account [20]. Working memory might subserve the mechanism involved in the processing of tense violations in verb/adverb sentences as well.

The observed LAN to correct and incorrect verb/adverb sentences confirms our predictions, although it appears inconsistent with the results of Steinhauer & Ullman [54], in which a LAN was reported to incorrect adverb/verb sentences. In our model, the constraint introduced by a tensed-verb can be tested only after a reference point has been established. In the case of verb/adverb sentences, the clause is temporarily stored in memory and is reactivated and tested after the temporal adverb has been processed. We did not expect a different LAN to correct and incorrect verb/adverb sentences, since we regarded the process of storage and retrieval as independent of verb tense. However, in our ERP experiment we found a larger LAN to incorrect verb/adverb sentences compared with correct items. We believe that this result can be accommodated in our model, as follows. Upon a closer look, the incorrect present-tensed verb in sentences like (17) introduces two constraints in the workspace, and not one. The reason is that, in Dutch as well as in most European languages, the present tense has a present and a future uses [62] and thus requires that the reference point either coincides with the moment of speech or is located after it. The constraints introduced by a present-tensed verb are the following:

- (18) *if $P(E)$ then $R = S \wedge P(R)$* (present use)
- (19) *if $P(E)$ then $R > S \wedge P(R)$* (future use)

The fact that two constraints have to be temporarily stored in memory and reactivated instead of one, as we assumed in (iii), might explain why the LAN elicited by incorrect verb/adverb sentences is larger compared with the effect elicited by correct items. The derivation for incorrect verb/adverb sentences is given below:

(v) Verb/adverb incorrect:	
Present-tensed verb:	<i>if</i> $P(E)$ <i>then</i> $R = S \wedge P(R)$ (present use)
	<i>if</i> $P(E)$ <i>then</i> $R > S \wedge P(R)$ (future use)
Past adverb:	$A(R) \wedge E = R$
Lexicon:	$A(R) \rightarrow R < S$
Assumption:	$P(E)$
Test:	? $R = S : A(R), A(R) \rightarrow R < S \therefore R \neq S$
	? $R > S : A(R), A(R) \rightarrow R < S \therefore R \not> S$
Update:	\emptyset

Sentence-final effects Post-offset N400-like negativities have been reported to syntactically and semantically anomalous sentences [19, 45], presumably reflecting the engagement of specialized neuronal networks subserving global consistency or wrap-up processes [20]. A similar view can be adopted to explain the negative waves we observed at posterior and central scalp sites to adverb/verb and verb/adverb constructions respectively. We suggest that the sentence-final ERPs elicited by tense violations in both sentence types reflect reanalysis processes, that is the attempts of the processor at constructing a consistent interpretation of incorrect sentences [45]. In particular, such an ‘effort after meaning’ could consist in an off-line update of the workspace first with the appropriate constraint for the tensed verb, that is one in the form of (7) including $R < S$, and then with $P(E)$. An alternative explanation would attribute the observed N400-like negativities to the retrieval of correct verb forms from declarative memory, consistently with connectionist accounts of verb morphology.

To conclude, we want to emphasize that the hypotheses presented here stand in need of further empirical support, possibly from different experimental paradigms. For instance, we might be interested in realizing tense violations in sentences in which the reference time is introduced by an adjunct clause instead of a temporal adverb. If our account of the observed ERP effects is correct, we should observe a P600 to tense violations in the incorrect versions of (20)-(21) and a LAN to (21), larger in the incorrect version:

- (20) When Doris entered the room, the man *closed/closes* the door.
- (21) The man *closed/closes* the door when Doris entered the room.

A further suggestion is to construct cross-sentence tense violations in complex narratives, avoiding the use of temporal modifiers. This would perhaps help to clarify the differences between the ERPs elicited by sentences in which the reference time is introduced by a temporal modifier and those in which the reference point is established by the preceding discourse.

3 Aspects of processing temporal connectives

3.1 Introduction

Although a large part of psycholinguistic research focused on a rather restricted class of language-related ERP effects, that is fast voltage changes occurring at specific latencies to critical words, there exist several studies that addressed the issue of sentence-length potentials. Since these are slow voltage changes that unfold as lexical items are bound together into a coherent interpretation of discourse, they are likely to reflect high-level integration processes, including reasoning and semantic binding operations.

Sentence-length ERPs have been reported by Müller and colleagues [39] to spoken relative clauses in English. The following are examples of the stimuli used:

- (1) The fireman who — speedily rescued the cop sued the city . . . (SS)
- (2) The fireman who the cop speedily rescued — sued the city . . . (SO)

Subject-object (SO) constructions elicited a larger negativity compared with (SS) sentences, starting with the onset of the relative clause and increasing as the gap (indicated with —) following the relative clause was encountered. The effect was more pronounced on right hemisphere sites, with a frontal maximum. Functional imaging studies established a connection between working memory structures and blood flow increase in dorsolateral prefrontal brain regions during the processing of SO sentences [39]. The topographical distribution of the effects reported by Müller et al. supports the hypothesis that additional working memory resources are required to process object-relative sentences.

Similar ERP effects have been found in two other studies. Mecklinger and colleagues [37] contrasted the ERPs elicited by SS and SO constructions in German, investigating how semantic information conveyed by lexical items influenced the choice of either reading (SS vs. SO). In a subgroup of subjects (fast comprehenders), semantically neutral SS and SO sentences (that is, sentences in which the verb did not influence thematic role assignment) elicited slow negativities beginning around 400 ms after the verb onset and continuing throughout the epoch. The effect was larger at midline and right anterior electrodes.

King & Kutas [26] compared the ERPs evoked by SS and SO structures in English. SO sentences elicited larger slow-potential negativities with relative maxima over left frontal sites. The difference between the ERPs elicited by SS and SO sentences was larger in a subgroup of subjects (good comprehenders).

Working memory has been invoked to explain the ERP effects observed in [39, 37, 26]. In (1) and (2) above, the relative pronoun *who* (serving as a wh-filler) is held in working memory until the gap from which it was extracted is encountered. The distance between filler and gap is larger in SO constructions. Therefore, the relative pronoun *who* has to be maintained in working memory for a longer period when an SS sentence like (2) is processed. The longer the moved constituent is available in working memory, the more resources have to be spent [12]. This would explain the larger negativity elicited by SO compared with SS constructions and also the differences between subject groups.

The studies just reviewed tended to focus on syntactic or structural binding, presumably assuming that semantic and discourse binding operations had little or no consequence on working memory load. It is of course reasonable to expect that structural properties of stimulus sentences (including filler-gap dependencies, word order [12], etc.), would affect the profile of ERP responses, in particular when default or preferred structures like SS are overruled. However, as the discussion in [37] seems to imply, semantics might well interact with syntactic and structural processing. Therefore, confounding factors might be introduced in the experimental design whenever the proper distinctions are not made. A clear example to this regard is the experiment conducted by Münte and colleagues [43] on English temporal connectives discussed below.

Twenty-four English speakers participated the experiment. Each subject read 120 critical sentences (60 *after*, 60 *before*) and 480 fillers presented one word at a time in the middle of a video monitor. Across subjects the same sentences occurred, differing only in their initial connective: *Before Q, P* vs. *After Q, P*. The tense of all verbs was simple past. Each clause described “a distinct event which is neither logically nor causally related to the other” [43], for instance:

- (3) After the scientist submitted the article, the journal changed its policy.
- (4) Before the scientist submitted the article, the journal changed its policy.

A comprehension probe followed each critical sentence. The clauses were presented separately in random order at the left and right sides of the screen. Subjects had to indicate which of the two events happened first by pressing either the left- or the right-hand button. An additional test assessing participants’ working memory span was administered. Subjects read aloud increasingly larger (2 to 6) sequences of sentences. Immediately after each sequence, they attempted to recall the last word of each sentence in the order in which these were presented. Scores were then used to group subjects (high, medium and low working memory span).

The results were the following. *Before* sentences elicited a larger negativity over left compared with right hemisphere sites. At sites on the left frontal scalp the responses to *before* and *after* sentences diverged as early as 300 ms and the difference between sentence types was reliably larger during the second clause. Besides, the mean amplitude difference of left frontal negativity between *before* and *after* sentences was larger in subjects with high working memory span scores.

According to Münte and colleagues, these results can be explained as follows. As reported above, brain responses to different sentence types diverged within 300 ms after sentence onset, thus when the temporal connective was processed. *Before* and *after* access almost immediately different chunks of conceptual knowledge stored in declarative memory: *after* signals that the events will be presented in their actual order whereas *before* signals that the order will be reversed. Following the studies mentioned above [39, 37, 26], the observed negativity at left frontal sites is related to working memory processes. On the basis of the information conveyed by the temporal connective, working memory computes a representation of *before* sentences, roughly as follows. The initial item, signaling that the order of events will be reversed, marks the beginning a process of temporary storage of the first clause *Q* in memory. The evaluation of *Q* is delayed until the second clause *P* has

been processed and evaluated. As soon as the (earlier) event described by P is located in time, working memory proceeds with an evaluation of Q , locating the event later than the one described by P . During the second clause thus, the memory resources involved in the maintenance of Q and those subserving the evaluation of P summate, resulting in a sustained left frontal negativity.

As Comrie observed, in reading narratives “one does indeed assign an interpretation of sequencing such that each event is located in time after the time location of the previously mentioned event. However, it is quite possible to make up sequences of clauses [in which] sequentiality is explicitly denied” [8]. The general hypothesis underlying the explanation proposed by Münte and colleagues is that in such cases the processing of narratives is subserved by a specific memory mechanism, a sort of delayed evaluation in which the clause describing the later event is held in working memory and evaluated only after the clause describing the earlier event has been processed. This seems to be the relevant mechanism for *Before Q, P* sentences, but a similar prediction follows for *P after Q* sentences, in which events are also mentioned in reverse order.

Evidence from behavioral studies conducted on humans and other primates supports the hypothesis that specific temporal and spatial sequencing mechanisms are active during memory tasks [36]. Still, some criticism can be addressed to the explanation adopted by Münte and colleagues, in particular with respect to the experimental design chosen. One question is whether the observed variations of working memory load were related to the processing of *before* sentences or rather were the consequence of the additional task imposed by the comprehension probe, in which subjects had to indicate which of the two events occurred first. A mechanism like the delayed evaluation described above might indeed improve subjects’ performance on the off-line task. Economical considerations have received increasing attention in recent accounts of behavioral data from working memory tasks [36]. In this case, events might be encoded in memory in the right chronological order precisely to ensure a fast and accurate response during the probe. As a consequence, a delayed evaluation mechanism might not be involved in the processing of *Before Q, P* and *P after Q* sentences when subjects are required to read and understand the stimuli, without an additional off-line task.

Another, more important question is whether event order is the only relevant difference between *After Q, P* and *Before Q, P* sentences and thus whether the observed effects should be attributed to event order alone or rather to the interaction with some other feature of the stimuli. As to the latter option, it is difficult to avoid the impression that this is not what Münte and colleagues assume throughout their paper. In the next section we will show that three different aspects of processing temporal connectives, including event order, should be accommodated in a model of discourse integration. Our main claim will be that critical sentences of the form *Before Q, P* contain a semantic confound and thus that the experiment conducted by Münte and colleagues should be redesigned. Next, we will present the results of an ERP study on Dutch temporal connectives in which the contributions of these different processing aspects are investigated. Finally, we will discuss our findings in the light of the model of discourse processing presented below and compare them with the results of Münte and colleagues.

3.2 Semantics

The first aspect of processing temporal connectives that will be included in our model concerns the relation between event time and reference time in *after* and *before* constructions, in particular in sentences in which the temporal connective is placed between the clauses. Following Reichenbach [50], we distinguish between event time (the time at which an event is located), reference time (the time that determines the perspective from which the event is viewed) and speech time (the time at which the sentence is uttered). The reference time provides an anchor point for the location of events on the temporal axis. In this sense, it has to be known by participants in order for temporal discourse to make sense [8, 53, 62]. This holds in particular for past-tensed sentences in English [53]. To focus on *after* and *before*, the event described by the main clause can be located in time only after a reference point has been introduced, located with respect to the moment of speech and set as coinciding with event time.

If these considerations are correct, then we will have to treat differently the contributions of tensed verbs in the main and subordinate clauses. We assume that discourse integration proceeds on the basis of information contained in working memory, which is updated as lexical items are processed. A subordinate clause adds positive information to the workspace:

$$(5) \textit{ after } Q: Q(t) \wedge t < R \wedge R < S \wedge E = R$$

$$(6) \textit{ before } Q: \neg(Q(t) \wedge t < R) \wedge R < S \wedge E = R$$

A past-tensed adjunct clause introduces a reference point R , locates it before the moment of speech S and specifies that E and R coincide. In particular, an *after* clause locates R after a time t at which the event Q is said to occur. The meaning of a *before* clause is obtained by negating the additional specification introduced by *after*: either Q does not occur at t or R is not located later than t . A past-tensed main clause does not add positive information to the workspace, but rather a constraint [62] of the following form:

$$(7) \textit{ if } P(E) \textit{ then } R < S \wedge P(R)$$

This statement should be read as follows. In order for P (the event described by the main clause) to be located at the time E , a reference time R has to be introduced such that R precedes the moment of speech S and P can be located at R or, equivalently, E and R coincide.

The second aspect relates to an asymmetry between the inferential properties of *after* and *before*. In most European languages, *after* and its counterparts are generally veridical, whereas *before* and its counterparts are not [3, 22, 23]. A connective is veridical if it forces us to accept the clause it introduces [38]. We call a *Before* Q , P sentence veridical if it implies the subordinate clause Q and non-veridical if does not. In addition, we introduce a further distinction between two types of non-veridical *before* sentences. On the anti-veridical type, the subordinate clause Q is implied to be false. On the non-committal type [23, 10], the subordinate clause “is implied to be/have been likely, with the eventual outcome unknown, either because the speaker never found out how things turned out to be or because

the issue is not settled by the time of the utterance” [5]. Although “uncertainty on the part of the speaker about the actual course of events [...] is to be distinguished from cases of hearer uncertainty about the reading intended by the speaker” [5], we will be rather flexible with respect to this point and use the term non-committal in both cases. Consider the following examples:

- (8) Secularism died before it came in vogue. (AV)
- (9) They left the country before there was any trouble. (NC)
- (10) The defendant escaped before the officer completed the criminal records review or the paperwork necessary to obtain felony warrants. (NC)

Sentence (8) implies that the subordinate clause (*secularism*) *came in vogue* is false. By contrast, in (9) and (10) we are not forced to accept the truth nor the falsity of the subordinate clause. The semantics for adjunct clauses presented above correctly predicts that *after* allows veridical readings only whereas *before* licenses veridical, non-committal and anti-veridical readings. There is a single update of the workspace that satisfies (5), namely the one in which all conjuncts are true. In contrast, there are three ways to update the workspace satisfying (6). In all three, R is located before S and E and R coincide. In the first, Q occurs at t and t is located after R : $Q(t) \wedge R < t$.¹ In the second, Q does not occur at t and t is located before R : $\neg Q(t) \wedge t < R$. In the third, Q does not occur at t and t is located after R : $\neg Q(t) \wedge R < t$. These three cases are all compatible with $\neg(Q(t) \wedge t < R)$ and correspond to veridical, non-committal and anti-veridical reading of *before* respectively. It should be emphasized that there exist alternative accounts of the semantics of *after* and *before*. However, in order to derive the correct predictions, these either introduce ad hoc adjustments of the meaning of *before* or make rather strong assumptions concerning the models in which these are sentences are verified [10, 4, 5].

It remains to show how non-veridical readings of *before* arise from the interplay of discourse information and world knowledge, which seems to play a role in the selection of the appropriate update. Consider the following sentence:

- (11) Max died before he saw his grandchildren. (AV)

The reader/hearer will normally interpret (11) as anti-veridical, implying that the subordinate clause (*Max*) *saw his grandchildren* is false at any time later than the moment at which *Max died* is true. The reason is that the reader/hearer knows that the occurrence of an event of the first type (someone’s death) normally prevents the occurrence of an event of the second type (seeing one’s grandchildren) later in time. We represent world knowledge in the form of law-like conditionals:

$$(12) P(i) \wedge \neg A(k) \rightarrow (\neg Q(j) \wedge i < j)$$

The meaning of (12) is that if P occurs at i and nothing abnormal is the case in the relevant time interval,² Q is prevented to occur at j later than i . A indicates a possibly disabling condition, that is an event that precludes P from preventing the

¹For simplicity, we leave out the case in which $t = R$.

²We assume that $k < j$, but not the stronger $i < k < j$.

occurrence of Q . Abnormalities are treated separately in our model: if $A(k)$ cannot be derived from the information contained in working memory, the processor will assume $\neg A(k)$ and update the workspace accordingly [55]. We will use this rule, called closed world reasoning, to derive anti-veridical readings of *before*. When world knowledge in the form of (12) is not activated from declarative memory, the processor will perform a default update of the workspace with $Q(t) \wedge R < t$. Indeed, subjects seem to normally take the source of the information (i.e. the experimenter) to be truthful and maximally informative, engaging in what can be called ‘credulous interpretation’ [55]. In this case, the result is an update of the workspace making both clauses P and Q true. This implies that the default reading of a *before* sentence, as long as this is compatible with world knowledge, is a veridical one.

The third aspect is related to the interaction of event order with the retrieval of world knowledge from declarative memory. Münte and colleagues suggested that, in order to process a sentence of the form *Before Q, P*, the system delays the evaluation of the clause Q describing the later event, which is held in working memory until the clause P describing the earlier event is evaluated. The explanation adopted in [43] implies that this is a general mechanism subserving the interpretation of out-of-order sentences and thus predicts a similar left frontal negativity to *P after Q* sentences. Our hypothesis concerning event order integrates [43] from the semantic point of view presented above, roughly as follows. The retrieval of world knowledge from declarative memory is essentially a matter of pattern matching. Suppose that (12) is stored in memory and that an *after* or a *before* sentence mentioning P and Q is processed. Let us again assume that P is the earlier event and Q is the later one. If an in-order sentence of the form *After P, Q* or *P before Q* is processed, world knowledge is activated by matching the antecedent of the law-like conditional (12). In this case, memory activation occurs as the first clause P is processed. If an out-of-order sentence of the form *Before Q, P* or *Q after P* is processed, world knowledge is activated when the second clause P is processed. The reason is that only $\neg Q$ would match the consequent of (12), triggering the activation of world knowledge: given the output (consequent) $\neg Q$, the processor would find out and activate the input (antecedent) that yields that output. However, this backward mechanism does not work with out-of-order sentences, since the proposition Q mentioned in discourse does not match with the consequent of (12) $\neg Q$. Our hypothesis is thus that world knowledge is always activated when the clause describing the earlier event P is processed, irrespective of the position it occupies in the sentence.

Our model of discourse integration is based on the following ideas. First, when the subordinate or adjunct clause is processed, the workspace is updated with positive information in the form of (5) or (6). Second, since a past-tensed main clause introduces a constraint in the form of (7) in working memory, as the main verb is encountered the processor will assume $P(E)$ and test whether $R < S$ and $P(R)$ hold. If $R < S$ and $P(R)$ follow from the available information, the workspace is updated with $P(E)$. When $P(E)$ is assumed for the test, world knowledge is retrieved from declarative memory and used in a reasoning process terminating with an update for the subordinate clause. Another possibility is to assume that world knowledge can be retrieved only after the workspace has been updated with $P(E)$.

We will adopt the first option here and return to the issue in section 3.5. Combining the factors temporal connective (*after* vs. *before*), event order (in-order vs. out-of-order) and world knowledge, yields eight different constructions, that will be treated separately in the model. *After* versions of veridical and non-veridical *before* sentences will be called unmarked and marked respectively. In addition, P will always denote the earlier event and Q the later one. The derivations for each case are given below:

(i) Unmarked *After* P, Q :

First clause: $P(t) \wedge t < R \wedge R < S \wedge E = R$
 Second clause: *if* $Q(E)$ *then* $R < S \wedge Q(R)$
 Assumption: $Q(E)$
 Test: $? R < S$: by first clause
 $? Q(R) : Q(E), E = R \therefore Q(R)$
 Update: $Q(E)$

(ii) Marked *After* P, Q :

First clause: $P(t) \wedge t < R \wedge R < S \wedge E = R$
 World knowledge: $P(t) \wedge \neg A(k) \rightarrow (\neg Q(E) \wedge t < E)$
 Second clause: *if* $Q(E)$ *then* $R < S \wedge Q(R)$
 Assumption: $Q(E)$
 Test: $? R < S$: by first clause
 $? Q(R) : Q(E), E = R \therefore Q(R)$
 Update: $Q(E)$
 Inference: $P(t), Q(E), E = R, t < R \therefore A(k)$
 Update: $A(k)$

(iii) Unmarked Q *after* P :

First clause: *if* $Q(E)$ *then* $R < S \wedge Q(R)$
 Second clause: $P(t) \wedge t < R \wedge R < S \wedge E = R$
 Assumption: $Q(E)$
 Test: $? R < S$: by second clause
 $? Q(R) : Q(E), E = R \therefore Q(R)$
 Update: $Q(E)$

(iv) Marked Q *after* P :

First clause: *if* $Q(E)$ *then* $R < S \wedge Q(R)$
 Second clause: $P(t) \wedge t < R \wedge R < S \wedge E = R$
 World knowledge: $P(t) \wedge \neg A(k) \rightarrow (\neg Q(E) \wedge t < E)$
 Assumption: $Q(E)$
 Test: $? R < S$: by second clause
 $? Q(R) : Q(E), E = R \therefore Q(R)$
 Update: $Q(E)$
 Inference: $P(t), Q(E), E = R, t < R \therefore A(k)$
 Update: $A(k)$

(v) Veridical <i>Before Q, P</i> :	
First clause:	$\neg(Q(t) \wedge t < R) \wedge R < S \wedge E = R$
Second clause:	<i>if</i> $P(E)$ <i>then</i> $R < S \wedge P(R)$
Assumption:	$P(E)$
Test:	? $R < S$: by first clause ? $P(R) : P(E), E = R \therefore P(R)$
Update:	$P(E)$
Default update:	$Q(t) \wedge R < t$
(vi) Non-veridical <i>Before Q, P</i> :	
First clause:	$\neg(Q(t) \wedge t < R) \wedge R < S \wedge E = R$
Second clause:	<i>if</i> $P(E)$ <i>then</i> $R < S \wedge P(R)$
Assumption:	$P(E)$
World knowledge:	$P(E) \wedge \neg A(k) \rightarrow (\neg Q(t) \wedge R < t)$
Test:	? $R < S$: by first clause ? $P(R) : P(E), E = R \therefore P(R)$
Update:	$P(E)$
Closed world assumption:	$\neg A(k)$
Inference:	$P(E), \neg A(k) \therefore \neg Q(t), R < t$
Update:	$\neg Q(t) \wedge R < t$
(vii) Veridical <i>P before Q</i> :	
First clause:	<i>if</i> $P(E)$ <i>then</i> $R < S \wedge P(R)$
Second clause:	$\neg(Q(t) \wedge t < R) \wedge R < S \wedge E = R$
Assumption:	$P(E)$
Test:	? $R < S$: by second clause ? $P(R) : P(E), E = R \therefore P(R)$
Update:	$P(E)$
Default update:	$Q(t) \wedge R < t$
(viii) Non-veridical <i>P before Q</i> :	
First clause:	<i>if</i> $P(E)$ <i>then</i> $R < S \wedge P(R)$
Assumption:	$P(E)$
World knowledge:	$P(E) \wedge \neg A(k) \rightarrow (\neg Q(t) \wedge R < t)$
Second clause:	$\neg(Q(t) \wedge t < R) \wedge R < S \wedge E = R$
Test:	? $R < S$: by second clause ? $P(R) : P(E), E = R \therefore P(R)$
Update:	$P(E)$
Closed world assumption:	$\neg A(k)$
Inference:	$P(E), \neg A(k) \therefore \neg Q(t) \wedge R < t$
Update:	$\neg Q(t) \wedge R < t$

The following predictions are suggested by the processing schemes above. Firstly, in sentences in which the temporal connective is placed between the clauses, the constraint introduced by the tensed verb in the main clause is tested only after a reference point has been introduced, thus after the subordinate clause has been

processed. The constraint might have to be temporarily stored in memory and reactivated when the adjunct clause is encountered. This might increase working memory load during the first (storage) and second (reactivation) clauses of *P before Q* and *Q after P* sentences. Secondly, manipulating world knowledge might have an effect on memory load during processing. In particular, as is shown in (ii), (iv), (vi) and (viii), world knowledge becomes part of working memory as the workspace is updated with $P(E)$ or $P(t)$ or these are assumed for testing the constraint. In addition, reasoning processes are elicited by non-veridical *before* and marked *after* sentences, terminating with an update of the workspace with $\neg Q(t) \wedge R < t$ and $A(k)$ respectively. We predict that non-veridical *before* sentences are more negative compared with veridical sentences, reflecting excitatory neuronal activity related to the retrieval of world knowledge. In (vi) and (viii), the update of the workspace with $\neg Q(t) \wedge R < t$ involves the inhibition of the neuronal units that compute the default update $Q(t) \wedge R < t$ in (v) and (vii). Neurophysiological research revealed a connection between inhibitory processes in functionally specialized areas of the human cortex and positive ERP components [2]. Non-veridical *before* sentences might elicit a larger positivity compared with veridical items, presumably occurring during the second clause or sentence-finally. We predict that marked *after* sentences are more negative compared with unmarked items, reflecting the excitatory processes subserving the activation of world knowledge and the update of the workspace with $A(k)$. Thirdly, the order in which events are mentioned in discourse and the connective used seem to interact with the retrieval of world knowledge. Above we observed that in all cases world knowledge is retrieved when the clause describing the earlier event in time is processed. In (ii) and (viii) world knowledge is activated during the first clause, whereas in (iv) and (vi) it is retrieved during the second clause. In an experimental design in which the features of stimulus sentences temporal connective, world knowledge and event order are treated as factors in the statistical model, we would expect an interaction effect of world knowledge with temporal connective and event order.

It remains to show how the ideas presented in this section relate to the results reported by Münte and colleagues. The key observation is that, contrary to what the authors claimed, it was in some case possible to hypothesize a causal relation between the events described by the two clauses. Thus, several of the stimulus sentences used in [43], including example (4), license non-veridical readings:

- (13) Before the run exhausted the joggers, the vendors provided some drinks.
- (14) Before the ambassador met the king, the incident overshadowed the negotiations.

If we look at (vi) we can make sense of the claim that event order was not the only relevant factor involved in processing *Before Q, P* sentences. In fact, the activation of world knowledge in memory and closed world reasoning, terminating with the update of the workspace with $\neg Q(t) \wedge R < t$, might have had an impact on working memory load. Thus, there seems to be a clear semantic confound in the experimental condition constructed by Münte and colleagues. However, on the basis of the available data, it is impossible to determine whether the observed left frontal negativity was due to event order, as claimed in [43], to non-veridicality, as

our processing scheme (vi) suggests, or to an interplay of the two. In our ERP study, we will test the hypothesis that event order has an effect on sentence processing comparing unmarked *After P, Q* vs. veridical *Before Q, P* constructions, that is sentences in which the semantic confound has been removed. The processing model of Münte et al. predicts also that *Q after P* sentences are more negative with respect to *After P, Q*. A comparison between these sentence types will have to be considered separately. In addition, we will have to test the predictions suggested by our processing model, using a factorial design and direct comparisons between the ERPs elicited by different sentence types. The method and results of our experiment are presented in sections 3.3 and 3.4.

3.3 Method

Subjects Twenty-four volunteers (14 women and 10 men, 20 to 49 years of age, mean age 24.6) participated in our experiment. All were native speakers of Dutch with no history of neurological traumas or psychiatric disorders. None of them reported the usage of alcohol or other recreational drugs within the preceding 24 hours. All had normal or corrected-to-normal vision. Subjects gave their informed consent before the beginning of each session. Participants received € 6 for taking part in the study.

Materials The set of stimuli consisted of 640 critical sentences and 320 fillers (see section 2.3). Critical items were constructed from an initial set of 160 clause pairs. Narratives describing sequences of events were obtained by adding temporal connectives to clause pairs. We manipulated the choice of the temporal connective (*nadat* vs. *voordat*), its position (sentence-initial vs. between clauses), the order of events (in-order vs. out-of-order) and world knowledge, that is the causal relation obtaining between the events (*P* normally prevents *Q*).

Of the initial 160 clause pairs, 80 described a relation between the events such that the occurrence of *P* normally prevents the occurrence of *Q* later in time. Separate conditions were realized for *voordat* and *nadat* sentences in which world knowledge was manipulated. A *voordat* sentence describing a causal relation between the events has a preferred non-veridical reading. Since *nadat* sentences license veridical readings only, a *nadat* sentence describing a causal relation conveys the additional meaning that the occurrence of *P* failed to prevent the occurrence of *Q* later in time. We will call these *nadat* sentences marked.

Our materials included 160 sentences per type (A)-(D) or equivalently 80 items per condition (A1)-(D2). Conditions are listed below:

- | | | | |
|------|-------------------------------|------|--------------------------------------|
| (A1) | 80 Unmarked <i>Nadat P, Q</i> | (C1) | 80 Veridical <i>Voordat Q, P</i> |
| (A2) | 80 Marked <i>Nadat P, Q</i> | (C2) | 80 Non-veridical <i>Voordat Q, P</i> |
| (B1) | 80 Unmarked <i>Q nadat P</i> | (D1) | 80 Veridical <i>P voordat Q</i> |
| (B2) | 80 Marked <i>Q nadat P</i> | (D2) | 80 Non-veridical <i>P voordat Q</i> |

The following are examples of the stimuli used (see appendix A for the complete set):

- (15) Nadat de man het lezen beëindigd had, sloot de vrouw het boek. (A1)
- (16) Nadat de doelman de bal gegrepen had, maakte de aanvaller een goal. (A2)
- (17) De vrouw sloot het boek nadat de man het lezen beëindigd had. (B1)
- (18) De aanvaller maakte een goal nadat de doelman de bal gegrepen had. (B2)
- (19) Voordat de vrouw het boek gesloten had, beëindigde de man het lezen. (C1)
- (20) Voordat de aanvaller een goal gemaakt had, greep de doelman de bal. (C2)
- (21) De man beëindigde het lezen voordat de vrouw het boek gesloten had. (D1)
- (22) De doelman greep de bal voordat de aanvaller een goal gemaakt had. (D2)

In order to prevent referential and semantical ambiguities, anaphoric pronouns and modal verbs were carefully avoided. We avoided cross-clause anaphora to prevent that the cognitive processes underlying co-reference had an impact on working memory load or in general on the ERPs recorded at anterior scalp sites. Each sentence consisted of at most 12 words and the position of the verbs was the same across items. To reduce ocular artifacts, we made sure that each word had at most 13 letters. Dutch spelling conventions were checked in an up-to-date, on-line version of the van Dale dictionary.

From the initial set of 640 critical sentences, we constructed 4 test versions. Each version contained 20 items per condition (A1)-(D2). Each subject read 160 critical sentences and 160 fillers, presented in pseudo-random fashion. Only sequences of at most 3 items of the same condition were allowed. We inspected each version to rule out sequences of sentences suggesting any form of thematic continuity.

Pre-test In section 3.2 we observed that *before* and its counterparts allow veridical, non-committal and anti-veridical readings, depending on context or on the fragment of world knowledge made salient by a particular sentence. Accordingly, we expect Dutch native speakers to make a difference between veridical and non-veridical occurrences of *voordat*, that is between those sentences that describe a causal relation between the events of the type *P* normally prevents *Q* and those that do not. This point is of great importance for our purposes. If subjects do not recognize non-veridical occurrences of *voordat*, then we cannot expect different ERP responses to the conditions listed above. For this reason, we administered a preliminary behavioral test with 160 critical sentences (see appendix A), 20 per condition (A1)-(D2), and 40 fillers, similar in structure to critical sentences but containing the temporal connectives *op het moment dat*, *zodra* and *terwijl* instead. With these 200 sentences, we constructed 4 test versions consisting of 40 sentences (5 per condition) and 40 fillers each. The sentences were presented (4 per page) as in the example below:

1. Bekijk de volgende zin:
De brandweer kwam aan voordat de brand het bos vernietigd had.
 Uit deze zin kan worden afgeleid dat:
 - a. de brand het bos vernietigde;
 - b. de brand het bos niet vernietigde;
 - c. het niet duidelijk is of de brand het bos vernietigde.

The options (a)-(c) were meant to correspond to the conclusions that can be drawn from a *voordat* sentences when the occurrence of the temporal connective is interpreted as veridical, anti-veridical and non-committal respectively.

Subjects were 32 (19 women and 13 men, 19 to 43 years of age, mean age 26.9) Dutch native speakers, from different educational backgrounds. An equal number of subjects was assigned to each test version. Participants were allowed to complete the test without time restrictions. Clear instructions in Dutch were stated in the first page of the booklets, asking subjects to read carefully each of the 80 sentences presented and then circle one of the three possible conclusions.

If the intuitions behind our semantic model are correct, subjects should read all 20 *nadat* sentences and the 10 *voordat* sentences describing no causal relation between the events as veridical, choosing option (a), and all 10 *voordat* sentences describing a causal relation between the events of the type *P* normally prevents *Q* as anti-veridical or non-committal, choosing options (b) or (c). The results of our test are summarized in table 3.1.

Condition	a	b+c	<i>p</i>	Fit to expect.
(A1) Unmarked <i>Nadat P, Q</i>	158*	2	0.161	98.75%
(A2) Marked <i>Nadat P, Q</i>	158*	2	0.161	98.75%
(B1) Unmarked <i>Q nadat P</i>	156*	4	0.044	97.50%
(B2) Marked <i>Q nadat P</i>	159*	1	0.325	99.38%
(C1) Veridical <i>Voordat Q, P</i>	102*	58	0.000	63.75%
(C2) Non-veridical <i>Voordat Q, P</i>	31	129*	0.001	80.63%
(D1) Veridical <i>P voordat Q</i>	113*	47	0.000	70.63%
(D2) Non-veridical <i>P voordat Q</i>	32	128*	0.000	80.00%

Table 3.1 – Frequencies of subjects’ choices per condition. Responses that match with our expectations are marked with an asterisk. Significance values from a one-sample t-test (test value 5, i.e. the maximum number of answers per condition matching with our expectations) are reported. Percentages of responses fitting to expectations are given in the last column.

Our expectations for *nadat* sentences appear to be largely fulfilled. A positive result can also be reported for *voordat* sentences, although statistical testing reveals a significant departure of subjects’ responses from the expected pattern. The average number of choices to conditions (C1)-(D2) that match with our expectations is still reasonably high, in particular to non-veridical *voordat* sentences (C2) and (D2). This indicates that participants were more inclined to interpret non-veridically (what we intended to be read as) veridical *voordat* sentences than the inverse.

We can thus conclude that subjects are sensitive to non-veridical uses of *voordat*. More precisely, as subjects’ responses to conditions (C1)-(D2) suggest, non-veridical and anti-veridical readings of *voordat* are the preferred interpretive options whenever a causal relation between the events of the type *P* normally prevents *Q* obtains. As to our ERP experiment, we observe that since subjects make a difference between *nadat*, veridical and non-veridical *voordat* sentences, it does not seem

unreasonable to expect different ERP responses to conditions (A1)-(D2) above. In particular, since the difference seems to be made by the manipulation of world knowledge, we expect that *nadat* and *voordat* sentences describing a causal relation between the events elicit a different pattern of ERP effects compared with those that do not.

Procedure After electrode application, participants were conducted in the experimental room and asked to sit in front of a video monitor. Subjects were instructed to avoid eye blinks and movements during the presentation of stimuli. Their only task was to read carefully and understand each sentence. Stimulus sentences were presented one word at a time (duration 300 ms, stimulus onset asynchrony 600 ms) in white in the middle of the screen. After 1000 ms of blank screen following the offset of the last word of each sentence, an asterisk mark appeared for 1500 ms, during which subjects were allowed to blink and change their posture. There was no comprehension probe following the presentation of sentences and no additional working memory span test was performed.

Each session lasted for about two hours, including subject preparation. The actual experiment took approximately 50 minutes to be completed and was divided into four blocks of 80 trials each. Three short breaks between the blocks allowed subjects to recuperate from the blinking regime. We monitored participants' behavior during the task with the aid of a video camera and a microphone placed inside the experimental room. Immediately after the last block, we conducted an informal debriefing interview with subjects, asking whether the sentences they read were in any sense anomalous. Together with the results of the behavioral pre-test, participants' reports were used as additional elements in the interpretation of ERP data [49].

Recording The EEG/EOG was sampled continuously from 32 electrode sites. Two electrodes placed at the left- and right-eye outer canthi and one below the left eye monitored horizontal and vertical eye movements. The remaining 28 electrodes were placed at the following scalp locations: Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FCz, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, CP5, CP1, CP2, CP6, P7, P3, Pz, P4, P8, O1, O2 (figure 2.1). Sintered Ag/AgCl electrodes, fixed in an elastic cap, were used. EOG electrodes were applied with two-sided adhesive decals.

Before electrode application, subjects' skin was cleaned with ethyl alcohol and abrasive gel to reduce the impedance at the scalp-electrode junction. Electrode impedance was kept below 5 k Ω and was checked before the beginning of each block and at the end of the session. The left mastoid electrode TP9 was used as reference. Subsequently, a linked mastoid reference was computed off-line by re-referencing all EEG channels to the right mastoid electrode TP10, which was excluded from further analysis.

The EEG/EOG was amplified by a multichannel BrainAmpTM DC system. Amplifier settings were: sampling rate 500 Hz, sampling interval 2000 μ s, time constant 10 s, high cutoff 70 Hz. Several markers were sent out on-line to the recording device: for all conditions (A1)-(D2), a sentence-initial and a sentence-final markers,

corresponding to the onset of the first and the last word of each sentence respectively; for conditions (A1)-(A2) and (C1)-(C2) a second-clause marker, corresponding to the onset of the first word (i.e. the verb) of the second clause; for conditions (B1)-(B2) and (D1)-(D2) a temporal connective marker, corresponding to the onset of the words *nadat* and *voordat*.

Data analysis Several transforms were applied to the raw EEG signal. The sampling rate was changed to 200 Hz (interval 5000 μ s) and the high cutoff filter was set to 30 Hz. Twenty segments per condition (40 per sentence type) were obtained, starting with the onset of sentence-initial words and ending 7400 ms later. Baseline correction was computed over the 150 ms preceding the onset of sentence-initial words.

Epochs contaminated by artifacts (eye blinks, horizontal eye movements, muscle activity, high-amplitude alpha and electrode drifts) were marked and excluded from further analysis. In order to guarantee an acceptable signal-to-noise ratio, subjects had to have at least 15 (on 20) good trials to be kept in the final analysis. The average number of rejected trials per condition was: (A1) 2.38, (A2) 2.58, (B1) 2.71, (B2) 2.83, (C1) 2.33, (C2) 2.25, (D1) 2.75, (D2) 2.42. Average waveforms were computed for each participant in each condition and in each sentence type.

Overlay functions of grand average ERPs were calculated for sentence type pairs (A)-(B), (A)-(C), (A)-(D) and for condition pairs (A1)-(C1), (A1)-(A2), (D1)-(D2). Waveforms were inspected for differential effects at specific latencies. Three time windows were selected: 600-3000 ms (first clause), 4200-6600 ms (second clause) and 6600-7400 ms (sentence-final).

Repeated measures analyses of variance (ANOVA) used mean amplitude values computed for each participant in each time window. Univariate F tests were adjusted by means of the Huynh-Feldt correction. Statistical analyses were performed in two moments. First, we conducted two parallel factorial ANOVAs: ³

ANOVA (1)	ANOVA (2)
Temporal connective	Temporal connective
(2 levels: <i>nadat/voordat</i>)	(2 levels: <i>nadat/voordat</i>)
Event order	Connective position
(2 levels: in-order/out-of-order)	(2 levels: sentence-initial/between clauses)
World knowledge	World knowledge
(2 levels: P prevents Q /otherwise)	(2 levels: P prevents Q /otherwise)

Subsequently, we conducted separate ANOVAs of comparisons between sentence types and conditions. For sentence type comparisons, the factors were: type (2 levels), world knowledge (2 levels), site (28 levels). For condition comparisons, the factors were: condition (2 levels), quadrant (4 levels: left anterior, right anterior, right posterior and left posterior) and site (28 levels).

³The main effect of event order in ANOVA (1) coincides with the interaction effect of connective and position in ANOVA (2) and the main effect of position in ANOVA (2) coincides with the interaction effect of connective and event order in ANOVA (2). This reflects the properties of *nadat* and *voordat* sentences: e.g. to reverse event order, one should change either the temporal connective or its position, but not both.

3.4 Results

The results of factorial analyses are summarized in table 3.2. We did not find reliable main effects of temporal connective, event order and connective position in any of the time windows considered. However, the main effect of world knowledge reaches an acceptable significance level during the first and second clauses. There does not seem to be an interaction between the factors connective and event order, but we found a reliable connective by world knowledge interaction, in particular during the second clause. Interestingly, there is a significant interaction between the factors event order and world knowledge, especially during the second clause and sentence-finally. The factor world knowledge seems to play an important role in our statistical model. This claim is supported by the results of sentence type and condition comparisons, presented below.

Table 3.2

Factor	First clause 600-3000 ms	Second clause 4200-6600 ms	Sentence-final 6600-7400 ms
Temporal connective	0.160	0.010	0.148
Event order	0.504 ^e	0.707	0.059
Connective position	0.266	0.001	0.410
World knowledge	3.084 ^c	2.986 ^c	1.810 ^d
Connective × order	0.266	0.001	0.410
Connective × world kn.	2.822 ^d	5.502 ^b	1.132 ^e
Event order × world kn.	6.371 ^b	11.500 ^a	12.089 ^a

$F(1, 23)$: ^a $p < 0.01$ ^b $p < 0.05$ ^c $p < 0.1$ ^d $p < 0.2$ ^e $p < 0.5$

The results of sentence type comparisons are presented in table 3.3. Comparing (A) *Nadat P, Q* vs. (B) *Q nadat P* sentences, we did not find a reliable main effect of sentence type, although sentence type and world knowledge interact during the second clause and sentence-finally. Out-of-order sentences are more negative at left frontal (F3) and right parietal (P8) sites during the second clause and sentence-finally (figure 3.1). The topographical distribution closely resembles the one described by Münte and colleagues in [43], especially at left anterior sites (figure 3.2). Comparing (A) *Nadat P, Q* vs. (C) *Voordat Q, P* sentences, we did not find a significant main effect of sentence type. However, also in this case, there is a reliable interaction between the factors sentence type and world knowledge in all the time windows considered and in particular during the second clause. We observed a similar pattern comparing (A) *Nadat P, Q* vs. (D) *P voordat Q* sentences. Although the main effect of sentence type is not statistically robust, there is a reliable type by world knowledge interaction, in particular during the second clause. *Voordat* sentences are more negative at left prefrontal sites (figures 3.3-3.4), as the type by world knowledge by site interaction also indicates.

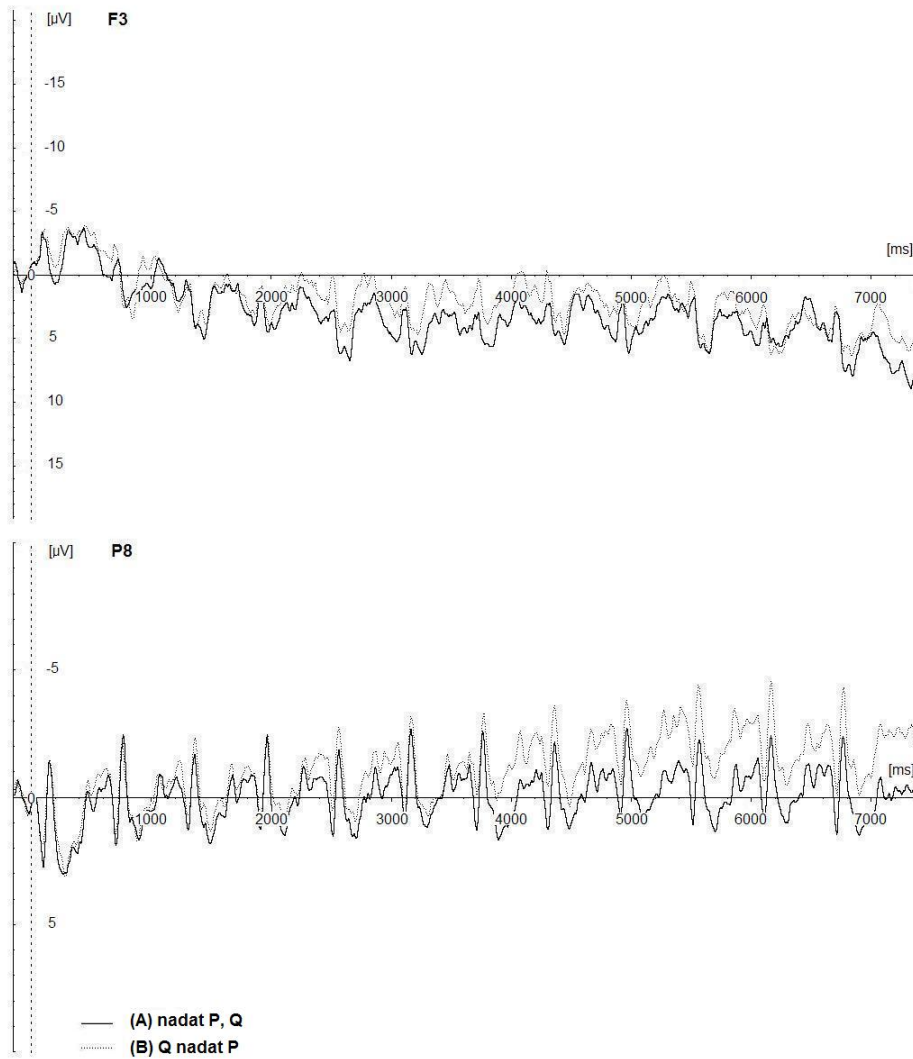


Figure 3.1 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by (A) *Nadat P, Q* vs. (B) *Q nadat P* sentences at left frontal and right parietal sites. Out-of-order sentences are more negative during the second clause (4200-6600 ms) and sentence-finally (6600-7400 ms). Sentence onset is at 0 ms.

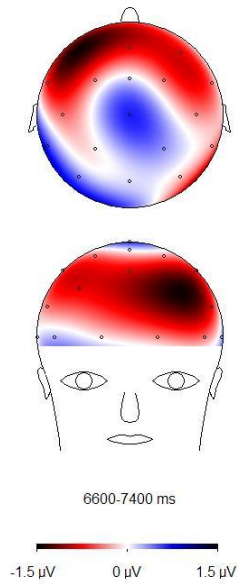


Figure 3.2 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between (B) *Q nadat P* and (A) *Nadat P, Q* sentences in the sentence-final region (6600-7400 ms). Out-of-order sentences are more negative at left frontal and right parietal sites.

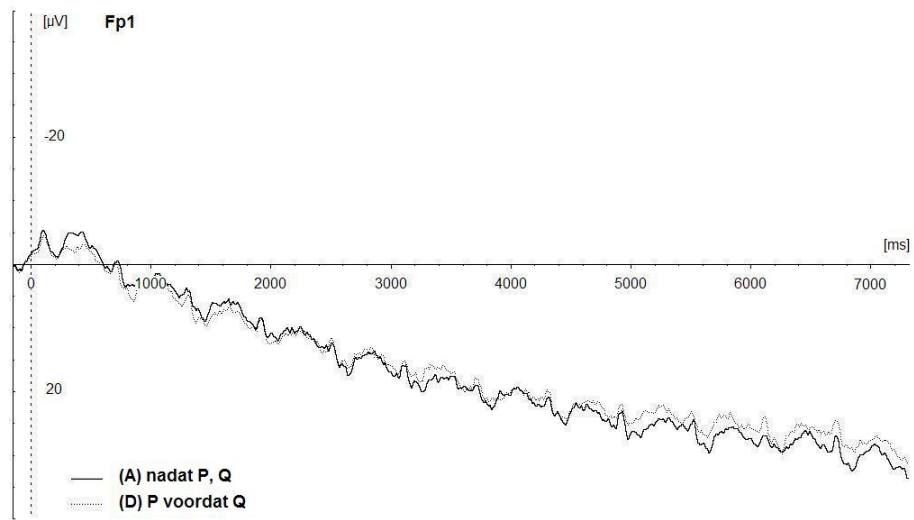


Figure 3.3 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by (A) *Nadat P, Q* vs. (D) *P voordat Q* sentences at the left prefrontal electrode. *Voordat* sentences are more negative during the second clause (4200-6600 ms) and sentence-finally (6600-7400 ms). Sentence onset is at 0 ms.

Table 3.3

Region	Type $F(1, 23)$	Type \times World kn. $F(1, 23)$	Type \times World kn. \times Site $F(27, 621)$
A vs. B			
First clause	0.017	1.539 ^e	0.495
Second clause	0.294	7.750 ^b	0.871 ^e
Sentence-final	0.058	7.789 ^b	0.868 ^e
A vs. C			
First clause	1.129 ^e	8.967 ^a	1.954 ^e
Second clause	0.452	21.182 ^a	1.590 ^e
Sentence-final	0.252	15.410 ^a	0.091 ^e
A vs. D			
First clause	0.022	0.557 ^e	2.670 ^b
Second clause	0.008	5.275 ^b	2.178 ^b
Sentence-final	0.017	1.919 ^d	2.029 ^c
^a $p < 0.01$	^b $p < 0.05$	^c $p < 0.1$	^d $p < 0.2$ ^e $p < 0.5$

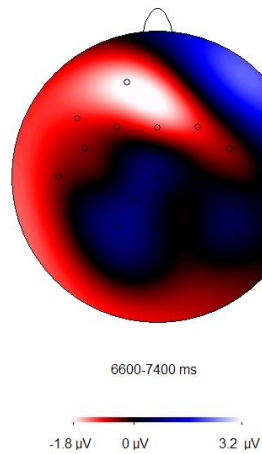


Figure 3.4 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between (D) *P voordat Q* and (A) *Nadat P, Q* sentences in the sentence-final region (6600-7400 ms). *Voordat* sentences are more negative at left prefrontal sites.

The results of condition comparisons are summarized in table 3.4. Comparing (A1) unmarked *Nadat P, Q* vs. (C1) veridical *Voordat Q, P* sentences, we found a significant main effect of condition, in particular during the second clause and sentence-finally. There is a reliable interactions between the factors condition and site during the first clause. *Voordat* sentences are more negative at bilateral frontal (F3, F8) sites (figure 3.5). Comparing (A1) unmarked *Nadat P, Q* vs. (A2) marked *Nadat P, Q* sentences, we found a significant main effect of condition during the second clause and sentence-finally. The interactions between the factors condition, quadrant and site do not reach an acceptable significance levels in any of the time windows considered. Marked sentences elicit a larger negative wave at bilateral prefrontal (Fp1, Fp2) sites (figures 3.6 and 3.10) and at right frontal (F4, F8) electrodes (figures 3.7 and 3.10). Finally, we compared (D1) veridical *P voordat Q* vs. (D2) non-veridical *P voordat Q* sentences. Although the main effect of condition is not significant in any of the regions considered, we found reliable interactions of the factor condition with site and quadrant in all time windows, in particular during the first clause. Non-veridical sentences are more negative at bilateral prefrontal (Fp1, Fp2) sites (figures 3.8 and 3.11). In addition, non-veridical sentences elicit a larger positive shift at bilateral parietal (P3, P4) electrodes (figures 3.9 and 3.11).

Table 3.4

Region	Condition $F(1, 23)$	Condition \times Quadrant $F(3, 69)$	Condition \times Site $F(27, 621)$
A1 vs. C1			
First clause	5.991 ^b	2.354 ^d	1.759 ^b
Second clause	8.927 ^a	1.631 ^e	1.089 ^e
Sentence-final	8.238 ^a	2.443 ^d	1.435 ^d
A1 vs. A2			
First clause	1.321 ^e	0.845 ^e	0.856
Second clause	8.066 ^a	1.153 ^e	1.249 ^e
Sentence-final	6.945 ^b	2.302 ^d	1.462 ^d
D1 vs. D2			
First clause	0.353	11.074 ^a	10.418 ^a
Second clause	0.143	8.187 ^a	3.178 ^a
Sentence-final	0.079	7.891 ^a	3.733 ^a
^a $p < 0.01$	^b $p < 0.05$	^c $p < 0.1$	^d $p < 0.2$ ^e $p < 0.5$

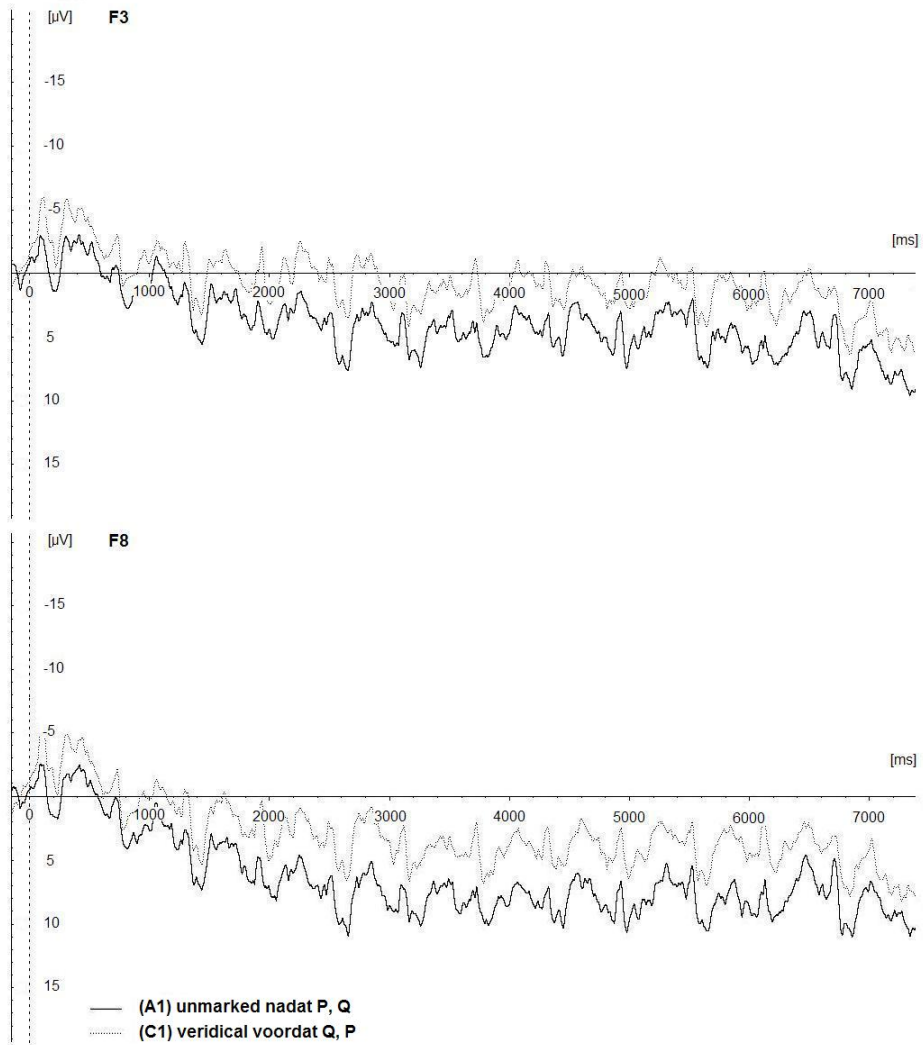


Figure 3.5 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by (A1) unmarked *Nadat P, Q* vs. (C1) veridical *Voordat Q, P* sentences at left and right frontal sites. *Voordat* sentences are more negative throughout the epoch. Sentence onset is at 0 ms.

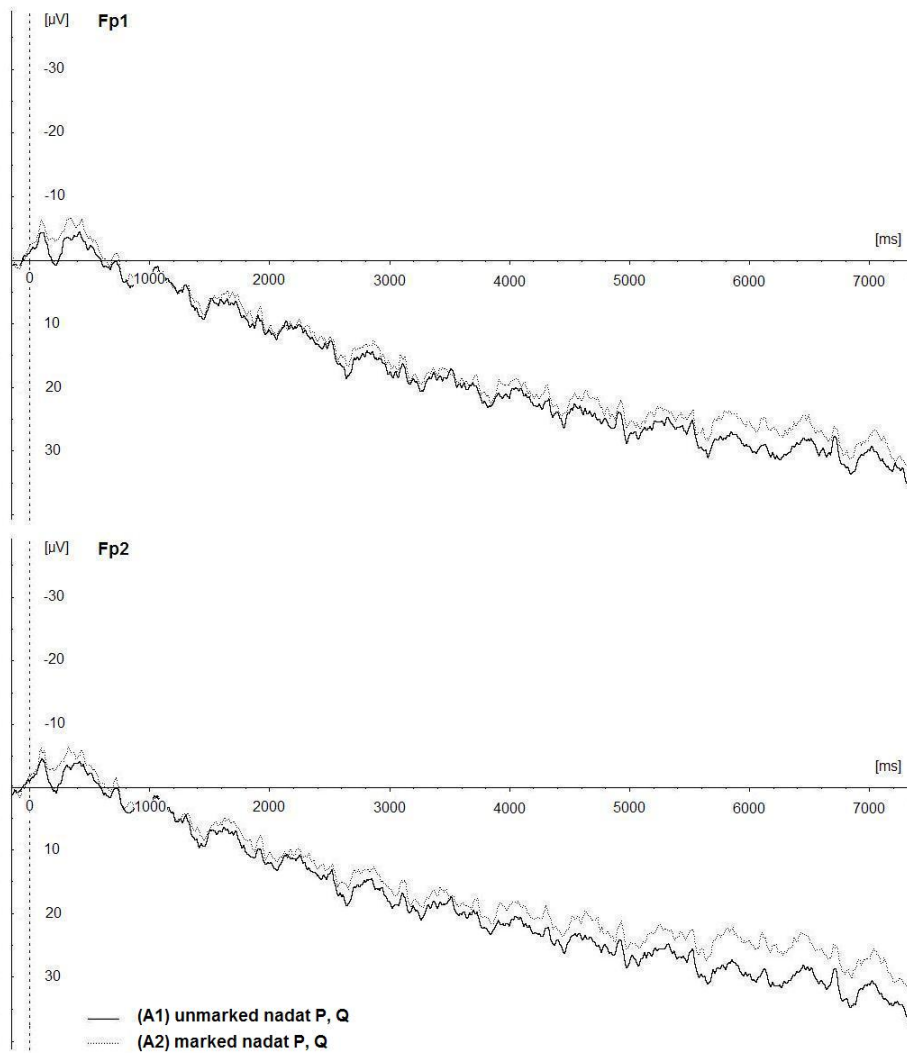


Figure 3.6 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by (A1) unmarked *Nadat P, Q* vs. (A2) marked *Nadat P, Q* sentences at left and right prefrontal sites. Marked sentences are more negative during the second clause (4200-6600 ms) and sentence-finally (6600-7400 ms). Sentence onset is at 0 ms.

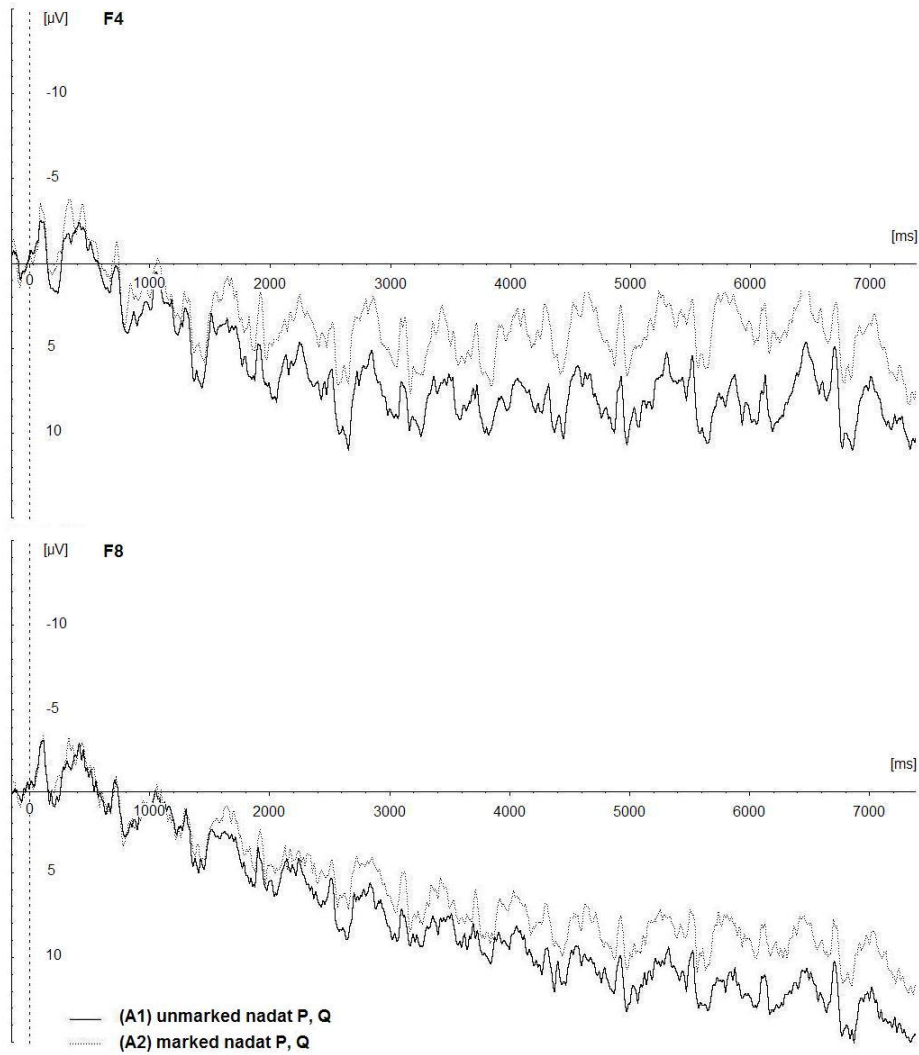


Figure 3.7 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by (A1) unmarked *Nadat P, Q* vs. (A2) marked *Nadat P, Q* sentences at right frontal sites. Marked sentences are more negative during the second clause (4200-6600 ms) and sentence-finally (6600-7400 ms). Sentence onset is at 0 ms.

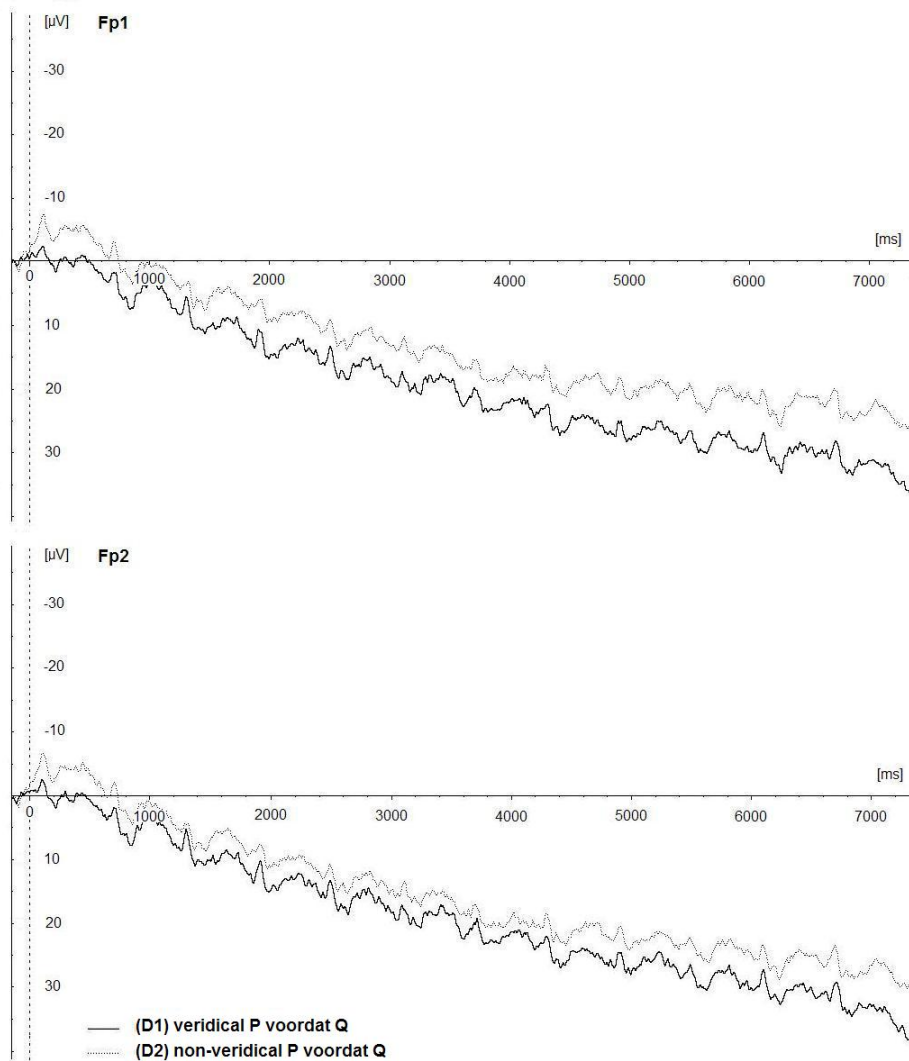


Figure 3.8 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by (D1) veridical *P voordat Q* vs. (D2) non-veridical *P voordat Q* sentences at left and right prefrontal sites. Non-veridical sentences are more negative throughout the epoch. Sentence onset is at 0 ms.

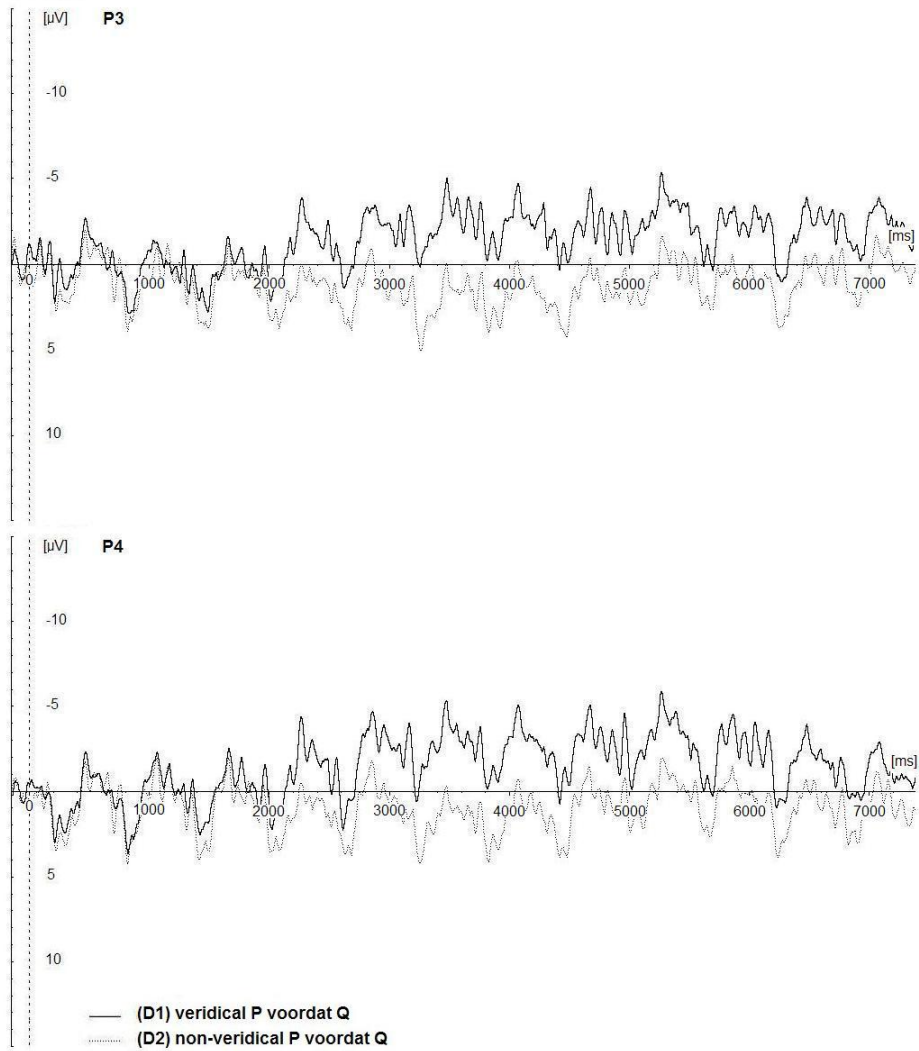


Figure 3.9 – Grand average ($n = 24$) waveforms elicited by (D1) veridical *P voordat Q* vs. (D2) non-veridical *P voordat Q* sentences at left and right parietal sites. Non-veridical sentences are more positive during the second clause (4200-6600 ms) and sentence-finally (6600-7400 ms). Sentence onset is at 0 ms.

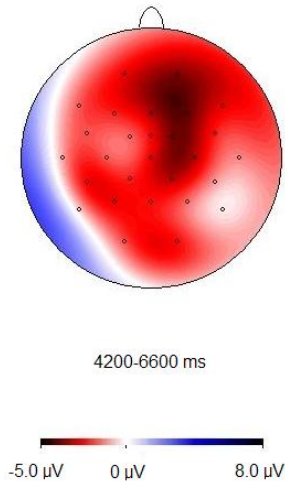


Figure 3.10 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between (A2) marked *Nadat P, Q* and (A1) unmarked *Nadat P, Q* during the second clause (4200-6600 ms). Marked sentences are more negative at right frontal sites.

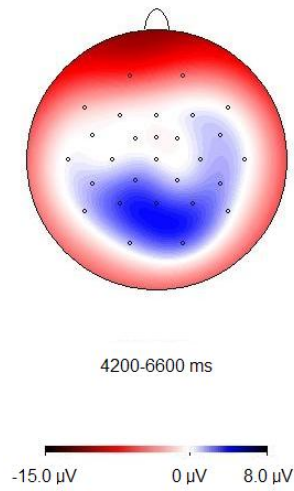


Figure 3.11 – Triangulation-linear interpolated topographic map displaying the mean difference between (D2) non-veridical *P voordat Q* and (D1) veridical *P voordat Q* during the second clause (4200-6600 ms). Non-veridical sentences are more negative at prefrontal sites and more positive at parietal sites bilaterally.

3.5 Discussion

In our informal debriefing interviews we asked subjects whether stimulus sentences were in any sense anomalous. Most participants observed that there were *nadat* sentences describing irregular, if not impossible sequences of events. This is most likely a consequence of the manipulation of world knowledge. In derivations (ii) and (iv) the processing of marked *nadat* sentences terminates with an update of the workspace with $A(k)$, meaning that something abnormal was the case in the relevant time interval. It seems reasonable to suppose that subjects draw the expected inference from marked *nadat* sentences and reported their conclusion in the interview.

Most subjects failed to notice the difference between veridical and non-veridical *voordat* sentences. This might seem inconsistent at least with our behavioral findings, in which it was clear that subjects distinguished between the two cases. However, participants were specifically asked to report anomalies in the stimuli and not just differences between items. In this sense, one would expect that subjects do not classify non-veridical *voordat* sentences among anomalous items together with marked *nadat* sentences and tense violations discussed in section 2.

Finally, none of the subjects noticed that there were sentences differing with respect to the position of the temporal connective and the order of events. In particular, none of them observed that out-of-order sentences were in any sense more difficult to understand compared with in-order items. In the paragraphs below we will discuss the predictions suggested by our model in the light of the results presented in section 3.4.

Temporal reference Above we observed that, in sentences in which the connective is placed between the clauses, the constraint (7) introduced by the tensed verb of the main clause is tested after the reference point has been established, that is after the subordinate clause has been processed. We predicted that this had an effect on working memory load during the first and second clauses in (B) $Q \text{ nadat } P$ and (D) $P \text{ voordat } Q$ and sentences, reflecting the temporary storage and reactivation of the constraint. The results of factorial analyses do not support our hypothesis. (B) $Q \text{ nadat } P$ sentences are more negative at left anterior sites during the second clause compared with (A) $Nadat \ P, \ Q$ sentences. However, this resembles more the distribution of the effect observed by Münte and colleagues than the LAN we reported to verb/adverb constructions in section 2. The left prefrontal negativity observed during the second clause to (D) $P \text{ voordat } Q$ sentences compared with (A) $Nadat \ P, \ Q$ sentences seems a consequence of the fact that veridical and non-veridical items were averaged to obtain the ERPs for type (D) and thus might reflect the retrieval of world knowledge from declarative memory.

World knowledge The clearest results of our study are related to the role played by the factor world knowledge in the statistical model. Manipulating the causal relation between the events described by *nadat* and *voordat* sentences has significant consequences on the ERP signal. In particular, we expected that marked *nadat* and non-veridical *voordat* sentences were more negative compared with unmarked and

veridical items respectively, reflecting the excitatory neuronal processes responsible for the activation of world knowledge in working memory. This prediction is confirmed by the results of factorial analyses: world knowledge seems to have a role during the first and second clauses and the interactions with the factors connective and event order are all reliable.

Our predictions for marked *nadat* sentences are confirmed by the results of the comparison between conditions (A1) and (A2), in particular during the second clause. Prefrontal brain areas are known to subserve the integration of semantic and world knowledge in discourse [21] and have been related to working memory processes [48, 64]. Accordingly, we suggest that the bilateral prefrontal negativity elicited by marked *nadat* sentences reflects the activation of world knowledge in working memory. The right frontal negativity can be related to the outcome of a reasoning process terminating with an update of the workspace with $A(k)$, meaning that something abnormal was the case in the relevant time interval. This is consistent with subjects' reports in our informal debriefing interviews as well.

We predicted that non-veridical *voordat* sentences elicited a negative-going wave, reflecting world knowledge activation, and a positive shift, reflecting the suppression of the default update of the workspace with $Q(t) \wedge R < t$. Our results seem to confirm this prediction. Again, we relate the bilateral prefrontal negativity elicited by non-veridical *voordat* sentences to the activation of world knowledge in working memory. The bilateral parietal positivity observed during the second clause might then reflect the inhibition of the neuronal units that compute a default update for veridical sentences.

Event order The delayed evaluation hypothesis, proposed by Münte and colleagues, predicts that out-of-order sentences are more negative at left frontal sites during the second clause. We tried to replicate the results reported in [43] comparing *Nadat P, Q* vs. *Voordat Q, P* sentences but we only found a significant interaction of the factors sentence type and world knowledge (table 3.3). In our view, this clearly shows that there was a semantic confound in the experimental condition in [43] and thus that our concern for redesigning the experiment was justified.

Removing the semantic confound should at this point yield a comparison in which event order is the only processing factor involved. However, there is yet another difference between the processing schemes for conditions (A1) and (C1), since for the latter a default update mechanism is involved. We suggest that the bilateral frontal negativity we reported to (C1) veridical *Voordat Q, P* reflects the summation of the processes involved in the delayed evaluation and in the default update. This is consistent with other studies that reported anterior negativities related to the involvement of working memory in discourse processing [37, 26, 39, 60, 61]. The sustained negativity during the first clause supports Münte and colleagues' delayed evaluation hypothesis, possibly reflecting the increase of working memory load during the temporary storage of the first clause.

The other relevant comparison (A) vs. (D), offers further support to Münte and colleagues' hypothesis, as the observed left frontal negativity to *Q nadat P*

sentences is remarkably similar to the effect reported in [43]. The offset of the verb of the adjunct clause in (D) sentences (6900 ms) is indeed a wrap-up point at which the first clause (describing the later event) is finally evaluated. This would explain the fast negativity elicited by *Q nadat P* at F3 in the sentence-final region (6600-7400 ms).

The hypothesis of an interaction between event order and world knowledge retrieval is supported by factorial analyses. In particular, we predicted that in both (A2) marked *Nadat P, Q* and (D2) non-veridical *P voordat Q* sentences world knowledge was activated during the first clause. Our predictions were based on the hypothesis that world knowledge retrieval occurs when the clause describing the earlier event is processed or assumed for testing. However, the observed effects reveals a partially different pattern, that is a prefrontal activation larger during the second clause for (A2) sentences. We do not have as yet an explanation of the time course of world knowledge retrieval in marked *Nadat P, Q* sentences.

We want to emphasize that the hypotheses presented here should be tested against further empirical data. One option would be to investigate the effects of event order in narratives that do not contain temporal modifiers, for instance [62]:

(23) Max fell. John pushed him.

In this case, the events are mentioned in reverse order since presumably John's push caused Max to fall. It would be interesting to test the involvement of world knowledge as mediated by the planning system [62] in the processing of narratives of this kind. The second suggestion is to consider the effects of non-veridicality when relevant contextual information is provided, for instance in narratives of the following form:

(24) The pianist left the orchestra before the concert started.

(25) The direction was excellent, but we all missed Schumann's op. 54.

Since in (24) the occurrence of the event described by the main clause (*The pianist left the orchestra*) possibly prevents the occurrence of the second (*The concert started*) later in time, the workspace might be updated with $\neg Q(t) \wedge R < t$ (anti-veridical) or $\neg Q(t) \wedge t < R$ (non-committal). However, since (25) implies that the concert did actually start, although no piano piece was played, the former update might have to be withdrawn and replaced with $\neg Q(t) \wedge R < t$ (veridical). Our results suggest that (25) might elicit a larger anterior negativity compared with sentences that do not force a recomputation of the update introduced by the first sentence.

4 Conclusion

In this thesis we presented and discussed the results of two ERP studies on Dutch temporal semantics. In section 2, we proposed a semantic explanation of the P600/SPS observed to tense violations in adverb/verb and verb/adverb constructions. In addition, we used Reichenbach's distinction between event and reference time to account for the LAN elicited by verb/adverb sentences. In section 3, we presented some data indicating that both event order and the manipulation of world knowledge, resulting in non-veridical readings of *voordat* sentences, have significant consequences on ERP profiles. In particular, different reasoning and update processes leading to the interpretation of *nadat* and *voordat* sentences elicit ERP effects with different polarities and scalp distributions. Our results indicate that stimuli with different inferential properties have different ERP correlates. As to the idea behind this thesis, there seems to be some room for a productive interaction between formal semantics and ERP research. Our work suggest that the introduction of semantics into the ERP paradigm can reinforce the criticism of existing hypotheses and accelerate the process of generation and testing of new ones. We believe that this approach could be usefully extended to other experimental paradigms in cognitive psychology and psycholinguistics. One idea would be to investigate the ERP effects elicited by sentences in which verb aspect is manipulated, for instance in coercion and related phenomena [62]. Another idea would be to use ERPs to investigate the cognitive processes involved in human reasoning, for example in the suppression task [55].

A Materials

Tense violations

- 1a Vorige week arriveerde het Russische circus in de stad.
- 1b Vorige week arriveert het Russische circus in de stad.
- 2a Vorige week vertraagde een defect alle treinen in Holland.
- 2b Vorige week vertraagt een defect alle treinen in Holland.
- 3a Vorige week begon de Nederlandse opera het winter seizoen.
- 3b Vorige week begint de Nederlandse opera het winter seizoen.
- 4a Vorige maand ontsloeg het Moskou theater een zware ballerina.
- 4b Vorige maand ontslaat het Moskou theater een zware ballerina.
- 5a Vorige maand veroordeelden de activisten de robbenjacht in Canada.
- 5b Vorige maand veroordelen de activisten de robbenjacht in Canada.
- 6a Vorige maand opende de universiteit een laboratorium voor biologie.
- 6b Vorige maand opent de universiteit een laboratorium voor biologie.
- 7a Vorig jaar beschadigde een brand tien panden in Edinburgh.
- 7b Vorig jaar beschadigt een brand tien panden in Edinburgh.
- 8a Vorig jaar opende Max een dolfinarium in San Diego.
- 8b Vorig jaar opent Max een dolfinarium in San Diego.
- 9a Vorig jaar hadden Franse wijnbouwers een erg slechte druivenoogst.
- 9b Vorig jaar hebben Franse wijnbouwers een erg slechte druivenoogst.
- 10a Vorige eeuw zonk de Titanic in de Atlantische Oceaan.
- 10b Vorige eeuw zinkt de Titanic in de Atlantische Oceaan.
- 11a Vorige eeuw werden de Verenigde Staten een militaire supermacht.
- 11b Vorige eeuw worden de Verenigde Staten een militaire supermacht.
- 12a Afgelopen lente won Julian een literatuur prijs in Frankrijk.
- 12b Afgelopen lente wint Julian een literatuur prijs in Frankrijk.
- 13a Afgelopen lente beëindigden de metselaars de nieuwe universiteits bibliotheek.
- 13b Afgelopen lente beëindigden de metselaars de nieuwe universiteits bibliotheek.
- 14a Afgelopen lente veranderde de Chinese regering de oude exportregels.
- 14b Afgelopen lente verandert de Chinese regering de oude exportregels.
- 15a Afgelopen zomer beleefden de Europese steden een lange hittegolf.
- 15b Afgelopen zomer beleven de Europese steden een lange hittegolf.
- 16a Afgelopen zomer presenteerde de stilist een nieuwe collectie badkleding.
- 16b Afgelopen zomer presenteert de stilist een nieuwe collectie badkleding.
- 17a Afgelopen zomer won Brazilië het voetbal kampioenschap in Japan.
- 17b Afgelopen zomer wint Brazilië het voetbal kampioenschap in Japan.
- 18a Afgelopen herfst organiseerde de universiteit een gratis fotografie cursus.
- 18b Afgelopen herfst organiseert de universiteit een gratis fotografie cursus.
- 19a Afgelopen herfst daalde de temperatuur beneden de nul graden.
- 19b Afgelopen herfst daalt de temperatuur beneden de nul graden.
- 20a Afgelopen herfst bezocht de paus de stad van Cracovië.
- 20b Afgelopen herfst bezoekt de paus de stad van Cracovië.
- 21a Afgelopen winter sneeuwde het in de heuvels rond Jeruzalem.
- 21b Afgelopen winter sneeuwt het in de heuvels rond Jeruzalem.
- 22a Afgelopen winter besprak het Nederlandse parlement de nationale begroting.
- 22b Afgelopen winter bespreekt het Nederlandse parlement de nationale begroting.
- 23a Afgelopen winter besloten de Verenigde Staten Irak te bestormen.
- 23b Afgelopen winter besluiten de Verenigde Staten Irak te bestormen.
- 24a Afgelopen maandag vond Marcel een schildpad in zijn zwembad.
- 24b Afgelopen maandag vindt Marcel een schildpad in zijn zwembad.
- 25a Afgelopen maandag stopte de Duitse politie drie verdachte terroristen.
- 25b Afgelopen maandag stopt de Duitse politie drie verdachte terroristen.
- 26a Afgelopen maandag vond Piet een portemonnee in het toilet.
- 26b Afgelopen maandag vindt Piet een portemonnee in het toilet.
- 27a Afgelopen dinsdag besprak de professor van psychologie zijn artikel.
- 27b Afgelopen dinsdag bespreekt de professor van psychologie zijn artikel.
- 28a Afgelopen dinsdag viel een ultralicht vliegtuigje in het IJmeer.
- 28b Afgelopen dinsdag valt een ultralicht vliegtuigje in het IJmeer.
- 29a Afgelopen dinsdag bezochten de vrienden het bos rond Nijmegen.
- 29b Afgelopen dinsdag bezoeken de vrienden het bos rond Nijmegen.
- 30a Afgelopen woensdag verhuisde de mensa naar een nieuw gebouw.
- 30b Afgelopen woensdag verhuist de mensa naar een nieuw gebouw.
- 31a Afgelopen woensdag stopte de Israëlische politie twee Hamas militanten.
- 31b Afgelopen woensdag stopt de Israëlische politie twee Hamas militanten.
- 32a Afgelopen woensdag opende de burgemeester de nieuwe stedelijke tramlijn.

32b Afgelopen woensdag opent de burgmeester de nieuwe stedelijke tramlijn.
 33a Afgelopen donderdag sloot de politie de brug van Brooklyn.
 33b Afgelopen donderdag sluit de politie de brug van Brooklyn.
 34a Afgelopen donderdag verkocht Bernard tientallen kopieën van de Gelderlander.
 34b Afgelopen donderdag verkoopt Bernard tientallen kopieën van de Gelderlander.
 35a Afgelopen donderdag deed Karin het huiswerk van haar dochter.
 35b Afgelopen donderdag doet Karin het huiswerk van haar dochter.
 36a Afgelopen vrijdag versterkten de autoriteiten de surveillance in Washington.
 36b Afgelopen vrijdag versterken de autoriteiten de surveillance in Washington.
 37a Afgelopen vrijdag openden de aannemers een spoorweg brug buiten Rotterdam.
 37b Afgelopen vrijdag openen de aannemers een spoorweg brug buiten Rotterdam.
 38a Afgelopen vrijdag ontsloeg het ziekenhuis van Amsterdam twintig verpleegsters.
 38b Afgelopen vrijdag ontslaat het ziekenhuis van Amsterdam twintig verpleegsters.
 39a Afgelopen zaterdag plantte opa een boom in zijn binnenplaats.
 39b Afgelopen zaterdag plant opa een boom in zijn binnenplaats.
 40a Afgelopen zaterdag beschadigde onweer de stroomlijnen in Zeeland.
 40b Afgelopen zaterdag beschadigt onweer de stroomlijnen in Zeeland.
 41a Afgelopen zaterdag behaalde Suzanne haar diploma van burgerlijk ingenieur.
 41b Afgelopen zaterdag behaalt Suzanne haar diploma van burgerlijk ingenieur.
 42a Afgelopen zondag testte het racing team een nieuw prototype.
 42b Afgelopen zondag test het racing team een nieuw prototype.
 43a Afgelopen zondag organiseerde het meisje een picknick in het Vondelpark.
 43b Afgelopen zondag organiseert het meisje een picknick in het Vondelpark.
 44a Afgelopen zondag lakte Vincent de kozijnen van zijn landhuis.
 44b Afgelopen zondag lakt Vincent de kozijnen van zijn landhuis.
 45a Afgelopen januari bevroren de grachten in alle Nederlandse steden.
 45b Afgelopen januari bevroren de grachten in alle Nederlandse steden.
 46a Afgelopen januari kocht Pascal een hondje voor zijn dochter.
 46b Afgelopen januari koopt Pascal een hondje voor zijn dochter.
 47a Afgelopen januari weigerde Rusland het Kyoto protocol te ratificeren.
 47b Afgelopen januari weigert Rusland het Kyoto protocol te ratificeren.
 48a Afgelopen februari reisden duizenden toeristen naar Venetië voor carnaval.
 48b Afgelopen februari reist duizenden toeristen naar Venetië voor carnaval.
 49a Afgelopen februari explodeerde het Amerikaanse ruimteveer Columbia boven Texas.
 49b Afgelopen februari explodeert het Amerikaanse ruimteveer Columbia boven Texas.
 50a Afgelopen februari weigerde Frankrijk de tweede resolutie te ondertekenen.
 50b Afgelopen februari weigert Frankrijk de tweede resolutie te ondertekenen.
 51a Afgelopen maart doodde de paramilitair een politicus in Colombia.
 51b Afgelopen maart doodt de paramilitair een politicus in Colombia.
 52a Afgelopen maart publiceerde Oscar de resultaten van zijn experiment.
 52b Afgelopen maart publiceert Oscar de resultaten van zijn experiment.
 53a Afgelopen maart botsten twee schepen in het Rotterdamse havengebied.
 53b Afgelopen maart botsen twee schepen in het Rotterdamse havengebied.
 54a Afgelopen april bereikten de troepen het centrum van Bagdad.
 54b Afgelopen april bereiken de troepen het centrum van Bagdad.
 55a Afgelopen april opende een expositie van fotografie in Londen.
 55b Afgelopen april opent een expositie van fotografie in Londen.
 56a Afgelopen april begon het traditionele volksfeest in Zuid-Frankrijk.
 56b Afgelopen april begint het traditionele volksfeest in Zuid-Frankrijk.
 57a Afgelopen mei was het weer in Nederland uitzonderlijk mooi.
 57b Afgelopen mei is het weer in Nederland uitzonderlijk mooi.
 58a Afgelopen mei opende een nieuw Portugees restaurant in Amsterdam.
 58b Afgelopen mei opent een nieuw Portugees restaurant in Amsterdam.
 59a Afgelopen mei speelde Victor voor het eerst chinees schaak.
 59b Afgelopen mei speelt Victor voor het eerst chinees schaak.
 60a Afgelopen juni ontdekte een boekverkoper enkele tekeningen van Rembrandt.
 60b Afgelopen juni ontdekt een boekverkoper enkele tekeningen van Rembrandt.
 61a Afgelopen juni protesteerden de anti-globalisatie activisten in Zwitserland.
 61b Afgelopen juni protesteren de anti-globalisatie activisten in Zwitserland.
 62a Afgelopen juni vonden de Utrechtse archeologen een Romeins vrachtschip.
 62b Afgelopen juni vinden de Utrechtse archeologen een Romeins vrachtschip.
 63a Afgelopen juli bekritiseerden de kranten de oorlogsbeleid van Bush.
 63b Afgelopen juli bekritisieren de kranten de oorlogsbeleid van Bush.
 64a Afgelopen juli bezocht Conrad de vulkanische bergen in Tenerife.
 64b Afgelopen juli bezoekt Conrad de vulkanische bergen in Tenerife.
 65a Afgelopen juli trouwde Adriaan in het Begijnhof te Amsterdam.
 65b Afgelopen juli trouwt Adriaan in het Begijnhof te Amsterdam.
 66a Afgelopen augustus vernielde een bomaanslag het hoofdkwartier van de Verenigde Naties.

66b Afgelopen augustus vernielt een bomaanslag het hoofdkwartier van de Verenigde Naties.
 67a Afgelopen augustus verliet de president van Liberia het land.
 67b Afgelopen augustus verlaat de president van Liberia het land.
 68a Afgelopen augustus braken twee dijken nabij Utrecht en Rotterdam.
 68b Afgelopen augustus breken twee dijken nabij Utrecht en Rotterdam.
 69a Afgelopen september bereikte het ruimteschip Galileo de planeet Jupiter.
 69b Afgelopen september bereikt het ruimteschip Galileo de planeet Jupiter.
 70a Afgelopen september bereikte de orkaan Isabel de Verenigde Staten.
 70b Afgelopen september bereikt de orkaan Isabel de Verenigde Staten.
 71a Afgelopen september beleefden de Italiaanse steden een onverwachte stroomuitval.
 71b Afgelopen september beleven de Italiaanse steden een onverwachte stroomuitval.
 72a Afgelopen oktober won Ferrari het Formule 1 wereldkampioenschap.
 72b Afgelopen oktober wint Ferrari het Formule 1 wereldkampioenschap.
 73a Afgelopen oktober versnelde Noord Korea zijn nucleaire wapen programma.
 73b Afgelopen oktober versnelt Noord Korea zijn nucleaire wapen programma.
 74a Afgelopen oktober begon het seizoen van de moesson regens.
 74b Afgelopen oktober begint het seizoen van de moesson regens.
 75a Afgelopen november maakte oma een paar sokken voor opa.
 75b Afgelopen november maakt oma een paar sokken voor opa.
 76a Afgelopen november begon Clarence de training voor de marathon.
 76b Afgelopen november begint Clarence de training voor de marathon.
 77a Afgelopen november ontdekte Floris een oud proeflokaal in Amsterdam.
 77b Afgelopen november ontdekt Floris een oud proeflokaal in Amsterdam.
 78a Afgelopen december reisde Jacob naar Australië voor de zonsverduistering.
 78b Afgelopen december reist Jacob naar Australië voor de zonsverduistering.
 79a Afgelopen december nam Sinterklaas cadeautjes voor alle kinderen mee.
 79b Afgelopen december neemt Sinterklaas cadeautjes voor alle kinderen mee.
 80a Afgelopen december onderging Joachim een chirurgische ingreep tegen pancreatitis.
 80b Afgelopen december ondergaat Joachim een chirurgische ingreep tegen pancreatitis.
 81a De student kocht vorige week een nieuw treinabonnement.
 81b De student koopt vorige week een nieuw treinabonnement.
 82a De arbeiders van Philips begonnen vorige week een staking.
 82b De arbeiders van Philips beginnen vorige week een staking.
 83a De Europese commissie besprak vorige week de uitbreiding van Europa.
 83b De Europese commissie bespreekt vorige week de uitbreiding van Europa.
 84a Albert bezocht vorige maand een medische zendeling in Kongo.
 84b Albert bezoekt vorige maand een medische zendeling in Kongo.
 85a De koningin bezocht vorige maand een ziekenhuis voor kinderen.
 85b De koningin bezoekt vorige maand een ziekenhuis voor kinderen.
 86a Pierre verkocht vorige maand zijn albums van de Beatles.
 86b Pierre verkoopt vorige maand zijn albums van de Beatles.
 87a De Europese Unie besprak vorig jaar de nieuwe constitutie.
 87b De Europese Unie bespreekt vorig jaar de nieuwe constitutie.
 88a Renault presenteerde vorig jaar een nieuwe auto voor families.
 88b Renault presenteert vorig jaar een nieuwe auto voor families.
 89a Engeland besprak vorig jaar de invoering van de Euro.
 89b Engeland bespreekt vorig jaar de invoering van de Euro.
 90a De onderzoekers ontdekten vorige eeuw nieuwe behandelingen tegen kanker.
 90b De onderzoekers ontdekken vorige eeuw nieuwe behandelingen tegen kanker.
 91a Noorwegen werd vorige eeuw de grotere exporteur van olie.
 91b Noorwegen wordt vorige eeuw de grotere exporteur van olie.
 92a De Rolling Stones publiceerden afgelopen lente een nieuwe album.
 92b De Rolling Stones publiceren afgelopen lente een nieuwe album.
 93a De onderzoekers openden afgelopen lente een weerstation in Groenland.
 93b De onderzoekers openen afgelopen lente een weerstation in Groenland.
 94a De gemeente realiseerde afgelopen lente nieuwe woningen voor studenten.
 94b De gemeente realiseert afgelopen lente nieuwe woningen voor studenten.
 95a Nachtelijke onwreken kwamen afgelopen zomer vaker voor in continentaal Europa.
 95b Nachtelijke onwreken komen afgelopen zomer vaker voor in continentaal Europa.
 96a Het aantal toeristen in Spanje nam afgelopen zomer toe.
 96b Het aantal toeristen in Spanje neemt afgelopen zomer toe.
 97a Pierre beëindigde afgelopen zomer de vertaling van Max Havelaar.
 97b Pierre beëindigt afgelopen zomer de vertaling van Max Havelaar.
 98a De prijs van treinkaartjes in Nederland werd afgelopen herfst verhoogd.
 98b De prijs van treinkaartjes in Nederland wordt afgelopen herfst verhoogd.
 99a Jan begon afgelopen herfst zijn carrière als wiskunde leraar.
 99b Jan begint afgelopen herfst zijn carrière als wiskunde leraar.
 100a De studenten volgden afgelopen herfst een gevorderden cursus statistiek.

- 100b De studenten volgen afgelopen herfst een gevorderden cursus statistiek.
101a De familie bezocht afgelopen winter het carnaval in Maastricht.
101b De familie bezoeken afgelopen winter het carnaval in Maastricht.
102a De man ontmantelde afgelopen winter zijn serres in Friesland.
102b De man ontmantelt afgelopen winter zijn serres in Friesland.
103a De Europese productie van rauwe melk verminderde afgelopen winter.
103b De Europese productie van rauwe melk vermindert afgelopen winter.
104a Publieke kantoren waren afgelopen maandag gesloten in Den Haag.
104b Publieke kantoren zijn afgelopen maandag gesloten in Den Haag.
105a Oma vierde afgelopen maandag haar tachtigste verjaardag in Amsterdam.
105b Oma viert afgelopen maandag haar tachtigste verjaardag in Amsterdam.
106a De Europese eerste ministers verzamelden afgelopen maandag in Bonn.
106b De Europese eerste ministers verzamelen afgelopen maandag in Bonn.
107a De kinderen bezochten afgelopen dinsdag een fabriek van diamanten.
107b De kinderen bezoeken afgelopen dinsdag een fabriek van diamanten.
108a David verhuurde afgelopen dinsdag een film van Woody Allen.
108b David verhuurt afgelopen dinsdag een film van Woody Allen.
109a Anton ontdekte afgelopen dinsdag de gedichten van zijn grootvader.
109b Anton ontdekt afgelopen dinsdag de gedichten van zijn grootvader.
110a Hermann belde afgelopen woensdag zijn oude vrienden in Duitsland.
110b Hermann belt afgelopen woensdag zijn oude vrienden in Duitsland.
111a De man verkocht afgelopen woensdag zijn oude Engelse hoorn.
111b De man verkoopt afgelopen woensdag zijn oude Engelse hoorn.
112a De rector ontmoette afgelopen woensdag de minister voor onderwijs.
112b De rector ontmoet afgelopen woensdag de minister voor onderwijs.
113a Anne verving afgelopen donderdag de banden van haar auto.
113b Anne vervangt afgelopen donderdag de banden van haar auto.
114a Jacques begon afgelopen donderdag de Nederlandse opstand te bestuderen.
114b Jacques begint afgelopen donderdag de Nederlandse opstand te bestuderen.
115a De arbeiders stakten afgelopen donderdag tegen het nieuw shiftsysteem.
115b De arbeiders staken afgelopen donderdag tegen het nieuw shiftsysteem.
116a De managers hadden afgelopen vrijdag een diner in Nijmegen.
116b De managers hebben afgelopen vrijdag een diner in Nijmegen.
117a George kocht afgelopen vrijdag twee tickets voor de bioscoop.
117b George koopt afgelopen vrijdag twee tickets voor de bioscoop.
118a De toegang tot alle musea was afgelopen vrijdag gratis.
118b De toegang tot alle musea is afgelopen vrijdag gratis.
119a Klaas las afgelopen zaterdag een boek over de Italiaanse keuken.
119b Klaas leest afgelopen zaterdag een boek over de Italiaanse keuken.
120a Robert snoeide afgelopen zaterdag de oude kersenboom van opa.
120b Robert snoeit afgelopen zaterdag de oude kersenboom van opa.
121a De student lakte afgelopen zaterdag zijn fiets licht blauw.
121b De student lakt afgelopen zaterdag zijn fiets licht blauw.
122a Gerard zette afgelopen zondag twee honderd euro in op Feyenoord.
122b Gerard zet afgelopen zondag twee honderd euro in op Feyenoord.
123a Pablo reisde afgelopen zondag naar Madrid voor een stierengevecht.
123b Pablo reist afgelopen zondag naar Madrid voor een stierengevecht.
124a Paul maakte afgelopen zondag een vlieger met zijn zoon.
124b Paul maakt afgelopen zondag een vlieger met zijn zoon.
125a Het ministerie van Binnenlandse Zaken hield afgelopen januari een volkstelling.
125b Het ministerie van Binnenlandse Zaken houdt afgelopen januari een volkstelling.
126a De autoriteiten sloten afgelopen januari de Mont Blanc tunnel.
126b De autoriteiten sluiten afgelopen januari de Mont Blanc tunnel.
127a Oscar reisde afgelopen januari naar Praag voor zijn vakanties.
127b Oscar reist afgelopen januari naar Praag voor zijn vakanties.
128a De hockey speler verliet afgelopen februari de rolstoel definitief.
128b De hockey speler verlaat afgelopen februari de rolstoel definitief.
129a De minister van justitie verliet afgelopen februari het kabinet.
129b De minister van justitie verlaat afgelopen februari het kabinet.
130a Marije ontmoette afgelopen februari haar tweede achternicht.
130b Marije ontmoet afgelopen februari haar tweede achternicht.
131a Martin bezocht afgelopen maart een oude boekwinkel in Rome.
131b Martin bezoekt afgelopen maart een oude boekwinkel in Rome.
132a Willem probeerde afgelopen maart bungee jumping voor het eerst.
132b Willem probeert afgelopen maart bungee jumping voor het eerst.
133a Het meisje staakte afgelopen maart de therapie tegen astma.
133b Het meisje staakt afgelopen maart de therapie tegen astma.
134a Arthur maakte afgelopen april een chocolade ei voor Pasen.

- 134b Arthur maakt afgelopen april een chocolade ei voor Pasen.
 135a Robert plaatst afgelopen april zijn naam in de telefoongids.
 135b Robert plaatst afgelopen april zijn naam in de telefoongids.
 136a De familie bezoekt afgelopen april Zuid-Italië en Griekland.
 136b De familie bezoekt afgelopen april Zuid-Italië en Griekland.
 137a Het orkest van Wenen speelde afgelopen mei in Tokio.
 137b Het orkest van Wenen speelt afgelopen mei in Tokio.
 138a Erika bezoekt afgelopen mei de tulpen velden in Lisse.
 138b Erika bezoekt afgelopen mei de tulpen velden in Lisse.
 139a Jan bezoekt afgelopen mei de steden aan de Donau.
 139b Jan bezoekt afgelopen mei de steden aan de Donau.
 140a Het Europese golf kampioenschap begon afgelopen juni in Spanje.
 140b Het Europese golf kampioenschap begint afgelopen juni in Spanje.
 141a De architect presenteerde afgelopen juni zijn kantoorgebouw in Parijs.
 141b De architect presenteert afgelopen juni zijn kantoorgebouw in Parijs.
 142a Sarah werkte afgelopen juni voor een radio in Londen.
 142b Sarah werkt afgelopen juni voor een radio in Londen.
 143a De koffie-export uit Colombia nam afgelopen juli toe.
 143b De koffie-export uit Colombia neemt afgelopen juli toe.
 144a De jongen sloot afgelopen juli zijn mobiele telefoon contract.
 144b De jongen sluit afgelopen juli zijn mobiele telefoon contract.
 145a Een elektronisch muziek festival begon afgelopen juli in Barcelona.
 145b Een elektronisch muziek festival begint afgelopen juli in Barcelona.
 146a Beatrix koos afgelopen augustus de school voor haar dochter.
 146b Beatrix kiest afgelopen augustus de school voor haar dochter.
 147a Pieter organiseerde afgelopen augustus een reis door Zuid-Amerika.
 147b Pieter organiseert afgelopen augustus een reis door Zuid-Amerika.
 148a De Amsterdamse politie verwijderde afgelopen augustus alle achtergelaten fietsen.
 148b De Amsterdamse politie verwijdert afgelopen augustus alle achtergelaten fietsen.
 149a De universiteit van Brussel veranderde afgelopen september zijn naam.
 149b De universiteit van Brussel verandert afgelopen september zijn naam.
 150a Doris beëindigde afgelopen september haar proefschrift over de apartheid.
 150b Doris beëindigt afgelopen september haar proefschrift over de apartheid.
 151a De man verliet afgelopen september zijn woning aan de Prinsengracht.
 151b De man verlaat afgelopen september zijn woning aan de Prinsengracht.
 152a Margret maakte afgelopen oktober tientallen potten vruchtenjam.
 152b Margret maakt afgelopen oktober tientallen potten vruchtenjam.
 153a De Griekse burgers kozen afgelopen oktober hun nieuwe president.
 153b De Griekse burgers kiezen afgelopen oktober hun nieuwe president.
 154a Anna speelde afgelopen oktober schaak tegen de landelijk kampioen.
 154b Anna speelt afgelopen oktober schaak tegen de landelijk kampioen.
 155a De kinderen leerden afgelopen november te schilderen op porselein.
 155b De kinderen leren afgelopen november te schilderen op porselein.
 156a De mieren veroverden afgelopen november de provisiekast van Jacob.
 156b De mieren veroveren afgelopen november de provisiekast van Jacob.
 157a De student kocht afgelopen november een nieuwe laptop.
 157b De student koopt afgelopen november een nieuwe laptop.
 158a Olga bezocht afgelopen december haar ouders in Sint Petersburg.
 158b Olga bezoekt afgelopen december haar ouders in Sint Petersburg.
 159a Peter observeerde afgelopen december de maan met zijn telescoop.
 159b Peter observeert afgelopen december de maan met zijn telescoop.
 160a Erik kookte afgelopen december een groot kerst diner.
 160b Erik kookt afgelopen december een groot kerst diner.

Temporal connectives (pre-test)

- 1a Nadat het schip voorbij gevaren was, sloot de beamtbe de brug.
 1b De beamtbe sloot de brug nadat het schip voorbij gevaren was.
 1c Voordat de beamtbe de brug gesloten had, voer het schip voorbij.
 1d Het schip voer voorbij voordat de beamtbe de brug gesloten had.
 2a Nadat de student het boek gekocht had, ging hij naar de bibliotheek.
 2b De student ging naar de bibliotheek nadat hij het boek gekocht had.
 2c Voordat de student naar de bibliotheek ging, kocht hij het boek.
 2d De student kocht het boek voordat hij naar de bibliotheek ging.
 3a Nadat de kok de rijst bereid had, roosterde hij de vissen.
 3b De kok roosterde de vissen nadat hij de rijst bereid had.

3c Voordat de kok de vissen roosterde, bereidde hij de rijst.
 3d De kok bereidde de rijst voordat hij de vissen roosterde.
 4a Nadat de lerarees suikergoed gekocht had, bezocht zij de kinderen.
 4b De lerarees bezocht de kinderen nadat zij suikergoed gekocht had.
 4c Voordat de lerarees de kinderen bezocht, kocht zij suikergoed.
 4d De lerarees kocht suikergoed voordat zij de kinderen bezocht.
 5a Nadat de klant de auto zorgvuldig gecontroleerd had, kocht hij hem.
 5b De klant kocht de auto nadat hij hem zorgvuldig gecontroleerd had.
 5c Voordat de klant de auto kocht, controleerde hij hem zorgvuldig.
 5d De klant controleerde de auto zorgvuldig voordat hij hem kocht.
 6a Nadat de werknemers lunch hadden gehad, gingen zij werken.
 6b De werknemers gingen werken nadat zij lunch hadden gehad.
 6c Voordat de werknemers gingen werken, hadden zij lunch.
 6d De werknemers hadden lunch voordat zij gingen werken.
 7a Nadat de patint de kamer ingegaan was, sloot de arts de deur.
 7b De arts sloot de deur nadat de patint de kamer ingegaan was.
 7c Voordat de arts de deur gesloten had, ging de patint de kamer in.
 7d De patint ging de kamer in voordat de arts de deur gesloten had.
 8a Nadat Doris haar graad behaald had, reisde zij rond de wereld.
 8b Doris reisde rond de wereld nadat zij haar graad behaald had.
 8c Voordat Doris rond de wereld reisde, behaalde zij haar graad.
 8d Doris behaalde haar graad voordat zij rond de wereld reisde.
 9a Nadat Diderot gestorven was, begon de Franse revolutie.
 9b De Franse revolutie begon nadat Diderot gestorven was.
 9c Voordat de Franse revolutie begonnen was, stierf Diderot.
 9d Diderot stierf voordat de Franse revolutie begonnen was.
 10a Nadat de rechter naar de advocaten geluisterd had, sprak hij het vonnis uit.
 10b De rechter sprak het vonnis uit nadat hij naar de advocaten geluisterd had.
 10c Voordat de rechter het vonnis uitsprak, luisterde hij naar de advocaten.
 10d De rechter luisterde naar de advocaten voordat hij het vonnis uitsprak.
 11a Voordat de marine haar sleepboten inzette, bereikte de olietanker het klif.
 11b De olietanker bereikte het klif voordat de marine haar sleepboten inzette.
 11c Nadat de olietanker het klif bereikt had, zette de marine haar sleepboten in.
 11d De marine zette haar sleepboten in nadat de olietanker het klif bereikt had.
 12a Nadat de directeur Willem ontslagen had, verliet hij zijn werk.
 12b Willem verliet zijn werk nadat de directeur hem ontslagen had.
 12c Voordat Willem zijn werk verliet, ontsloeg de directeur hem.
 12d De directeur ontsloeg Willem voordat hij zijn werk verliet.
 13a Voordat Marie had gezegd dat zij bezig was, nodigde Henk haar uit.
 13b Henk nodigde Marie uit voordat zij had gezegd dat zij bezig was.
 13c Nadat Henk Marie uitgenodigd had, zei zij dat zij bezig was.
 13d Marie zei dat zij bezig was nadat Henk haar uitgenodigd had.
 14a Nadat de partners het contract ondertekend hadden, debatteerden zij.
 14b De partners debatteerden nadat zij het contract ondertekend hadden.
 14c Voordat de partners debatteerden, ondertekenden zij het contract.
 14d De partners ondertekenden het contract voordat zij debatteerden.
 15a Nadat Vincent het lezen beindigd had, sloot Maaïke het boek.
 15b Maaïke sloot het boek nadat Vincent het lezen beindigd had.
 15c Voordat Maaïke het boek gesloten had, beindigde Vincent het lezen.
 15d Vincent beindigde het lezen voordat Maaïke het boek gesloten had.
 16a Voordat Paul de vaas greep, viel deze van de tafel.
 16b De vaas viel van de tafel voordat Paul haar greep.
 16c Nadat de vaas van de tafel gevallen was, greep Paul haar.
 16d Paul greep de vaas nadat deze van de tafel gevallen was.
 17a Nadat Jan zijn werk verlaten gehad, begon zijn gezondheid te verbeteren.
 17b De gezondheid van Jan begon te verbeteren nadat hij zijn werk verlaten gehad.
 17c Voordat zijn gezondheid begon te verbeteren, verliet Jan zijn werk.
 17d Jan verliet zijn werk voordat zijn gezondheid begon te verbeteren.
 18a Nadat de psycholoog het artikel ingediend had, veranderde het tijdschrift zijn beleid.
 18b Het tijdschrift veranderde zijn beleid nadat de psycholoog het artikel ingediend had.
 18c Voordat het tijdschrift zijn beleid veranderd had, diende de psycholoog het artikel in.
 18d De psycholoog diende het artikel in voordat het tijdschrift zijn beleid veranderd had.
 19a Nadat Mario een baan gevonden had, besloot hij een huis te kopen.
 19b Mario besloot een huis te kopen nadat hij een baan gevonden had.
 19c Voordat Mario besloot een huis te kopen, vond hij een baan.
 19d Mario vond een baan voordat hij besloot een huis te kopen.
 20a Nadat Max de binnenplaats bereikt had, beet de hond in zijn voet.
 20b De hond beet in zijn voet nadat Max de binnenplaats bereikt had.

20c Voordat de hond in zijn voet beet, bereikte Max de binnenplaats.
 20d Max bereikte de binnenplaats voordat de hond in zijn voet beet.
 21a Voordat het concert begonnen was, verliet de pianist het orkest.
 21b De pianist verliet het orkest voordat het concert begonnen was.
 21c Nadat de pianist het orkest verlaten had, begon het concert.
 21d Het concert begon nadat de pianist het orkest verlaten had.
 22a Voordat de oorlog begon, ondertekende de president het verdrag.
 22b De president ondertekende het verdrag voordat de oorlog begon.
 22c Nadat de president het verdrag ondertekend had, begon de oorlog.
 22d De oorlog begon nadat de president het verdrag ondertekend had.
 23a Nadat de doelman de bal geraakt had, ging deze de lijn over.
 23b De bal ging de lijn over nadat de doelman hem geraakt had.
 23c Voordat de bal over de lijn ging, raakte de doelman hem.
 23d De doelman raakte de bal voordat deze over de lijn ging.
 24a Nadat de boer de druiven geoogst had, vraten de parasieten ze op.
 24b De parasieten vraten de druiven op nadat de boer ze geoogst had.
 24c Voordat de parasieten de druiven opgevreten hadden, oogste de boer ze.
 24d De boer oogste de druiven voordat de parasieten ze opgevreten hadden.
 25a Nadat de klimmer zijn been gebroken had, bereikte hij de bovenkant.
 25b De klimmer bereikte de bovenkant nadat hij zijn been gebroken had.
 25c Voordat de klimmer de bovenkant bereikt had, brak hij zijn been.
 25d De klimmer brak zijn been voordat hij de bovenkant bereikt had.
 26a Nadat de brandweer aangekomen was, vernietigde de brand het bos.
 26b De brand vernietigde het bos nadat de brandweer aangekomen was.
 26c Voordat de brand het bos vernietigd had, kwam de brandweer aan.
 26d De brandweer kwam aan voordat de brand het bos vernietigd had.
 27a Nadat de bemanning de bolster gerepareerd had, zonk het schip.
 27b Het schip zonk nadat de bemanning de bolster gerepareerd had.
 27c Voordat het schip zonk, repareerde de bemanning de bolster.
 27d De bemanning repareerde de bolster voordat het schip zonk.
 28a Nadat de walvisjacht werd verboden, verdwenen de walvissen uit de baai.
 28b De walvissen verdwenen uit de baai nadat de walvisjacht werd verboden.
 28c Voordat de walvissen uit de baai verdwenen, werd de walvisjacht verboden.
 28d De walvisjacht werd verboden voordat de walvissen uit de baai verdwenen.
 29a Nadat Anne Nederland verlaten had, zag zij haar kleinkinderen.
 29b Anne zag haar kleinkinderen nadat zij Nederland verlaten had.
 29c Voordat Anne haar kleinkinderen gezien had, verliet zij Nederland.
 29d Anne verliet Nederland voordat zij haar kleinkinderen gezien had.
 30a Nadat Karin de doos verborgen had, at Anton alle koekjes op.
 30b Anton at alle koekjes op, nadat Karin de doos verborgen had.
 30c Voordat Anton alle koekjes opgegeten had, verborg Karin de doos.
 30d Karin verborg de doos voordat Anton alle koekjes opat.
 31a Nadat de metselaars ophielden met werken, was het huis af.
 31b Het huis was af nadat de metselaars ophielden met werken.
 31c Voordat het huis af was, hielden de metselaars op met werken.
 31d De metselaars hielden op met werken voordat het huis af was.
 32a Nadat de auto kapot gegaan was, kwam de echtgenoot aan bij de kerk.
 32b De echtgenoot kwam aan bij de kerk nadat de auto kapot gegaan was.
 32c Voordat de echtgenoot bij de kerk aangekomen was, ging de auto kapot.
 32d De auto ging kapot voordat de echtgenoot bij de kerk aangekomen was.
 33a Nadat de crimineel ontsnapt was, stopte de politie hem in de gevangenis.
 33b De politie stopte de crimineel in de gevangenis nadat hij ontsnapt was.
 33c Voordat de politie de crimineel in gevangenis gestopt had, ontsnapte hij.
 33d De crimineel ontsnapte voordat de politie hem in de gevangenis gestopt had.
 34a Nadat de Belgische troepen zich overgegeven had, begon de slag.
 34b De slag begon nadat de Belgische troepen zich overgegeven hadden.
 34c Voordat de slag begonnen was, gaven de Belgische troepen zich over.
 34d De Belgische troepen gaven zich over voordat de slag begonnen was.
 35a Nadat de regering de politie ingezet had, organiseerden de rebellen de opstand.
 35b De rebellen organiseerden de opstand nadat de regering de politie ingezet had.
 35c Voordat de rebellen de opstand georganiseerd hadden, zette de regering de politie in.
 35d De regering zette de politie in voordat de rebellen de opstand georganiseerd hadden.
 36a Voordat Jannie zijn verhouding ontdekte, verborg Piet de brieven.
 36b Piet verborg de brieven voordat Jannie zijn verhouding ontdekte.
 36c Nadat Piet de brieven verborgen had, ontdekte Jannie zijn verhouding.
 36d Jannie ontdekte zijn verhouding nadat Piet de brieven verborgen had.
 37a Nadat Niels de auto bijgestuurd had, botste hij tegen een boom.
 37b De auto botste tegen een boom nadat Niels hem bijgestuurd had.

- 37c Voordat de auto tegen een boom botste, stuurde Niels hem bij.
- 37d Niels stuurde de auto bij voordat hij tegen een boom botste.
- 38a Nadat Marco het gebouw ingegaan was, controleerde de bewaker zijn pas.
- 38b De bewaker controleerde zijn pas nadat Marco het gebouw ingegaan was.
- 38c Voordat de bewaker zijn pas gecontroleerd had, ging Marco het gebouw in.
- 38d Marco ging het gebouw in voordat de bewaker zijn pas gecontroleerd had.
- 39a Nadat de computer uitgegaan was, beëindigde Maarten zijn werk.
- 39b Maarten beëindigde zijn werk nadat de computer uitgegaan was.
- 39c Voordat Maarten zijn werk beëindigd had, ging de computer uit.
- 39d De computer ging uit voordat Maarten zijn werk beëindigd had.
- 40a Nadat de leraar het schoolbord schoon geveegd had, kopieerde Klaas het tentamen.
- 40b Klaas kopieerde het tentamen nadat de leraar het schoolbord schoon geveegd had.
- 40c Voordat Klaas het tentamen gekopieerd had, veegde de leraar het schoolbord schoon.
- 40d De leraar veegde het schoolbord schoon voordat Klaas het tentamen gekopieerd had.

Temporal connectives (ERP)

- 1a Nadat het houten schip voorbij gevaren was, sloot de beambte de brug.
- 1b De beambte sloot de brug nadat het houten schip voorbij gevaren was.
- 1c Voordat de beambte de brug gesloten had, voer het houten schip voorbij.
- 1d Het houten schip voer voorbij voordat de beambte de brug gesloten had.
- 2a Nadat de secretaresse de bibliotheek verlaten had, stal de student het boek.
- 2b De student stal het boek nadat de secretaresse de bibliotheek verlaten had.
- 2c Voordat de student het boek gestolen had, verliet de secretaresse de bibliotheek.
- 2d De secretaresse verliet de bibliotheek voordat de student het boek gestolen had.
- 3a Nadat de assistent de rijst bereid had, roosterde de kok de vissen.
- 3b De kok roosterde de vissen nadat de assistent de rijst bereid had.
- 3c Voordat de kok de vissen geroosterd had, bereidde de assistent de rijst.
- 3d De assistent bereidde de rijst voordat de kok de vissen geroosterd had.
- 4a Nadat de oom een taart gekocht had, bezocht de tante de kinderen.
- 4b De tante bezocht de kinderen nadat de oom een taart gekocht had.
- 4c Voordat de tante de kinderen bezocht had, kocht de oom een taart.
- 4d De oom kocht een taart voordat de tante de kinderen bezocht had.
- 5a Nadat de automonteur de banden gecontroleerd had, probeerde de klant de auto.
- 5b De klant probeerde de auto nadat de automonteur de banden gecontroleerd had.
- 5c Voordat de klant de auto geprobeerd had, controleerde de automonteur de banden.
- 5d De automonteur controleerde de banden voordat de klant de auto geprobeerd had.
- 6a Nadat de werknemers hun lunch hadden gehad, bereikte de directeur het restaurant.
- 6b De directeur bereikte het restaurant nadat de werknemers hun lunch hadden gehad.
- 6c Voordat de directeur het restaurant bereikt had, hadden de werknemers hun lunch.
- 6d De werknemers hadden hun lunch voordat de directeur het restaurant bereikt had.
- 7a Nadat de arts de deur geopend had, betrad de patiënt de kamer.
- 7b De patiënt betrad de kamer nadat de arts de deur geopend had.
- 7c Voordat de patiënt de kamer betreden had, opende de arts de deur.
- 7d De arts opende de deur voordat de patiënt de kamer betreden had.
- 8a Nadat het meisje haar diploma behaald had, reisde de familie naar Australië.
- 8b De familie reisde naar Australië nadat het meisje haar diploma behaald had.
- 8c Voordat de familie naar Australië gereisd was, behaalde het meisje haar diploma.
- 8d Het meisje behaalde haar diploma voordat de familie naar Australië gereisd was.
- 9a Nadat de burgemeester de gasten verzameld had, bereikte de koningin de stad.
- 9b De koningin bereikte de stad nadat de burgemeester de gasten verzameld had.
- 9c Voordat de koningin de stad bereikt had, verzamelde de burgemeester de gasten.
- 9d De burgemeester verzamelde de gasten voordat de koningin de stad bereikt had.
- 10a Nadat de rechter het vonnis gelezen had, verlieten de advocaten de zaal.
- 10b De advocaten verlieten de zaal nadat de rechter het vonnis gelezen had.
- 10c Voordat de advocaten de zaal verlaten hadden, las de rechter het vonnis.
- 10d De rechter las het vonnis voordat de advocaten de zaal verlaten hadden.
- 11a Nadat de student de stereo geopend had, verving de elektricien de transistor.
- 11b De elektricien verving de transistor nadat de student de stereo geopend had.
- 11c Voordat de elektricien de transistor vervangen had, opende de student de stereo.
- 11d De student opende de stereo voordat de elektricien de transistor vervangen had.
- 12a Nadat de secretaresse de kantoren gebeld had, ontsloeg de directeur de werknemers.
- 12b De directeur ontsloeg de werknemers nadat de secretaresse de kantoren gebeld had.
- 12c Voordat de directeur de werknemers ontslagen had, belde de secretaresse de kantoren.
- 12d De secretaresse belde de kantoren voordat de directeur de werknemers ontslagen had.
- 13a Nadat malaria de hele archipel besmet had, reisde de missionaris naar Indonesië.
- 13b De missionaris reisde naar Indonesië nadat malaria de hele archipel besmet had.

- 13c Voordat de missionaris naar Indonesië gereisd was, besmette malaria de hele archipel.
- 13d Malaria besmette de hele archipel voordat de missionaris naar Indonesië gereisd was.
- 14a Nadat de consulent de begroting bekeken had, ondertekende de manager het contract.
- 14b De manager ondertekende het contract nadat de consulent de begroting bekeken had.
- 14c Voordat de manager het contract ondertekend had, bekeek de consulent de begroting.
- 14d De consulent bekeek de begroting voordat de manager het contract ondertekend had.
- 15a Nadat de man het lezen beëindigd had, sloot de vrouw het boek.
- 15b De vrouw sloot het boek nadat de man het lezen beëindigd had.
- 15c Voordat de vrouw het boek gesloten had, beëindigd de man het lezen.
- 15d De man beëindigd het lezen voordat de vrouw het boek gesloten had.
- 16a Nadat de revolutie in Frankrijk geëindigd indigd was, stierf de grote filosoof Kant.
- 16b De grote filosoof Kant stierf nadat de revolutie in Frankrijk geëindigd was.
- 16c Voordat de grote filosoof Kant gestorven was, eindigde de revolutie in Frankrijk.
- 16d De revolutie in Frankrijk eindigde voordat de grote filosoof Kant gestorven was.
- 17a Nadat de familie naar Argentinië verhuisd was, vond de oom een baan.
- 17b De oom vond een baan nadat de familie naar Argentinië verhuisd was.
- 17c Voordat de oom een baan gevonden had, verhuisde de familie naar Argentinië.
- 17d De familie verhuisde naar Argentinië voordat de oom een baan gevonden had.
- 18a Nadat de professor het artikel geschreven had, corrigeerde de assistent de voetnoten.
- 18b De assistent corrigeerde de voetnoten nadat de professor het artikel geschreven had.
- 18c Voordat de assistent de voetnoten gecorrigeerd had, schreef de professor het artikel.
- 18d De professor schreef het artikel voordat de assistent de voetnoten gecorrigeerd had.
- 19a Nadat de klant een Ferrari gekocht had, sloot de dealer het autobedrijf.
- 19b De dealer sloot het autobedrijf nadat de klant een Ferrari gekocht had.
- 19c Voordat de dealer het autobedrijf gesloten had, kocht de klant een Ferrari.
- 19d De klant kocht een Ferrari voordat de dealer het autobedrijf gesloten had.
- 20a Nadat de man de huisdeur geopend had, stopte de hond met blaffen.
- 20b De hond stopte met blaffen nadat de man de huisdeur geopend had.
- 20c Voordat de hond gestopt was met blaffen, opende de man de huisdeur.
- 20d De man opende de huisdeur voordat de hond gestopt was met blaffen.
- 21a Nadat de moeder de trein gehaald had, vond het kind twee zitplaatsen.
- 21b Het kind vond twee zitplaatsen nadat de moeder de trein gehaald had.
- 21c Voordat het kind twee zitplaatsen gevonden had, haalde de moeder de trein.
- 21d De moeder haalde de trein voordat het kind twee zitplaatsen gevonden had.
- 22a Nadat de jongen de auto geparkeerd had, opende het meisje het raam.
- 22b Het meisje opende het raam nadat de jongen de auto geparkeerd had.
- 22c Voordat het meisje het raam geopend had, parkeerde de jongen de auto.
- 22d De jongen parkeerde de auto voordat het meisje het raam geopend had.
- 23a Nadat de Amerikaanse president Berlijn verlaten had, vluchtte de spion naar Moskou.
- 23b De spion vluchtte naar Moskou nadat de Amerikaanse president Berlijn verlaten had.
- 23c Voordat de spion naar Moskou gevlucht was, verliet de Amerikaanse president Berlijn.
- 23d De Amerikaanse president verliet Berlijn voordat de spion naar Moskou gevlucht was.
- 24a Nadat de coach de training gestopt had, bereikte het team de kleedkamer.
- 24b Het team bereikte de kleedkamer nadat de coach de training gestopt had.
- 24c Voordat het team de kleedkamer bereikt had, stopte de coach de training.
- 24d De coach stopte de training voordat het team de kleedkamer bereikt had.
- 25a Nadat de kinderen de stoelen gebracht hadden, serveerde oma de warme soep.
- 25b Oma serveerde de warme soep nadat de kinderen de stoelen gebracht hadden.
- 25c Voordat oma de warme soep geserveerd had, brachten de kinderen de stoelen.
- 25d De kinderen brachten de stoelen voordat oma de warme soep geserveerd had.
- 26a Nadat de dief het portret gestolen had, belde de bewaker de politie.
- 26b De bewaker belde de politie nadat de dief het portret gestolen had.
- 26c Voordat de bewaker de politie gebeld had, stal de dief het portret.
- 26d De dief stal het portret voordat de bewaker de politie gebeld had.
- 27a Nadat de vrienden de discotheek bereikt hadden, kocht de jongen de kaartjes.
- 27b De jongen kocht de kaartjes nadat de vrienden de discotheek bereikt hadden.
- 27c Voordat de jongen de kaartjes gekocht had, bereikten de vrienden de discotheek.
- 27d De vrienden bereikten de discotheek voordat de jongen de kaartjes gekocht had.
- 28a Nadat de chauffeur de auto geparkeerd had, bereikte de chirurg het ziekenhuis.
- 28b De chirurg bereikte het ziekenhuis nadat de chauffeur de auto geparkeerd had.
- 28c Voordat de chirurg het ziekenhuis bereikt had, parkeerde de chauffeur de auto.
- 28d De chauffeur parkeerde de auto voordat de chirurg het ziekenhuis bereikt had.
- 29a Nadat het kind een gat gemaakt had, begroef de hond het bot.
- 29b De hond begroef het bot nadat het kind een gat gemaakt had.
- 29c Voordat de hond het bot begraven had, maakte het kind een gat.
- 29d Het kind maakte een gat voordat de hond het bot begraven had.
- 30a Nadat de vrouw de laarzen gevonden had, ging de oude man vissen.
- 30b De oude man ging vissen nadat de vrouw de laarzen gevonden had.

30c Voordat de oude man was gegaan vissen, vond de vrouw de laarzen.
30d De vrouw vond de laarzen voordat de oude man was gegaan vissen.
31a Nadat de partij de verkiezingen verloren had, staakte de politicus zijn carrière.
31b De politicus staakte zijn carrière nadat de partij de verkiezingen verloren had.
31c Voordat de politicus zijn carrière gestaakt had, verloor de partij de verkiezingen.
31d De partij verloor de verkiezingen voordat de politicus zijn carrière gestaakt had.
32a Nadat opa de vernielde tomaten geoogst had, vervloekte de oom de hagel.
32b De oom vervloekte de hagel nadat opa de vernielde tomaten geoogst had.
32c Voordat de oom de hagel vervloekt had, oogstte opa de vernielde tomaten.
32d Opa oogstte de vernielde tomaten voordat de oom de hagel vervloekt had.
33a Nadat de student warme koffie gebracht had, gaf de leraar het tentamen.
33b De leraar gaf het tentamen nadat de student warme koffie gebracht had.
33c Voordat de leraar het tentamen gegeven had, bracht de student warme koffie.
33d De student bracht warme koffie voordat de leraar het tentamen gegeven had.
34a Nadat de kapitein het schip verankerd had, verliet de bemanning de haven.
34b De bemanning verliet de haven nadat de kapitein het schip verankerd had.
34c Voordat de bemanning de haven verlaten had, verankerde de kapitein het schip.
34d De kapitein verankerde het schip voordat de bemanning de haven verlaten had.
35a Nadat de kinderen warme chocolademelk gedronken hadden, waste de moeder de kopjes.
35b De moeder waste de kopjes nadat de kinderen warme chocolademelk gedronken hadden.
35c Voordat de moeder de kopjes gewassen had, dronken de kinderen warme chocolademelk.
35d De kinderen dronken warme chocolademelk voordat de moeder de kopjes gewassen had.
36a Nadat de man een koffer gekocht had, bereikte de vrouw de luchthaven.
36b De vrouw bereikte de luchthaven nadat de man een koffer gekocht had.
36c Voordat de vrouw de luchthaven bereikt had, kocht de man een koffer.
36d De man kocht een koffer voordat de vrouw de luchthaven bereikt had.
37a Nadat de monteur het vliegtuig gecontroleerd had, verliet de piloot de hangar.
37b De piloot verliet de hangar nadat de monteur het vliegtuig gecontroleerd had.
37c Voordat de piloot de hangar verlaten had, controleerde de monteur het vliegtuig.
37d De monteur controleerde het vliegtuig voordat de piloot de hangar verlaten had.
38a Nadat de student de badkamer gereinigd had, verliet de moeder het appartement.
38b De moeder verliet het appartement nadat de student de badkamer gereinigd had.
38c Voordat de moeder het appartement verlaten had, reinigde de student de badkamer.
38d De student reinigde de badkamer voordat de moeder het appartement verlaten had.
39a Nadat de leraar de paragraaf geciteerd had, kocht de student het boek.
39b De student kocht het boek nadat de leraar de paragraaf geciteerd had.
39c Voordat de student het boek gekocht had, citeerde de leraar de paragraaf.
39d De leraar citeerde de paragraaf voordat de student het boek gekocht had.
40a Nadat de klant het dessert beëindigd had, serveerde de kelner de koffie.
40b De kelner serveerde de koffie nadat de klant het dessert beëindigd had.
40c Voordat de kelner de koffie geserveerd had, beëindigde de klant het dessert.
40d De klant beëindigde het dessert voordat de kelner de koffie geserveerd had.
41a Nadat de assistent zijn Engels verbeterd had, reisde de professor naar Oxford.
41b De professor reisde naar Oxford nadat de assistent zijn Engels verbeterd had.
41c Voordat de professor naar Oxford gereisd was, verbeterde de assistent zijn Engels.
41d De assistent verbeterde zijn Engels voordat de professor naar Oxford gereisd was.
42a Nadat de glaswerker de glazen gebracht had, monteerde de oom de vensters.
42b De oom monteerde de vensters nadat de glaswerker de glazen gebracht had.
42c Voordat de oom de vensters gemonteerd had, bracht de glaswerker de glazen.
42d De glaswerker bracht de glazen voordat de oom de vensters gemonteerd had.
43a Nadat de lange tweede wereldoorlog geëindigd was, stierf de wrede dictator Stalin.
43b De wrede dictator Stalin stierf nadat de lange tweede wereldoorlog geëindigd was.
43c Voordat de wrede dictator Stalin gestorven was, eindigde de lange tweede wereldoorlog.
43d De lange tweede wereldoorlog eindigde voordat de wrede dictator Stalin gestorven was.
44a Nadat de burgemeester het ziekenhuis gebeld had, evacueerde de brandweer de bewoners.
44b De brandweer evacueerde de bewoners nadat de burgemeester het ziekenhuis gebeld had.
44c Voordat de brandweer de bewoners geëvacueerd had, belde de burgemeester het ziekenhuis.
44d De burgemeester belde het ziekenhuis voordat de brandweer de bewoners geëvacueerd had.
45a Nadat de directeur door Italië gereisd had, verhuisde het bedrijf naar Florence.
45b Het bedrijf verhuisde naar Florence nadat de directeur door Italië gereisd had.
45c Voordat het bedrijf naar Florence verhuisd was, reisde de directeur door Italië.
45d De directeur reisde door Italië voordat het bedrijf naar Florence verhuisd was.
46a Nadat de bewaker het alarm gecontroleerd had, verlieten de werknemers het gebouw.
46b De werknemers verlieten het gebouw nadat de bewaker het alarm gecontroleerd had.
46c Voordat de werknemers het gebouw verlaten hadden, controleerde de bewaker het alarm.
46d De bewaker controleerde het alarm voordat de werknemers het gebouw verlaten hadden.
47a Nadat de minister het Kremlin verlaten had, kreeg de spion een telefoontje.
47b De spion kreeg een telefoontje nadat de minister het Kremlin verlaten had.

47c Voordat de spion een telefoontje gekregen had, verliet de minister het Kremlin.
 47d De minister verliet het Kremlin voordat de spion een telefoontje gekregen had.
 48a Nadat de dief de politie gezien had, startte de medeplichtige de auto.
 48b De medeplichtige startte de auto nadat de dief de politie gezien had.
 48c Voordat de medeplichtige de auto gestart had, zag de dief de politie.
 48d De dief zag de politie voordat de medeplichtige de auto gestart had.
 49a Nadat de moeder het zwembad bereikt had, begon het kind te zwemmen.
 49b Het kind begon te zwemmen nadat de moeder het zwembad bereikt had.
 49c Voordat het kind was begonnen te zwemmen, bereikte de moeder het zwembad.
 49d De moeder bereikte het zwembad voordat het kind was begonnen te zwemmen.
 50a Nadat de student zijn broodje gegeten had, rookte de leraar een sigaret.
 50b De leraar rookte een sigaret nadat de student zijn broodje gegeten had.
 50c Voordat de leraar een sigaret gerookt had, at de student zijn broodje.
 50d De student at zijn broodje voordat de leraar een sigaret gerookt had.
 51a Nadat de oom het appartement gemeubileerd had, belde de tante haar collegas.
 51b De tante belde haar collegas nadat de oom het appartement gemeubileerd had.
 51c Voordat de tante haar collegas gebeld had, meubileerde de oom het appartement.
 51d De oom meubileerde het appartement voordat de tante haar collegas gebeld had.
 52a Nadat de saxofonist was gestopt met spelen, verliet het publiek het lokaal.
 52b Het publiek verliet het lokaal nadat de saxofonist gestopt was met spelen.
 52c Voordat het publiek het lokaal verlaten had, stopte de saxofonist met spelen.
 52d De saxofonist stopte met spelen voordat het publiek het lokaal verlaten had.
 53a Nadat de secretaresse de directeur geïnformeerd had, begonnen de werknemers hun vakanties.
 53b De werknemers begonnen hun vakanties nadat de secretaresse de directeur geïnformeerd had.
 53c Voordat de werknemers hun vakanties begonnen waren, informeerde de secretaresse de directeur.
 53d De secretaresse informeerde de directeur voordat de werknemers hun vakanties begonnen waren.
 54a Nadat de Amsterdamse lucht grijs geworden was, opende de toerist de paraplu.
 54b De toerist opende de paraplu nadat de Amsterdamse lucht grijs geworden was.
 54c Voordat de toerist de paraplu geopend had, werd de Amsterdamse lucht grijs.
 54d De Amsterdamse lucht werd grijs voordat de toerist de paraplu geopend had.
 55a Nadat de reporters door Cuba gereisd hadden, veroordeelde de krant de dictatuur.
 55b De krant veroordeelde de dictatuur nadat de reporters door Cuba gereisd hadden.
 55c Voordat de krant de dictatuur veroordeeld had, reisden de reporters door Cuba.
 55d De reporters reisden door Cuba voordat de krant de dictatuur veroordeeld had.
 56a Nadat de acteur eerste minister geworden was, kreeg de president een hartaanval.
 56b De president kreeg een hartaanval nadat de acteur eerste minister geworden was.
 56c Voordat de president een hartaanval gekregen had, werd de acteur eerste minister.
 56d De acteur werd eerste minister voordat de president een hartaanval gekregen had.
 57a Nadat de jongen de banden gerepareerd had, fietste het meisje naar Marken.
 57b Het meisje fietste naar Marken nadat de jongen de banden gerepareerd had.
 57c Voordat het meisje naar Marken gefietst was, repareerde de jongen de banden.
 57d De jongen repareerde de banden voordat het meisje naar Marken gefietst was.
 58a Nadat de timmerman de mast gelakt had, verkocht de eigenaar het schip.
 58b De eigenaar verkocht het schip nadat de timmerman de mast gelakt had.
 58c Voordat de eigenaar het schip verkocht had, lakte de timmerman de mast.
 58d De timmerman lakte de mast voordat de eigenaar het schip verkocht had.
 59a Nadat de vader het dagblad gelezen had, scheurde de baby de bladzijden.
 59b De baby scheurde de bladzijden nadat de vader het dagblad gelezen had.
 59c Voordat de baby de bladzijden gescheurd had, las de vader het dagblad.
 59d De vader las het dagblad voordat de baby de bladzijden gescheurd had.
 60a Nadat de gids de reisbiljetten gekocht had, haalden de toeristen de tram.
 60b De toeristen haalden de tram nadat de gids de reisbiljetten gekocht had.
 60c Voordat de toeristen de tram gehaald hadden, kocht de gids de reisbiljetten.
 60d De gids kocht de reisbiljetten voordat de toeristen de tram gehaald hadden.
 61a Nadat de tante de appelen geschild had, bereidde oma haar beroemde taart.
 61b Oma bereidde haar beroemde taart nadat de tante de appelen geschild had.
 61c Voordat oma haar beroemde taart bereid had, schildte de tante de appelen.
 61d De tante schildte de appelen voordat oma haar beroemde taart bereid had.
 62a Nadat de elektricien de projector gerepareerd had, begon de professor de conferentie.
 62b De professor begon de conferentie nadat de elektricien de projector gerepareerd had.
 62c Voordat de professor de conferentie begonnen was, repareerde de elektricien de projector.
 62d De elektricien repareerde de projector voordat de professor de conferentie begonnen was.
 63a Nadat de jongen zijn proefwerk verplaatst had, kopiëerde de klasgenoot de antwoorden.
 63b De klasgenoot kopiëerde de antwoorden nadat de jongen zijn proefwerk verplaatst had.
 63c Voordat de klasgenoot de antwoorden gekopiëerd had, verplaatste de jongen zijn proefwerk.
 63d De jongen verplaatste zijn proefwerk voordat de klasgenoot de antwoorden gekopiëerd had.
 64a Nadat de tandarts rubberen handschoenen gepakt had, greep de patiënt de stoel.
 64b De patiënt greep de stoel nadat de tandarts rubberen handschoenen gepakt had.

64c Voordat de patiënt de stoel gegrepen had, pakte de tandarts rubberen handschoenen.
64d De tandarts pakte rubberen handschoenen voordat de patiënt de stoel gegrepen had.
65a Nadat de vader het weerbericht gelezen had, pakte de moeder de paraplu.
65b De moeder pakte de paraplu nadat de vader het weerbericht gelezen had.
65c Voordat de moeder de paraplu gepakt had, las de vader het weerbericht.
65d De vader las het weerbericht voordat de moeder de paraplu gepakt had.
66a Nadat de bewaker de bioscoop geopend had, kochten Marco en Linda popcorn.
66b Marco en Linda kochten popcorn nadat de bewaker de bioscoop geopend had.
66c Voordat Marco en Linda popcorn gekocht hadden, opende de bewaker de bioscoop.
66d De bewaker opende de bioscoop voordat Marco en Linda popcorn gekocht hadden.
67a Nadat de jongen de gewonden gezien had, belde het meisje het ziekenhuis.
67b Het meisje belde het ziekenhuis nadat de jongen de gewonden gezien had.
67c Voordat het meisje het ziekenhuis gebeld had, zag de jongen de gewonden.
67d De jongen zag de gewonden voordat het meisje het ziekenhuis gebeld had.
68a Nadat de man de kaarten gedeeld had, verliet de jongen het spel.
68b De jongen verliet het spel nadat de man de kaarten gedeeld had.
68c Voordat de jongen het spel verlaten had, deelde de man de kaarten.
68d De man deelde de kaarten voordat de jongen het spel verlaten had.
69a Nadat het meisje de supermarkt bereikt had, stal de man de fiets.
69b De man stal de fiets nadat het meisje de supermarkt bereikt had.
69c Voordat de man de fiets gestolen had, bereikte het meisje de supermarkt.
69d Het meisje bereikte de supermarkt voordat de man de fiets gestolen had.
70a Nadat de tante de postzegels gekocht had, verstuurden de kinderen de postkaarten.
70b De kinderen verstuurden de postkaarten nadat de tante de postzegels gekocht had.
70c Voordat de kinderen de postkaarten verstuurd hadden, kocht de tante de postzegels.
70d De tante kocht de postzegels voordat de kinderen de postkaarten verstuurd hadden.
71a Nadat de navigator het landingsveld bekeken had, besloot de piloot te landen.
71b De piloot besloot te landen nadat de navigator het landingsveld bekeken had.
71c Voordat de piloot besloten had te landen, bekeek de navigator het landingsveld.
71d De navigator bekeek het landingsveld voordat de piloot besloten had te landen.
72a Nadat de doelman zijn arm gebroken had, belde de coach de arts.
72b De coach belde de arts nadat de doelman zijn arm gebroken had.
72c Voordat de coach de arts gebeld had, brak de doelman zijn arm.
72d De doelman brak zijn arm voordat de coach de arts gebeld had.
73a Nadat de familie in Venetië gearriveerd was, kocht het kleintje een masker.
73b Het kleintje kocht een masker nadat de familie in Venetië gearriveerd was.
73c Voordat het kleintje een masker gekocht had, arriveerde de familie in Venetië.
73d De familie arriveerde in Venetië voordat het kleintje een masker gekocht had.
74a Nadat de leerling de kleuren bereid had, begon de meester te schilderen.
74b De meester begon te schilderen nadat de leerling de kleuren bereid had.
74c Voordat de meester begonnen was te schilderen, bereidde de leerling de kleuren.
74d De leerling bereidde de kleuren voordat de meester begonnen was te schilderen.
75a Nadat de muzikanten hun instrumenten gestemd hadden, begon de directeur het concert.
75b De directeur begon het concert nadat de muzikanten hun instrumenten gestemd hadden.
75c Voordat de directeur het concert begonnen was, stemden de muzikanten hun instrumenten.
75d De muzikanten stemden hun instrumenten voordat de directeur het concert begonnen was.
76a Nadat de hond de slaapkamer bereikt had, sloot het kind de deur.
76b Het kind sloot de deur nadat de hond de slaapkamer bereikt had.
76c Voordat het kind de deur gesloten had, bereikte de hond de slaapkamer.
76d De hond bereikte de slaapkamer voordat het kind de deur gesloten had.
77a Nadat de loodgieter de afvoer gereinigd had, vulde de vrouw het zwembad.
77b De vrouw vulde het zwembad nadat de loodgieter de afvoer gereinigd had.
77c Voordat de vrouw het zwembad gevuld had, reinigde de loodgieter de afvoer.
77d De loodgieter reinigde de afvoer voordat de vrouw het zwembad gevuld had.
78a Nadat de vader een computer gekocht had, leerden de kinderen te programmeren.
78b De kinderen leerden te programmeren nadat de vader een computer gekocht had.
78c Voordat de kinderen geleerd hadden te programmeren, kocht de vader een computer.
78d De vader kocht een computer voordat de kinderen geleerd hadden te programmeren.
79a Nadat de lange militaire dienst geëindigd was, verfden de jongens hun haar.
79b De jongens verfden hun haar nadat de lange militaire dienst geëindigd was.
79c Voordat de jongens hun haar geverfd hadden, eindigde de lange militaire dienst.
79d De lange militaire dienst eindigde voordat de jongens hun haar geverfd hadden.
80a Nadat opa het houten dak gerepareerd had, vernieuwde de oom het huis.
80b De oom vernieuwde het huis nadat opa het houten dak gerepareerd had.
80c Voordat de oom het huis vernieuwd had, repareerde opa het houten dak.
81a Nadat de verdachte zwarte auto verdwenen was, zag de agent de nummerplaat.
81b De agent zag de nummerplaat nadat de verdachte zwarte auto verdwenen was.
81c Voordat de agent de nummerplaat gezien had, verdween de verdachte zwarte auto.

81d De verdachte zwarte auto verdween voordat de agent de nummerplaat gezien had.

82a Nadat de oude Oriënt Express ontspoord was, arriveerden de passagiers in Istanbul.

82b De passagiers arriveerden in Istanbul nadat de oude Oriënt Express ontspoord was.

82c Voordat de passagiers in Istanbul gearriveerd waren, ontspoorde de oude Oriënt Express.

82d De oude Oriënt Express ontspoorde voordat de passagiers in Istanbul gearriveerd waren.

83a Nadat de doelman de bal gegrepen had, maakte de aanvaller een goal.

83b De aanvaller maakte een goal nadat de doelman de bal gegrepen had.

83c Voordat de aanvaller een goal gemaakt had, greep de doelman de bal.

83d De doelman greep de bal voordat de aanvaller een goal gemaakt had.

84a Nadat de boer de pesticiden gebruikt had, vernietigde de parasieten de druiven.

84b De parasieten vernietigden de druiven nadat de boer de pesticiden gebruikt had.

84c Voordat de parasieten de druiven vernietigd hadden, gebruikte de boer de pesticiden.

84d De boer gebruikte de pesticiden voordat de parasieten de druiven vernietigd hadden.

85a Nadat de mannen gestopt waren met klimmen, bereikte de expeditie de top.

85b De expeditie bereikte de top nadat de mannen gestopt waren met klimmen.

85c Voordat de expeditie de top bereikt had, stopten de mannen met klimmen.

85d De mannen stopten met klimmen voordat de expeditie de top bereikt had.

86a Nadat de brandweer het bos bereikt had, vernietigde de brand alle bomen.

86b De brand vernietigde alle bomen nadat de brandweer het bos bereikt had.

86c Voordat de brand alle bomen vernietigd had, bereikte de brandweer het bos.

86d De brandweer bereikte het bos voordat de brand alle bomen vernietigd had.

87a Nadat de bemanning de bolster gerepareerd had, zonk het schip in zee.

87b Het schip zonk in zee nadat de bemanning de bolster gerepareerd had.

87c Voordat het schip in zee gezonken was, repareerde de bemanning de bolster.

87d De bemanning repareerde de bolster voordat het schip in zee gezonken was.

88a Nadat de regering de walvisjacht verboden had, verdwenen de walvissen uit Alaska.

88b De walvissen verdwenen uit Alaska nadat de regering de walvisjacht verboden had.

88c Voordat de walvissen uit Alaska verdwenen waren, verbood de regering de walvisjacht.

88d De regering verbood de walvisjacht voordat de walvissen uit Alaska verdwenen waren.

89a Nadat de familie het land verlaten had, zag de grootmoeder haar kleinkinderen.

89b De grootmoeder zag haar kleinkinderen nadat de familie het land verlaten had.

89c Voordat de grootmoeder haar kleinkinderen gezien had, verliet de familie het land.

89d De familie verliet het land voordat de grootmoeder haar kleinkinderen gezien had.

90a Nadat de moeder de doos verborgen had, aten de kinderen alle koekjes.

90b De kinderen aten alle koekjes nadat de moeder de doos verborgen had.

90c Voordat de kinderen alle koekjes gegeten hadden, verborg de moeder de doos.

90d De moeder verborg de doos voordat de kinderen alle koekjes gegeten hadden.

91a Nadat de bewaker de cel gesloten had, ontsnapte de zeer gevaarlijke moordenaar.

91b De zeer gevaarlijke moordenaar ontsnapte nadat de bewaker de cel gesloten had.

91c Voordat de zeer gevaarlijke moordenaar ontsnapte was, sloot de bewaker de cel.

91d De bewaker sloot de cel voordat de zeer gevaarlijke moordenaar ontsnapte was.

92a Nadat de oude auto kapot gegaan was, bereikte de echtgenoot de kerk.

92b De echtgenoot bereikte de kerk nadat de oude auto kapot gegaan was.

92c Voordat de echtgenoot de kerk bereikt had, ging de oude auto kapot.

92d De oude auto ging kapot voordat de echtgenoot de kerk bereikt had.

93a Nadat de politie het vliegtuig gestopt had, vluchtte de crimineel naar Brazilië.

93b De crimineel vluchtte naar Brazilië nadat de politie het vliegtuig gestopt had.

93c Voordat de crimineel naar Brazilië gevlucht was, stopte de politie het vliegtuig.

93d De politie stopte het vliegtuig voordat de crimineel naar Brazilië gevlucht was.

94a Nadat de Egyptische stad Alexandrië gecapituleerd had, begonnen de Romeinen het beleg.

94b De Romeinen begonnen het beleg nadat de Egyptische stad Alexandrië gecapituleerd had.

94c Voordat de Romeinen het beleg begonnen hadden, capituleerde de Egyptische stad Alexandrië.

94d De Egyptische stad Alexandrië capituleerde voordat de Romeinen het beleg begonnen hadden.

95a Nadat de regering de repressie veroorzaakt had, kwam de stad in opstand.

95b De stad kwam in opstand nadat de regering de repressie veroorzaakt had.

95c Voordat de stad in opstand gekomen was, veroorzaakte de regering de repressie.

95d De regering veroorzaakte de repressie voordat de stad in opstand gekomen was.

96a Nadat de oude houten vloer gekraakt had, bereikte de vrouw de trap.

96b De vrouw bereikte de trap nadat de oude houten vloer gekraakt had.

96c Voordat de vrouw de trap bereikt had, kraakte de oude houten vloer.

96d De oude houten vloer kraakte voordat de vrouw de trap bereikt had.

97a Nadat de dief de brommer gestolen had, sloot het meisje haar kettingslot.

97b Het meisje sloot haar kettingslot nadat de dief de brommer gestolen had.

97c Voordat het meisje haar kettingslot gesloten had, stal de dief de brommer.

97d De dief stal de brommer voordat het meisje haar kettingslot gesloten had.

98a Nadat de student het laboratorium bereikt had, controleerde de bewaker de pas.

98b De bewaker controleerde de pas nadat de student het laboratorium bereikt had.

98c Voordat de bewaker de pas gecontroleerd had, bereikte de student het laboratorium.

98d De student bereikte het laboratorium voordat de bewaker de pas gecontroleerd had.
 99a Nadat de oude computer kapot gegaan was, beëindigde de secretaresse haar werk.
 99b De secretaresse beëindigde haar werk nadat de oude computer kapot gegaan was.
 99c Voordat de secretaresse haar werk beëindigd had, ging de oude computer kapot.
 99d De oude computer ging kapot voordat de secretaresse haar werk beëindigd had.
 100a Nadat Willem het schoolbord schoon geveegd had, kopiëerde de scholier de toets.
 100b De scholier kopiëerde de toets nadat Willem het schoolbord schoon geveegd had.
 100c Voordat de scholier de toets gekopiëerd had, veegde Willem het schoolbord schoon.
 100d Willem veegde het schoolbord schoon voordat de scholier de toets gekopiëerd had.
 101a Nadat de vrouw de ijskast gesloten had, greep de kat de vis.
 101b De kat greep de vis nadat de vrouw de ijskast gesloten had.
 101c Voordat de kat de vis gegrepen had, sloot de vrouw de ijskast.
 101d De vrouw sloot de ijskast voordat de kat de vis gegrepen had.
 102a Nadat de scheidsrechter de wedstrijd gestopt had, doodde de bokser de tegenstander.
 102b De bokser doodde de tegenstander nadat de scheidsrechter de wedstrijd gestopt had.
 102c Voordat de bokser de tegenstander gedood had, stopte de scheidsrechter de wedstrijd.
 102d De scheidsrechter stopte de wedstrijd voordat de bokser de tegenstander gedood had.
 103a Nadat de jongen de riem getrokken had, beet de hond de vrouw.
 103b De hond beet de vrouw nadat de jongen de riem getrokken had.
 103c Voordat de hond de vrouw gebeten had, trok de jongen de riem.
 103d De jongen trok de riem voordat de hond de vrouw gebeten had.
 104a Nadat het bedrijf het land verlaten had, beëindigde het meisje haar proeftijd.
 104b Het meisje beëindigde haar proeftijd nadat het bedrijf het land verlaten had.
 104c Voordat het meisje haar proeftijd beëindigd had, verliet het bedrijf het land.
 104d Het bedrijf verliet het land voordat het meisje haar proeftijd beëindigd had.
 105a Nadat de tegenstander de briefjes verbrand had, completeerde de componist de symfonie.
 105b De componist completeerde de symfonie nadat de tegenstander de briefjes verbrand had.
 105c Voordat de componist de symfonie gecompleteerd had, verbrandde de tegenstander de briefjes.
 105d De tegenstander verbrandde de briefjes voordat de componist de symfonie gecompleteerd had.
 106a Nadat de fokker het hek versterkt had, stalen de dieven de paarden.
 106b De dieven stalen de paarden nadat de fokker het hek versterkt had.
 106c Voordat de dieven de paarden gestolen hadden, versterkte de fokker het hek.
 106d De fokker versterkte het hek voordat de dieven de paarden gestolen hadden.
 107a Nadat de jongen het boek verkocht had, las het meisje de conclusie.
 107b Het meisje las de conclusie nadat de jongen het boek verkocht had.
 107c Voordat het meisje de conclusie gelezen had, verkocht de jongen het boek.
 107d De jongen verkocht het boek voordat het meisje de conclusie gelezen had.
 108a Nadat de huisknecht het manuscript verloren had, beëindigde de schrijfster de roman.
 108b De schrijfster beëindigde de roman nadat de huisknecht het manuscript verloren had.
 108c Voordat de schrijfster de roman beëindigd had, verloor de huisknecht het manuscript.
 108d De huisknecht verloor het manuscript voordat de schrijfster de roman beëindigd had.
 109a Nadat de familie het restaurant verlaten had, beëindigde het meisje haar diner.
 109b Het meisje beëindigde haar diner nadat de familie het restaurant verlaten had.
 109c Voordat het meisje haar diner beëindigd had, verliet de familie het restaurant.
 109d De familie verliet het restaurant voordat het meisje haar diner beëindigd had.
 110a Nadat de vrouw de tuin besproeid had, gingen de bloemen dood.
 110b De bloemen gingen dood nadat de vrouw de tuin besproeid had.
 110c Voordat de bloemen dood gegaan waren, besproeide de vrouw de tuin.
 110d De vrouw besproeide de tuin voordat de bloemen dood gegaan waren.
 111a Nadat de computer de toren verplaatst had, stond de Russische speler schaakmat.
 111b De Russische speler stond schaakmat nadat de computer de toren verplaatst had.
 111c Voordat de Russische speler schaakmat gestaan had, verplaatste de computer de toren.
 111d De computer verplaatste de toren voordat de Russische speler schaakmat gestaan had.
 112a Nadat de man zijn documenten vernieuwd had, werd het oude paspoort ongeldig.
 112b Het oude paspoort werd ongeldig nadat de man zijn documenten vernieuwd had.
 112c Voordat het oude paspoort ongeldig geworden was, vernieuwde de man zijn documenten.
 112d De man vernieuwde zijn documenten voordat het oude paspoort ongeldig geworden was.
 113a Nadat de brandende rode auto geëxplodeerd was, verliet de bestuurder het interieur.
 113b De bestuurder verliet het interieur nadat de brandende rode auto geëxplodeerd was.
 113c Voordat de bestuurder het interieur verlaten had, explodeerde de brandende rode auto.
 113d De brandende rode auto explodeerde voordat de bestuurder het interieur verlaten had.
 114a Nadat de oven kapot gegaan was, roosterde de vrouw de aardappelen.
 114b De vrouw roosterde de aardappelen nadat de oven kapot gegaan was.
 114c Voordat de vrouw de aardappelen geroosterd had, ging de oven kapot.
 114d De oven ging kapot voordat de vrouw de aardappelen geroosterd had.
 115a Nadat de boer een vogelverschrikker geplaatst had, vraten de mussen de zaden.
 115b De mussen vraten de zaden nadat de boer een vogelverschrikker geplaatst had.
 115c Voordat de mussen de zaden gevreten hadden, plaatste de boer een vogelverschrikker.

115d De boer plaatste een vogelverschrikker voordat de mussen de zaden gevreten hadden.
 116a Nadat de man de koffiepote gebroken had, vulde de vrouw de kopjes.
 116b De vrouw vulde de kopjes nadat de man de koffiepote gebroken had.
 116c Voordat de vrouw de kopjes gevuld had, brak de man de koffiepote.
 116d De man brak de koffiepote voordat de vrouw de kopjes gevuld had.
 117a Nadat de oude printer kapot gegaan was, printte de studente haar scriptie.
 117b De studente printte haar scriptie nadat de oude printer kapot gegaan was.
 117c Voordat de studente haar scriptie geprint had, ging de oude printer kapot.
 117d De oude printer ging kapot voordat de studente haar scriptie geprint had.
 118a Nadat de politie de bank bereikt had, opende de dief de kluis.
 118b De dief opende de kluis nadat de politie de bank bereikt had.
 118c Voordat de dief de kluis geopend had, bereikte de politie de bank.
 118d De politie bereikte de bank voordat de dief de kluis geopend had.
 119a Nadat de moeder het kind gevonden had, belde de vader de politie.
 119b De vader belde de politie nadat de moeder het kind gevonden had.
 119c Voordat de vader de politie gebeld had, vond de moeder het kind.
 119d De moeder vond het kind voordat de vader de politie gebeld had.
 120a Nadat de student het droogrek verplaatst had, drenkte de regen de was.
 120b De regen drenkte de was nadat de student het droogrek verplaatst had.
 120c Voordat de regen de was gedrenkt had, verplaatste de student het droogrek.
 120d De student verplaatste het droogrek voordat de regen de was gedrenkt had.
 121a Nadat de hond de post verknoeid had, las de vrouw de brieven.
 121b De vrouw las de brieven nadat de hond de post verknoeid had.
 121c Voordat de vrouw de brieven gelezen had, verknoeide de hond de post.
 121d De hond verknoeide de post voordat de vrouw de brieven gelezen had.
 122a Nadat de bestuurder alle brandstof verbruikt had, bereikte de auto de finish.
 122b De auto bereikte de finish nadat de bestuurder alle brandstof verbruikt had.
 122c Voordat de auto de finish bereikt had, verbruikte de bestuurder alle brandstof.
 122d De bestuurder verbruikte alle brandstof voordat de auto de finish bereikt had.
 123a Nadat de presidenten een vredesakkoord ondertekend hadden, begonnen de legers de oorlog.
 123b De legers begonnen de oorlog nadat de presidenten een vredesakkoord ondertekend hadden.
 123c Voordat de legers de oorlog begonnen waren, ondertekenden de presidenten een vredesakkoord.
 123d De presidenten ondertekenden een vredesakkoord voordat de legers de oorlog begonnen waren.
 124a Nadat de regering alle voorwaarden geaccepteerd had, doodden de terroristen de gijzelaars.
 124b De terroristen doodden de gijzelaars nadat de regering alle voorwaarden geaccepteerd had.
 124c Voordat de terroristen de gijzelaars gedood hadden, accepteerde de regering alle voorwaarden.
 124d De regering accepteerde alle voorwaarden voordat de terroristen de gijzelaars gedood hadden.
 125a Nadat de spion de generaal geïnformeerd had, bereikten de troepen het mijnenveld.
 125b De troepen bereikten het mijnenveld nadat de spion de generaal geïnformeerd had.
 125c Voordat de troepen het mijnenveld bereikt hadden, informeerde de spion de generaal.
 125d De spion informeerde de generaal voordat de troepen het mijnenveld bereikt hadden.
 126a Nadat de brandweer de bom gedemonteerd had, vernietigde de explosie het gebouw.
 126b De explosie vernietigde het gebouw nadat de brandweer de bom gedemonteerd had.
 126c Voordat de explosie het gebouw vernietigd had, demonteerde de brandweer de bom.
 126d De brandweer demonteerde de bom voordat de explosie het gebouw vernietigd had.
 127a Nadat de generaal gestopt was met aftellen, startte de bemanning de raket.
 127b De bemanning startte de raket nadat de generaal gestopt was met aftellen.
 127c Voordat de bemanning de raket gestart had, stopte de generaal met aftellen.
 127d De generaal stopte met aftellen voordat de bemanning de raket gestart had.
 128a Nadat de directeur een hartaanval gekregen had, beëindigde het orkest het stuk.
 128b Het orkest beëindigde het stuk nadat de directeur een hartaanval gekregen had.
 128c Voordat het orkest het stuk beëindigd had, kreeg de directeur een hartaanval.
 128d De directeur kreeg een hartaanval voordat het orkest het stuk beëindigd had.
 129a Nadat de ondernemer de fabriek gesloten had, bereikte de productie haar top.
 129b De productie bereikte haar top nadat de ondernemer de fabriek gesloten had.
 129c Voordat de productie haar top bereikt had, sloot de ondernemer de fabriek.
 129d De ondernemer sloot de fabriek voordat de productie haar top bereikt had.
 130a Nadat de coach de dranken gebracht had, vermoeide de strijd de spelers.
 130b De strijd vermoeide de spelers nadat de coach de dranken gebracht had.
 130c Voordat de strijd de spelers vermoeid had, bracht de coach de dranken.
 130d De coach bracht de dranken voordat de strijd de spelers vermoeid had.
 131a Nadat de man met roken gestopt was, ontdekte de deskundige arts longkanker.
 131b De deskundige arts ontdekte longkanker nadat de man met roken gestopt was.
 131c Voordat de deskundige arts longkanker ontdekt had, stopte de man met roken.
 131d De man stopte met roken voordat de deskundige arts longkanker ontdekt had.
 132a Nadat de fokker de dieren gevaccineerd had, besmette het virus de kalveren.
 132b Het virus besmette de kalveren nadat de fokker de dieren gevaccineerd had.
 132c Voordat het virus de kalveren besmet had, vaccineerde de fokker de dieren.

132d De fokker vaccineerde de dieren voordat het virus de kalveren besmet had.
 133a Nadat de man met drinken gestopt was, ontdekten de artsen een levercirrose.
 133b De artsen ontdekten een levercirrose nadat de man met drinken gestopt was.
 133c Voordat de artsen een levercirrose ontdekt hadden, stopte de man met drinken.
 133d De man stopte met drinken voordat de artsen een levercirrose ontdekt hadden.
 134a Nadat de jongen het rolletje verloren had, ontwikkelde het meisje de fotos.
 134b Het meisje ontwikkelde de fotos nadat de jongen het rolletje verloren had.
 134c Voordat het meisje de fotos ontwikkelde had, verloor de jongen het rolletje.
 134d De jongen verloor het rolletje voordat het meisje de fotos ontwikkelde had.
 135a Nadat de politie de bestelwagens gestopt had, bereikten de deserteurs de landsgrens.
 135b De deserteurs bereikten de landsgrens nadat de politie de bestelwagens gestopt had.
 135c Voordat de deserteurs de landsgrens bereikt hadden, stopte de politie de bestelwagens.
 135d De politie stopte de bestelwagens voordat de deserteurs de landsgrens bereikt hadden.
 136a Nadat de studenten het afval verplaatst hadden, bereikte de stank de slaapkamer.
 136b De stank bereikte de slaapkamer nadat de studenten het afval verplaatst hadden.
 136c Voordat de stank de slaapkamer bereikt had, verplaatsten de studenten het afval.
 136d De studenten verplaatsten het afval voordat de stank de slaapkamer bereikt had.
 137a Nadat de kat het nest vernietigd had, legde de zwaluw zijn eieren.
 137b De zwaluw legde zijn eieren nadat de kat het nest vernietigd had.
 137c Voordat de zwaluw zijn eieren gelegd had, vernietigde de kat het nest.
 137d De kat vernietigde het nest voordat de zwaluw zijn eieren gelegd had.
 138a Nadat de buurman de boom gesnoeid had, raakten de takken het venster.
 138b De takken raakten het venster nadat de buurman de boom gesnoeid had.
 138c Voordat de takken het venster geraakt hadden, snoeide de buurman de boom.
 138d De buurman snoeide de boom voordat de takken het venster geraakt hadden.
 139a Nadat de eigenaar het pand gerenoveerd had, ruïneerde het weer de voorgevel.
 139b Het weer ruïneerde de voorgevel nadat de eigenaar het pand gerenoveerd had.
 139c Voordat het weer de voorgevel geruïneerd had, renoveerde de eigenaar het pand.
 139d De eigenaar renoveerde het pand voordat het weer de voorgevel geruïneerd had.
 140a Nadat de man de pizzeria verlaten had, bracht de kelner de rekening.
 140b De kelner bracht de rekening nadat de man de pizzeria verlaten had.
 140c Voordat de kelner de rekening gebracht had, verliet de man de pizzeria.
 140d De man verliet de pizzeria voordat de kelner de rekening gebracht had.
 141a Nadat de buurman de tuin besproeid had, droogde de zon het gras.
 141b De zon droogde het gras nadat de buurman de tuin besproeid had.
 141c Voordat de zon het gras gedroogd had, besproeide de buurman de tuin.
 141d De buurman besproeide de tuin voordat de zon het gras gedroogd had.
 142a Nadat de man de brand gedooft had, bereikte het vuur de woonkamer.
 142b Het vuur bereikte de woonkamer nadat de man de brand gedooft had.
 142c Voordat het vuur de woonkamer bereikt had, doofde de man de brand.
 142d De man doofde de brand voordat het vuur de woonkamer bereikt had.
 143a Nadat de vrouw de kraan gesloten had, vulde het water de badkuip.
 143b Het water vulde de badkuip nadat de vrouw de kraan gesloten had.
 143c Voordat het water de badkuip gevuld had, sloot de vrouw de kraan.
 143d De vrouw sloot de kraan voordat het water de badkuip gevuld had.
 144a Nadat de artiest de ezel verplaatst had, ruïneerde de regen het schilderij.
 144b De regen ruïneerde het schilderij nadat de artiest de ezel verplaatst had.
 144c Voordat de regen het schilderij geruïneerd had, verplaatste de artiest de ezel.
 144d De artiest verplaatste de ezel voordat de regen het schilderij geruïneerd had.
 145a Nadat het personeel de balie gesloten had, begon opa met de check-in.
 145b Opa begon met de check-in nadat het personeel de balie gesloten had.
 145c Voordat opa met de check-in begonnen was, sloot het personeel de balie.
 145d Het personeel sloot de balie voordat opa met de check-in begonnen was.
 146a Nadat de manager de documenten vernietigd had, ontdekte de magistraat de fraude.
 146b De magistraat ontdekte de fraude nadat de manager de documenten vernietigd had.
 146c Voordat de magistraat de fraude ontdekt had, vernietigde de manager de documenten.
 146d De manager vernietigde de documenten voordat de magistraat de fraude ontdekt had.
 147a Nadat de geldautomaat kapot gegaan was, haalde de vrouw haar geld.
 147b De vrouw haalde haar geld nadat de geldautomaat kapot gegaan was.
 147c Voordat de vrouw haar geld gehaald had, ging de geldautomaat kapot.
 147d De geldautomaat ging kapot voordat de vrouw haar geld gehaald had.
 148a Nadat de vakbond de staking georganiseerd had, begonnen de arbeiders hun werk.
 148b De arbeiders begonnen hun werk nadat de vakbond de staking georganiseerd had.
 148c Voordat de arbeiders hun werk begonnen waren, organiseerde de vakbond de staking.
 148d De vakbond organiseerde de staking voordat de arbeiders hun werk begonnen waren.
 149a Nadat de moeder de paraplu geopend had, raakten de druppels de baby.
 149b De druppels raakten de baby nadat de moeder de paraplu geopend had.
 149c Voordat de druppels de baby geraakt hadden, opende de moeder de paraplu.

149d De moeder opende de paraplu voordat de druppels de baby geraakt hadden.
 150a Nadat de arts een keizersnede verricht had, stopte de baby met ademen.
 150b De baby stopte met ademen nadat de arts een keizersnede verricht had.
 150c Voordat de baby met ademen gestopt was, verrichte de arts een keizersnede.
 150d De arts verrichte een keizersnede voordat de baby met ademen gestopt was.
 151a Nadat de familie het casino verlaten had, verspeelde de oom zijn spaargeld.
 151b De oom verspeelde zijn spaargeld nadat de familie het casino verlaten had.
 151c Voordat de oom zijn spaargeld verspeeld had, verliet de familie het casino.
 151d De familie verliet het casino voordat de oom zijn spaargeld verspeeld had.
 152a Nadat de man de schuifpui gesloten had, ruïneerde de regen de stoelen.
 152b De regen ruïneerde de stoelen nadat de man de schuifpui gesloten had.
 152c Voordat de regen de stoelen geruïneerd had, sloot de man de schuifpui.
 152d De man sloot de schuifpui voordat de regen de stoelen geruïneerd had.
 153a Nadat een zandstorm de opgraving bedekt had, opende de archeoloog het graf.
 153b De archeoloog opende het graf nadat een zandstorm de opgraving bedekt had.
 153c Voordat de archeoloog het graf geopend had, bedekte een zandstorm de opgraving.
 153d Een zandstorm bedekte de opgraving voordat de archeoloog het graf geopend had.
 154a Nadat de astronoom de telescoop verplaatst had, vervormde de zon de lenzen.
 154b De zon vervormde de lenzen nadat de astronoom de telescoop verplaatst had.
 154c Voordat de zon de lenzen vervormd had, verplaatste de astronoom de telescoop.
 154d De astronoom verplaatste de telescoop voordat de zon de lenzen vervormd had.
 155a Nadat de jongen een tak gegrepen had, bereikte de kano de waterval.
 155b De kano bereikte de waterval nadat de jongen een tak gegrepen had.
 155c Voordat de kano de waterval bereikt had, greep de jongen een tak.
 155d De jongen greep een tak voordat de kano de waterval bereikt had.
 156a Nadat de man de huur betaald had, verbrak de eigenaar het contract.
 156b De eigenaar verbrak het contract nadat de man de huur betaald had.
 156c Voordat de eigenaar het contract verbroken had, betaalde de man de huur.
 156d De man betaalde de huur voordat de eigenaar het contract verbroken had.
 157a Nadat de organisatie de financiering gestaakt had, begonnen de onderzoekers de experimenten.
 157b De onderzoekers begonnen de experimenten nadat de organisatie de financiering gestaakt had.
 157c Voordat de onderzoekers de experimenten begonnen waren, staakte de organisatie de financiering.
 157d De organisatie staakte de financiering voordat de onderzoekers de experimenten begonnen waren.
 158a Nadat het verzet valse paspoorten verdeeld had, vond de politie de afvalligen.
 158b De politie vond de afvalligen nadat het verzet valse paspoorten verdeeld had.
 158c Voordat de politie de afvalligen gevonden had, verdeelde het verzet valse paspoorten.
 158d Het verzet verdeelde valse paspoorten voordat de politie de afvalligen gevonden had.
 159a Nadat de moeder de schaar gegrepen had, verwondde het kind zijn arm.
 159b Het kind verwondde zijn arm nadat de moeder de schaar gegrepen had.
 159c Voordat het kind zijn arm verwond had, greep de moeder de schaar.
 159d De moeder greep de schaar voordat het kind zijn arm verwond had.
 160a Nadat de piloot veilige vlieghoogte bereikt had, beschadigde de luchtafweer het vliegtuig.
 160b De luchtafweer beschadigde het vliegtuig nadat de piloot veilige vlieghoogte bereikt had.
 160c Voordat de luchtafweer het vliegtuig beschadigd had, bereikte de piloot veilige vlieghoogte.
 160d De piloot bereikte veilige vlieghoogte voordat de luchtafweer het vliegtuig beschadigd had.

References

- [1] M. Allen, W. Badecker & L. Osterhout. Morphological analysis in sentence processing: an ERP study. *Language and Cognitive Processes*, 18 (4), 2003: 405-430.
- [2] T. Allison, A. Puce & G. McCarthy. Category-sensitive excitatory and inhibitory processes in human extrastriate cortex. *Journal of Neurophysiology*, 88, 2002: 2864-2868.
- [3] G.E.M. Anscombe. Before and after. *The Philosophical Review*, 74, 1964: 3-24.
- [4] L. Åqvist, F. Guenther & C. Rohrer. Definability in ITL of some subordinate temporal conjunctions in English. In F. Guenther & C. Rohrer (eds.), *Studies in Formal Semantics*, pp. 201-221. North-Holland, Amsterdam 1978.
- [5] D.I. Beaver & C. Condoravdi. A uniform analysis of *Before* and *After*. To appear in R. Young & Yuping Zhou (eds.), *Proceedings of SALT XIII*. CLC Publications, Cornell.
- [6] C. Brown & P. Hagoort. The cognitive neuroscience of language: challenges and future directions. In C. Brown & P. Hagoort (eds.), *The Cognitive Neuroscience of Language*, pp. 3-12. Oxford University Press, Oxford 2001.
- [7] B. Carpenter. *Type-logical semantics*. MIT Press, Cambridge, MA 1997.
- [8] B. Comrie. *Tense*. Cambridge University Press: Cambridge 1985.
- [9] S. Coulson, J.W. King & M. Kutas. Expect the unexpected: event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes*, 13, 1998: 21-58.
- [10] M.J. Cresswell. Interval semantics and logical words. In C. Rohrer (ed.), *On the Logical Analysis of Tense and Aspect*, pp. 7-29. Narr, Tübingen 1977.
- [11] M. Fabiani, G. Gratton & M. Coles. Event-related brain potentials: methods, theory, and applications. In J. Cacioppo, L.G. Tassinari & G.G. Berntson (eds.), *Handbook of Psychophysiology*, 2nd ed., pp. 53-84. Cambridge University Press, Cambridge 2000.
- [12] C.J. Fiebach, M. Schlesewsky & A.D. Friederici. Syntactic working memory and the establishment of filler-gap dependencies: insights from ERPs and fMRI. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30 (3), 2001: 321-338.
- [13] E. Fontaneau, U.H. Frauenfelder & L. Rizzi. On the contribution of ERPs to the study of language comprehension. *Bulletin suisse de linguistique appliquée*, 68, 1999: 111-124.
- [14] A.D. Friederici. The time course of syntactic activation during language processing: a model based on neurological and neurophysiological data. *Brain and Language*, 50, 1995: 259-281.

- [15] A.D. Friederici, E. Pfeifer & A. Hahne. Event-related brain potentials during natural speech processing: effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1, 1993: 183-192.
- [16] K.J. Friston, C.J. Price, P. Fletcher, C. Moore, R.S.J. Frackowiak & R.J. Dolan. The trouble with cognitive subtraction. *Neuroimage*, 4, 1996: 97-104.
- [17] H. Gardner, H.H. Brownell, W. Wapner & D. Michelow. Missing the point: the role of the right hemisphere in the processing of complex linguistic materials. In E. Pericman (ed.), *Cognitive Processes and the Right Hemisphere*. Academic Press, New York 1983.
- [18] P. Hagoort. How the brain solves the binding problem for language: a neuro-computational model of syntactic processing. *Neuroimage*, 20, 2003: S18-S19.
- [19] P. Hagoort, C. Brown & J. Groothusen. The syntactic positive shift (SPS) as an ERP measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, 8, 1993: 439-483.
- [20] P. Hagoort, C. Brown & L. Osterhout. The neurocognition of syntactic processing. In C. Brown and P. Hagoort (eds.), *The Cognitive Neuroscience of Language*, pp. 273-307. Oxford University Press, Oxford 2001.
- [21] P. Hagoort, L. Hald, M. Bastiaansen & K.M. Petersson. Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, 304, 2004: 438-441.
- [22] O. T. Heinämäki. Before. In P. M. Peranteau, J. N. Levi & G. C. Phares (eds.), *Papers from the 8th Regional Meeting, Chicago Linguistic Society*, 1972: 139-51.
- [23] O.T. Heinämäki. *Semantics of English Temporal Connectives*. PhD dissertation, University of Texas at Austin, 1974.
- [24] E. Kaan, A. Harris, E. Gibson & P. Holcomb. The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, 15 (2), 2000: 159-201.
- [25] H. Kamp & U. Reyle. *From Discourse to Logic. Introduction to Modeltheoretic Semantics of Natural Language, Formal Logic and Discourse Representation Theory*. Kluwer, Dordrecht 1993.
- [26] J.W. King & M. Kutas. Who did what and when? Using word- and clause-level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 1995: 376-395.
- [27] R. Kluender & M. Kutas. Bridging the gap: evidence from ERPs on the processing of unbounded dependencies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 1993: 196-214.
- [28] E. Koechlin, G. Basso, P. Pietrini, S. Panzer & J. Grafman. The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. *Nature*, 399, 1999: 148-151.

- [29] M. Kutas, K.D. Federmeier, S. Coulson, J.W. King & T.F. Münte. Language. In J. Cacioppo, L.G. Tassinari & G.G. Berntson (eds.), *Handbook of Psychophysiology*, 2nd ed., pp. 576-601. Cambridge University Press, Cambridge 2000.
- [30] M. Kutas & S.A. Hillyard. Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory and Cognition*, 11, 1983: 539-550.
- [31] M. Kutas & R. Kluender. What is who violating? A reconsideration of linguistic violations in the light of event-related brain potentials. In H.J. Heinze, T.F. Münte & G.R. Mangun (eds.), *Cognitive Electrophysiology*. Birkhauser, Boston 1994.
- [32] F. Landman. *Structures for semantics*. Dordrecht: Kluwer, 1991.
- [33] A. le Draoulec. Les présuppositions dans l'analyse temporelle du discours. Le cas d'*avant que*. *Le Langage et l'Homme*, 31 (4), 1996: 225-238.
- [34] E. Lepore & K. Ludwig. Outline of a truth-conditional semantics for tense. In Q. Smith & A. Jokic (eds.), *Tense, Time and Reference*, pp. 49-105. MIT Press, Cambridge, MA 2003.
- [35] D. Marr & T. Poggio. From understanding neural computation to understanding neural circuitry. *MIT AI Lab. Memo*, 357, 1976.
- [36] B. McGonigle & M. Chalmers. Spatial representation as cause and effect: circular causality comes to cognition. In M. Gattis (ed.), *Spatial Schemas and Abstract Thought*, pp. 247-277. MIT Press, Cambridge, MA 2001.
- [37] A. Mecklinger, H. Schriefers, K. Steinhauer & A.D. Friederici. Processing relative clauses varying on syntactic and semantic dimensions: an analysis with event-related potentials. *Memory and Cognition*, 23 (4), 1995: 477-494.
- [38] R. Montague. On the nature of certain philosophical entities. *The Monist*, 53, 1969: 159-194.
- [39] H.M. Müller, J.W. King & M. Kutas. Event-related potentials elicited by spoken relative clauses. *Cognitive Brain Research*, 5, 1997: 193-203.
- [40] T.F. Münte, H.J. Heinze & G.R. Mangun. Dissociation of brain activity related to syntactic and semantic aspects of language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 1993: 335-344.
- [41] T.F. Münte, M. Matzke & S. Johannes. Brain activity associated with syntactic incongruences in words and pseudo-words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 1997: 318-329.
- [42] T.F. Münte, A. Szenkoti, B.M. Wieringa, M. Matzke & S. Johannes. Human brain potentials to reading syntactic errors in sentences of different complexity. *Neuroscience Letters*, 235, 1997: 105-108.

- [43] T.F. Münte, K. Schiltz & M. Kutas. When temporal terms belie conceptual order. *Nature*, 396, 1998: 71-73.
- [44] S.D. Newman, D.B. Twieg & P.A. Carpenter. Baseline conditions and subtractive logic in neuroimaging. *Human Brain Mapping*, 14, 2001: 228-235.
- [45] L. Osterhout, P.J. Holcomb. Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31, 1992: 785-806.
- [46] L. Osterhout, P.J. Holcomb & D.A. Swinney. Brain potentials elicited by garden-path sentences: evidence of the application of verb information during parsing. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory and Cognition*, 28, 1994: 786-803.
- [47] L. Osterhout & J. Nicol. On the distinctiveness, independence, and time course of the brain responses to syntactic and semantic anomalies. *Language and Cognitive Processes*, 14 (3), 1999: 283-317.
- [48] A.M. Owen, N.J. Herrod, D.K. Menon, J.C. Clark, S.P.M.J. Downey, T.A. Carpenter, P.S. Minhas, F.E. Turkheimer, E.J. Williams, T.W. Robbins, B.J. Sahakian, M. Petrides & J.D. Pickard. Redefining the functional organization of working memory processes within human lateral prefrontal cortex. *European Journal of Neuroscience*, 11, 1999: 567-574.
- [49] T.W. Picton, S. Bentin, I. Berg, E. Donchin, S.A. Hillyard, R. Johnson, Jr., G.A. Miller, W. Ritter, D.S. Ruchkin, M.D. Rugg & M.J. Taylor. Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, 37, 2000: 127-152.
- [50] H. Reichenbach. *Elements of Symbolic Logic*. The Free Press: New York and Collier-MacMillan: London 1947.
- [51] V. Sanchez-Valencia, T. van der Wouden & F. Zwarts. Polarity, veridicality, and temporal connectives. In M. Stokhof & P. Dekker (eds.), *Proceedings of the 9th Amsterdam Colloquium*, pp. 587-606. ILLC, University of Amsterdam, 1994.
- [52] C. Smith. The syntax and interpretation of temporal expressions in English. *Linguistics and Philosophy*, 2, 1978: 43-99.
- [53] M. Steedman. Temporality. In J. van Benthem & A. ter Meulen (eds.), *Handbook of Logic and Language*, pp. 895-935. Elsevier, Amsterdam 1994.
- [54] K. Steinhauer & M.T. Ullman. Consecutive ERP effects of morpho-phonology and morpho-syntax. *Brain and Language*, 83, 2002: 63-65.
- [55] K. Stenning & M. van Lambalgen. A working memory model of relations between interpretation and reasoning. 2003. Submitted to *Cognitive Science*.

- [56] M. St George, M. Kutas, A. Martinez & M.I. Sereno. Semantic integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Brain*, 122, 1999: 1317-1325.
- [57] L.A. Stowe, J.M.W. Haverkort, A. Kerkhoff, A.M.J. Paans, J. Pruijm & F. Zwarts. Localization of language. *BCN Annual Report 1999, 2000, 2001*.
- [58] D. Swick, M. Kutas & H.J. Neville. Localizing the neural generators of event-related brain potentials. In *Localization and Neuroimaging in Neuropsychology*, pp. 73-121. Academic Press, 1994.
- [59] M.T. Ullman. A neurocognitive perspective on language: the declarative/procedural model. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 2001: 717-726.
- [60] J.A.J. van Berkum, C.M. Brown & P. Hagoort. Early referential context effects in sentence processing: evidence from event-related brain potentials. *Journal of Memory and Language*, 41, 1999: 147-182.
- [61] J.A.J. van Berkum, C.M. Brown, P. Hagoort & P. Zwitserlood. Event-related brain potentials reflect discourse referential ambiguity in spoken language comprehension. *Psychophysiology*, 40, 2003: 235-248.
- [62] M. van Lambalgen & F. Hamm. *The Proper Treatment of Events*. Routledge, London 2004.
- [63] T. Vosse & G. Kempen. Syntactic structure assembly in human parsing: a computational model based on competitive inhibition and a lexicalist grammar. *Cognition*, 7, 2000: 105-143.
- [64] J.N. Wood & J. Grafman. Human prefrontal cortex: processing and representational perspectives. *Nature reviews*, 4, 2003: 139-147.